

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 562**

51 Int. Cl.:

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

F01N 11/00 (2006.01)

F01N 13/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2017 E 17204707 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3333389**

54 Título: **Aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna**

30 Prioridad:

09.12.2016 JP 2016239231

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

30.03.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAKUMA, TETSUYA y
TSUKAMOTO, YOSHIHISA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 815 562 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

Aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna

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

- 5 La presente invención se refiere a un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna y, más particularmente, se refiere a un aparato de control del gas de escape que incluye un catalizador de reducción catalítica selectiva (catalizador SCR).

2. Descripción de la técnica relacionada

- 10 Se conoce un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna que opera para realizar una conducción con combustión pobre (véase, por ejemplo, la Publicación de Solicitud de Patente Japonesa N.º 2002-047922). El aparato de control del gas de escape incluye un catalizador SCR dispuesto en un conducto de escape, un dispositivo de adición que añade un aditivo que es NH_3 o un precursor de NH_3 al gas de escape que fluye dentro del catalizador SCR, y un calentador que calienta el catalizador SCR. El aparato de control del gas de escape está configurado para calentar el catalizador SCR hasta una temperatura activa con el quemador inmediatamente antes de
15 arrancar el motor de combustión interna.

El documento US2009/056310 describe un método de regeneración de un filtro de partículas en un aparato que comprende un motor de combustión interna y un catalizador que emplea urea como reductor para NO_x .

El documento US2012/270725 describe un método para diagnosticar contaminación por platino de catalizadores y métodos para regenerar la actividad del catalizador.

- 20 El documento US2008/271440 describe un método para regenerar un catalizador de reducción catalítica selectiva (SCR) basado en urea para mejorar la eficiencia de conversión de NO_x .

El documento EP 3091206 se refiere a un método para forzar la regeneración de un aparato tras el procesamiento del gas de escape determinando si ha aumentado la contrapresión o si ha empeorado la eficiencia de reducción de óxidos de nitrógeno.

25 Compendio de la invención

- Se muestra una acción de reducción de NO_x en el catalizador SCR mediante una acción de iones de metal de transición que están soportados por soportes catalíticos del catalizador SCR. Específicamente, los iones de metal de transición adsorben el NH_3 suministrado desde el dispositivo de adición. Cuando una valencia iónica de los iones de metal de transición que contienen NH_3 adsorbido es igual a la valencia necesaria para la reducción de NO_x (tal estado se denomina "estado de referencia" a continuación), los iones de metal de transición provocan una reacción entre NH_3 y NO_x en el gas de escape, de modo que los NO_x en el gas de escape se reducen a N_2 . En esta ocasión, puesto que la valencia iónica de los iones de metal de transición se hace menor que la valencia necesaria para la reducción de NO_x , se deteriora la capacidad de reducción de NO_x de los iones de metal de transición (tal estado se denomina "estado deteriorado" a continuación). Sin embargo, el H^+ se adsorbe a los iones de metal de transición en el estado deteriorado en el momento de la reacción entre NH_3 y NO_x . Cuando el H^+ adsorbido a los iones de metal de transición en el estado deteriorado reacciona con O_2 o NO_2 en el gas de escape, los iones de metal de transición se re-oxidan y, de esta manera, la valencia iónica del ion del metal de transición se recupera a la valencia iónica necesaria para la reducción de NO_x . Por consiguiente, para conseguir la reducción continua de NO_x con el catalizador SCR, es necesario recuperar la valencia iónica de los iones de metal de transición, que se han llevado al estado deteriorado, a la valencia necesaria para la reducción de NO_x .
30
35
40

- La recuperación de la valencia iónica (denominada como "recuperación de valencia" a continuación) de los iones de metal de transición llevados al estado deteriorado se muestra en la atmósfera cuya temperatura está por encima de la temperatura (temperatura activa) a la cual empieza a mostrarse la reducción de NO_x mediante los iones de metal de transición en el estado de referencia, conteniendo la atmósfera O_2 y NO_2 . Por consiguiente, cuando continúa una operación de baja carga del motor de combustión interna, o cuando el gas de escape que fluye dentro del catalizador SCR continúa teniendo una razón aire-combustible a o por debajo de una razón aire-combustible estequiométrica, los iones de metal de transición en el estado de referencia pueden disminuir continuamente, mientras que los iones de metal de transición en un estado deteriorado pueden aumentar continuamente. Como resultado, puede deteriorarse el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR y puede resultar difícil una reducción de NO_x continua por el catalizador de SCR. Cuando el motor de combustión interna se apaga en el estado donde la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado es relativamente grande, la recuperación de la valencia de la mayor parte de iones de metal de transición en el estado deteriorado puede haber fallado incluso cuando el catalizador SCR se calienta temporalmente antes del siguiente inicio de la operación como en la técnica relacionada mencionada anteriormente. Esto se debe a que aumenta la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado, haciéndose más largo el tiempo necesario para la recuperación de la valencia de estos iones de metal de transición.
45
50
55

La presente invención proporciona una técnica para un aparato de control del gas de escape que incluye un catalizador SCR, en el cual la valencia iónica de los iones de metal de transición contenidos en el catalizador SCR puede recuperarse adecuadamente. Este objeto se resuelve mediante un aparato de purificación del gas de escape para un motor de combustión interna según la reivindicación 1 independiente.

- 5 La presente invención controla el calentador de tal manera que el catalizador SCR se calienta a una primera temperatura o por encima de ella, y se mantiene en ese estado durante un periodo prescrito, cuando los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR, y la temperatura del catalizador SCR está por debajo de la primera temperatura.

10 Específicamente, el aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna de la presente invención incluye: un catalizador SCR dispuesto, durante el uso, para disponerse en un conducto de escape del motor de combustión interna, incluyendo el catalizador SCR iones de metal de transición para reducir los NO_x en el gas de escape con NH₃ como un agente reductor; medios para determinar la temperatura del catalizador SCR; un calentador configurado para calentar el catalizador SCR, y medios de control para ejecutar el procesamiento de recuperación cuando los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR y, la temperatura detectada por el medio de detección está por debajo de una primera temperatura que es una temperatura que provoca que se muestre una recuperación de valencia de los iones de metal de transición, consistiendo el procesamiento de recuperación en un procesamiento de control del calentador de modo que el catalizador SCR se calienta hasta la primera temperatura o por encima de ella, y el catalizador SCR se mantiene a o por encima de la primera temperatura durante un periodo prescrito, y en donde la unidad de control electrónico está configurada para ejecutar el procesamiento de recuperación con la parada del motor de combustión interna como un desencadenante.

20 La expresión "recuperación de valencia" usada en la presente memoria se refiere a recuperar la valencia iónica de los iones de metal de transición a la valencia necesaria para la reducción de NO_x mediante la reoxidación de los iones de metal de transición llevados al estado deteriorado como se ha descrito anteriormente. La expresión "primera temperatura" es la temperatura que provoca que se muestre una recuperación de valencia de los iones de metal de transición en el estado deteriorado. La primera temperatura está por encima de la temperatura (temperatura activa) a la cual empieza a mostrarse la reducción de NO_x por los iones de metal de transición en el estado de referencia. Adicionalmente, la expresión "periodo prescrito" se refiere al periodo necesario para la recuperación de la valencia de sustancialmente toda la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado.

30 Cuando la temperatura del catalizador SCR sube a la primera temperatura o por encima de ella mientras los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR, no se muestra la reducción de NO_x mediante los iones de metal de transición en el estado de referencia, sino que se muestra la recuperación de valencia por los iones de metal de transición en el estado deteriorado. Por consiguiente, la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado puede reducirse eficientemente. Cuando el catalizador SCR se mantiene a o por encima de la primera temperatura durante el periodo prescrito, puede recuperarse la valencia iónica de sustancialmente toda la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado. Por lo tanto, cuando los NO_x fluyen dentro del catalizador SCR una vez finalizado el procesamiento de recuperación, es posible suprimir tales situaciones donde se deteriora el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR y donde una reducción de NO_x continua mediante el catalizador SCR es difícil.

40 En esta ocasión, el caso en el que los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR es el caso en el que el motor de combustión interna está parado. Sin embargo, la temperatura del catalizador SCR se hace más baja según aumenta el tiempo transcurrido desde la parada del motor de combustión interna. Por consiguiente, cuando se intenta calentar el catalizador SCR hasta la primera temperatura o por encima de ella después de que ha transcurrido un tiempo relativamente largo desde la parada del motor de combustión interna, la energía consumida por el calentador puede posiblemente aumentar. Para evitar tal situación, el procesamiento de recuperación se ejecuta inmediatamente después de la parada del motor de combustión interna. Esto es, el medio control de la presente invención ejecuta el procesamiento de recuperación con la parada del motor de combustión interna como desencadenante. En esta ocasión, puesto que el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el catalizador SCR está a una temperatura relativamente alta, puede mantenerse baja la energía necesaria para que el calentador caliente el catalizador SCR hasta la primera temperatura o por encima de ella.

50 Dependiendo del estado de operación del motor de combustión interna antes de la parada, el catalizador SCR puede estar a o por encima de la primera temperatura tras la parada. En esta ocasión, se estima que la recuperación de valencia de los iones de metal de transición en el estado deteriorado se consigue automáticamente antes de la parada e inmediatamente después de la parada del motor de combustión interna. Por lo tanto, cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna es igual a o por encima de la primera temperatura, puede estar prohibida la ejecución del procesamiento de recuperación. Sin embargo, en el caso que se ha descrito anteriormente, la valencia iónica de sustancialmente toda la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado no se recupera necesariamente de una manera automática. Por consiguiente, en vista de una reducción más fiable de la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado (aumento más fiable de la cantidad de iones de metal de transición en el estado de referencia), el procesamiento de recuperación puede ejecutarse cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna es la primera temperatura o por encima de ella mejor que cuando la temperatura del catalizador SCR está por debajo de la primera temperatura. Sin embargo, en el periodo después de que el motor de combustión interna se para hasta que la temperatura del catalizador SCR disminuye por debajo de la primera temperatura, la recuperación de valencia de los iones de metal

de transición en el estado deteriorado se realiza automáticamente, sin calentar el catalizador SCR con el calentador (tal periodo se denomina como "periodo de recuperación automática" a continuación). Por consiguiente, el procesamiento de recuperación puede ejecutarse cuando la temperatura del catalizador SCR disminuye por debajo de la primera temperatura después de que el motor de combustión interna se pare (cuando expira un periodo de detención automática). Cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta mediante tal método, el periodo (periodo prescrito) para mantener el catalizador SCR a o por encima de la primera temperatura con el uso del calentador puede definirse como un periodo necesario para la recuperación de valencia de la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado al final del periodo de recuperación automática. Tal ajuste del periodo prescrito hace posible minimizar el consumo de energía del calentador, al tiempo que se minimiza la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado.

En la configuración donde el procesamiento de recuperación se ejecuta durante la parada del motor de combustión interna como se ha descrito anteriormente, el medio de control puede controlar el calentador de manera que la temperatura del catalizador SCR durante la ejecución del procesamiento de recuperación se hace igual a o por encima de la primera temperatura y por debajo de una segunda temperatura que es la temperatura que causa que se muestre la oxidación de NH_3 . En esta ocasión, cuando el motor de combustión interna se para, hay una posibilidad de que el NH_3 se adsorba al menos a algunos de los iones de metal de transición incluidos en el catalizador SCR. En tal caso, cuando la temperatura del catalizador SCR durante la ejecución del procesamiento de recuperación se eleva a la segunda temperatura o por encima de ella, el NH_3 adsorbido a los iones de metal de transición se oxida. Para hacer frente a esta situación, el calentador se controla de modo que la temperatura del catalizador SCR durante la ejecución del procesamiento de recuperación se haga igual a o por encima de la primera temperatura y por debajo de la segunda temperatura. Esto hace posible conseguir una recuperación de valencia de los iones de metal de transición en el estado deteriorado sin oxidación del NH_3 adsorbido a los iones de metal de transición. Como resultado, cuando los NO_x fluyen dentro del catalizador SCR después del siguiente arranque del motor de combustión interna, resulta posible reducir el flujo de entrada de NO_x con el uso del NH_3 adsorbido a los iones de metal de transición.

En esta ocasión, los NH_3 adsorbidos a los iones de metal de transición del catalizador SCR tienden a desorberse en la atmósfera a o por encima de una temperatura especificada (a la que se hace referencia como "tercera temperatura" a continuación) que está por encima de la primera temperatura y por debajo de la segunda temperatura. Por consiguiente, si la temperatura del catalizador SCR en el momento cuando el motor de combustión interna se para está por encima de la tercera temperatura, puede suponerse que la cantidad de NH_3 adsorbido a los iones de metal de transición es sustancialmente cero en ese momento. Por consiguiente, en la configuración donde el procesamiento de recuperación se ejecuta durante la parada del motor de combustión interna, si la temperatura, detectada por el medio de detección cuando se para el motor de combustión interna, es la tercera temperatura o por encima de ella, el medio de control puede controlar el calentador de manera que la temperatura del catalizador SCR durante la ejecución del procesamiento de recuperación se convierta en la segunda temperatura o superior. La cantidad de iones de metal de transición cuya valencia iónica se recupera por unidad de tiempo tiende a ser mayor a medida que se hace más alta la temperatura del catalizador SCR. Por consiguiente, en el caso de que la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación se eleve a la segunda temperatura o por encima de ella, el periodo de ejecución del procesamiento de recuperación puede acortarse en comparación con el caso en el que la temperatura se mantiene por debajo de la segunda temperatura. Como resultado, incluso cuando el periodo desde la parada hasta el arranque del motor de combustión interna es corto, resulta fácil completar el procesamiento de recuperación.

El siguiente análisis, hasta e incluyendo el párrafo [0017] no se refiere a la invención reivindicada. Otros casos donde los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR pueden incluir el caso en el que un gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR. La expresión "gas que no incluye NO_x " se refiere no solo al gas que no contiene NO_x en absoluto, sino también al gas que incluye una cantidad mínima de NO_x (la cantidad considerada para lograr una recuperación de valencia eficiente de los iones de metal de transición que se llevan al estado deteriorado en el catalizador SCR, denominándose la cantidad como "cantidad de NO_x aceptable"). Los ejemplos del caso en el que tal gas fluye a través del catalizador SCR incluyen el caso en el que los NO_x en el gas de escape se eliminan aguas arriba del catalizador SCR durante el funcionamiento del motor de combustión interna, y el caso en el que se ejecuta el procesamiento de corte de combustible en el motor de combustión interna. Los ejemplos del caso en el que los NO_x se eliminan aguas arriba del catalizador SCR durante el funcionamiento del motor de combustión interna pueden incluir, por ejemplo, el caso en el que un catalizador NSR está configurado para disponerse en una parte del conducto de escape aguas arriba del catalizador SCR, y una razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR es una razón aire-combustible pobre, que es mayor que una razón aire-combustible estequiométrica. El catalizador NSR usado en la presente memoria es un catalizador de reducción de almacenamiento de NO_x que almacena NO_x en el gas de escape cuando la razón aire-combustible del gas de escape es una razón aire-combustible pobre. El catalizador NSR reduce también, mientras se emiten, los NO_x almacenados, cuando la razón aire-combustible del gas de escape es una razón aire-combustible rica, que es menor que la razón aire-combustible estequiométrica. Sin embargo, cuando la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR se hace relativamente grande, parte de los NO_x que fluyen dentro del catalizador NSR tiende a deslizarse a través del catalizador NSR incluso cuando la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR es la razón aire-combustible pobre. Por consiguiente, cuando la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro de catalizador NSR es una razón aire-combustible pobre y la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR está en un límite especificado o por debajo del mismo, puede determinarse que los NO_x se eliminan

aguas arriba del catalizador SCR. La expresión "límite superior especificado" usada en la presente memoria es un valor ajustado sobre la suposición de que, si la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR supera el límite superior especificado, puede deslizarse una cantidad de NO_x más allá de la cantidad de NO_x aceptable mencionada anteriormente, a través del catalizador de NSR.

5 Como se ha descrito anteriormente, el NH₃ adsorbido a los iones de metal de transición del catalizador SCR tiende a desorberse en la atmósfera a o por encima de la tercera temperatura. Cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta durante la parada del motor de combustión interna, no hay flujo de gas en el catalizador SCR. Por consiguiente, incluso cuando el NH₃ se desorbe de los iones de metal de transición durante el procesamiento de recuperación, el NH₃ desorbido permanece dentro del catalizador SCR. Hay una alta posibilidad de que el NH₃ que permanece dentro
10 del catalizador SCR vuelva a adsorberse en los iones de metal de transición, cuando la temperatura del catalizador SCR después del final del procesamiento de recuperación disminuye por debajo de la tercera temperatura. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente, cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta durante la parada del motor de combustión interna, puede decirse que no hay necesidad de restringir la temperatura del catalizador a por debajo de la tercera temperatura. Cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no
15 contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, el NH₃ desorbido de los iones de metal de transición tiende a descargarse del catalizador SCR junto con el gas. Por consiguiente, cuando hay un flujo de gas en el catalizador SCR, y el NH₃ se desorbe de los iones de metal de transición en ese estado, es menos probable que el NH₃ desorbido se vuelva a adsorber en los iones de metal de transición. Por consiguiente, en la configuración donde el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, la temperatura
20 del catalizador SCR puede estar restringida a por debajo de la tercera temperatura. Esto es, cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, el medio de control puede controlar el calentador de manera que la temperatura del catalizador SCR se haga igual a o por encima de la primera temperatura y por debajo de la tercera temperatura. Según tal configuración, cuando el gas que incluye NO_x fluye dentro del catalizador SCR después de que el procesamiento de recuperación haya terminado, el flujo de entrada de NO_x puede reducirse usando el NH₃ adsorbido a los iones de metal de transición.
25

En la configuración donde el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, puede suponerse que la cantidad de NH₃ adsorbido a los iones de metal de transición es sustancialmente cero cuando la temperatura del catalizador SCR tras el inicio del procesamiento de recuperación es la tercera temperatura o por encima de ella. Por consiguiente, si la temperatura, detectada por el medio de detección
30 tras el inicio del procesamiento de recuperación es la tercera temperatura o por encima de ella, el medio de control puede controlar el calentador de modo que la temperatura del catalizador SCR durante la ejecución del procesamiento de recuperación se convierta en la segunda temperatura o por encima de ella. Según tal configuración, resulta fácil completar el procesamiento de recuperación incluso cuando el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR durante un tiempo corto.

35 Cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, el medio de control puede controlar el calentador de modo que la cantidad de calentamiento del catalizador SCR disminuya en el caso de que la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR sea pequeña, en comparación con el caso en el que la cantidad de gas es grande. En el caso en el que la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR es pequeña, la cantidad de calor transmitido desde el catalizador SCR al gas disminuye
40 en comparación con el caso en el que la cantidad de gas es grande. Por consiguiente, cuando la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR es pequeña, el catalizador SCR puede mantenerse a o por encima de la primera temperatura con una cantidad de calentamiento más pequeña en comparación con el caso en el que la cantidad de gas es grande. Como resultado, puede controlarse el consumo de energía del calentador para que sea menor.

45 A continuación, el aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna según la presente invención puede incluir además un medio de estimación para estimar una cantidad de recuperación requerida, que es la cantidad de iones de metal de transición que necesitan recuperación de valencia (la cantidad de iones de metal de transición en el estado deteriorado), entre los iones de metal de transición soportados por el catalizador SCR. En esta ocasión, el medio de estimación puede ejecutar el procesamiento de recuperación de modo que en el caso en el que la cantidad de recuperación requerida sea pequeña, un periodo prescrito se acorta en comparación con el caso en el
50 que la cantidad de recuperación requerida es grande. Según tal configuración, el periodo de calentamiento del catalizador SCR con el calentador puede controlarse para que sea tan corto como sea posible. Como resultado, el consumo de energía del calentador puede controlarse para que sea tan bajo como sea posible.

El medio de control puede no ejecutar el procesamiento de recuperación cuando la cantidad de recuperación requerida estimada por el medio de estimación está por debajo de un umbral especificado. La expresión "umbral especificado"
55 usada en la presente memoria es un valor que se considera que es suficientemente pequeño para permitir que el catalizador SCR demuestre un rendimiento de reducción de NO_x deseado si la cantidad de recuperación requerida está por debajo del umbral especificado, o es un valor que se considera que es suficientemente pequeño para permitir la reducción continua de NO_x por el catalizador SCR. Según tal configuración, resulta posible suprimir un aumento en el consumo de energía relacionado con el funcionamiento del calentador, mientras se asegura la función de reducción
60 del catalizador SCR.

Según la presente invención, un aparato de control del gas de escape que incluye un catalizador SCR puede recuperar adecuadamente la valencia iónica de los iones de metal de transición incluidos en el catalizador SCR.

Breve descripción de los dibujos

5 Las características, ventajas y significancia técnica e industrial de las realizaciones ejemplares de la invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los números similares denotan elementos similares y en donde:

la FIG. 1 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna al que se aplica la presente realización, y un sistema de admisión y escape del motor de combustión interna;

la FIG. 2 ilustra esquemáticamente una reacción de reducción de NO_x en un catalizador SCR;

10 la FIG. 3 ilustra la cantidad de flujo de entrada de NO_x, la temperatura del catalizador SCR, un estado de operación de un calentador y el cambio temporal de un contador cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna está por debajo de la primera temperatura;

15 la FIG. 4 ilustra la cantidad de flujo de entrada de NO_x, la temperatura del catalizador SCR, el estado de operación del calentador y el cambio temporal del contador cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna es la primera temperatura o por encima de ella;

la FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por una ECU cuando el procesamiento de recuperación se realiza en una primera realización;

la FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU cuando se calcula la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado;

20 la FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU cuando el procesamiento de recuperación se realiza en una modificación de la primera realización;

la FIG. 8 ilustra la realización entre la temperatura del catalizador SCR, una tasa de recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado, una tasa de desorción de NH₃ y una tasa de oxidación de NH₃;

25 la FIG. 9 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU cuando el procesamiento de recuperación se realiza en una disposición de ejemplo; y

la FIG. 10 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU cuando el procesamiento de recuperación se realiza en una modificación de la disposición de ejemplo.

Descripción detallada de las realizaciones

30 Se describirán a continuación realizaciones específicas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Obsérvese que los tamaños, materiales, formas y disposiciones relativas de los miembros componentes descritos en las realizaciones no pretenden restringir el alcance técnico de la presente invención a los mismos a menos que se especifique de otra manera.

Primera realización

35 En primer lugar, se describirá la primera realización de la presente invención con referencia a las FIGS. 1 a 5. La FIG. 1 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna al cual se aplica el aparato de control del gas de escape según la presente realización, y un sistema de admisión y escape del motor de combustión interna. Un motor 1 de combustión interna ilustrado en la FIG. 1 es un motor de combustión interna de tipo ignición por compresión (motor diesel) que utiliza gasoil como combustible. El motor 1 de combustión interna puede ser un motor de combustión interna de tipo ignición por chispa (motor de gasolina) capaz de realizar una operación de combustión pobre.

40 El motor 1 de combustión interna está conectado a un conducto 2 de escape para hacer circular el gas quemado (gas de escape) descargado del interior de un cilindro. En algún punto intermedio del conducto 2 de escape, se dispone una primera carcasa 3 de catalizador. En una parte del conducto 2 de escape aguas abajo de la primera carcasa 3 de catalizador, se dispone una segunda carcasa 4 de catalizador.

45 La primera carcasa 3 de catalizador aloja un soporte catalítico que soporta un catalizador NSR y un filtro de partículas en una carcasa cilíndrica. El catalizador NSR almacena los NO_x en el gas de escape cuando una razón aire-combustible del gas de escape es una razón aire-combustible pobre. Cuando la razón aire-combustible del gas de escape es una razón aire-combustible rica, el catalizador NSR descarga los NO_x almacenados mientras provoca que los NO_x almacenados reaccionen con los componentes reductores (tales como HC y CO) en el gas de escape para reducir los NO_x almacenados a N₂. El filtro de partículas recoge la materia en forma de partículas (PM) contenida en
50 el gas de escape.

La segunda carcasa 4 de catalizador aloja un soporte catalítico que soporta el catalizador SCR en una carcasa cilíndrica. El soporte catalítico está formado mediante revestimiento, por ejemplo, de un material de base tipo monolítico con un soporte catalítico basado en alúmina o basado en zeolita, teniendo el material de base una sección transversal similar a un panel. El soporte catalítico soporta los elementos de metal de transición tales como Cu y Fe a través del intercambio de iones. El catalizador SCR así configurado adsorbe el NH_3 contenido en el gas de escape y reduce los NO_x en el gas de escape a N_2 usando el NH_3 adsorbido como un agente reductor. En la presente realización, los iones cobre se usan como los iones de metal de transición soportados por el soporte catalítico del catalizador SCR.

La segunda carcasa 4 de catalizador está próxima al calentador 40 para el calentamiento del catalizador SCR. El calentador 40 es un calentador de tipo calentamiento eléctrico que calienta el catalizador SCR convirtiendo la energía eléctrica en energía térmica. El calentador 40 puede ser un calentador de inducción que calienta el catalizador SCR usando ondas electromagnéticas generadas por energización. El calentador 40 puede implementarse formando el catalizador SCR como un catalizador de tipo calentamiento eléctrico. El calentador 40 puede ser un quemador que calienta el catalizador SCR con llamas.

En una parte del conducto 2 de escape entre la primera carcasa 3 de catalizador y la segunda carcasa 4 de catalizador, se dispone una válvula 5 de adición para añadir (inyectar) un aditivo, que es NH_3 o un precursor de NH_3 , en el gas de escape. La válvula 5 de adición está conectada a un tanque 51 de aditivo a través de una bomba 50. La bomba 50 aspira el aditivo almacenado en el tanque 51 de aditivo y bombea el aditivo aspirado a la válvula 5 de adición. La válvula 5 de adición inyecta el aditivo bombeado desde la bomba 50 al conducto 2 de escape. Como el aditivo almacenado en el tanque 51 de aditivo, pueden usarse un gas NH_3 o una disolución acuosa de urea, carbamato de amonio o similares. En la presente realización, se usa la disolución acuosa de urea.

Cuando la disolución acuosa de urea se inyecta desde la válvula 5 de adición, la disolución acuosa de urea fluye dentro de la segunda carcasa 4 de catalizador junto con el gas de escape. En ese caso, la disolución acuosa de urea se piroliza tras la recepción del calor del gas de escape o se hidroliza mediante el catalizador SCR. Cuando la disolución acuosa de urea se piroliza o hidroliza, se genera NH_3 . El NH_3 así generado se adsorbe al catalizador SCR. El NH_3 adsorbido al catalizador SCR reacciona con los NO_x contenidos en el gas de escape y genera N_2 y H_2O .

Al motor 1 de combustión interna así configurado se le añade una ECU 10. La ECU 10 es una unidad de control electrónico que incluye componentes tales como una CPU, una ROM, una RAM, una RAM de respaldo. La ECU 10 está conectada eléctricamente a diversos sensores tales como un primer sensor 6 de NO_x , un segundo sensor 7 de NO_x , un sensor 8 de temperatura del gas de escape, un sensor 9 de la temperatura de la carcasa, un sensor 11 de la posición del cigüeñal, un sensor 12 de la posición del acelerador y un caudalímetro 13 de aire.

El primer sensor 6 de NO_x está dispuesto en una parte del conducto 2 de escape entre la primera carcasa 3 de catalizador y la segunda carcasa 4 de catalizador para producir una señal eléctrica correlacionada con la concentración de NO_x del gas de escape que fluye dentro de la segunda carcasa 4 de catalizador. El segundo sensor 7 de NO_x está dispuesto en una parte del conducto 2 de escape aguas abajo de la segunda carcasa 4 de catalizador para producir una señal eléctrica correlacionada con la concentración de NO_x del gas de escape que fluye desde la segunda carcasa 4 de catalizador. El sensor 8 de la temperatura del gas de escape está dispuesto en una parte del conducto 2 de escape aguas abajo de la segunda carcasa 4 de catalizador para producir una señal eléctrica correlacionada con la temperatura del gas de escape que fluye desde la segunda carcasa 4 de catalizador. El sensor 9 de la temperatura de la carcasa está fijado a la segunda carcasa 4 de catalizador para producir una señal eléctrica correlacionada con la temperatura de la carcasa que aloja el catalizador SCR.

El sensor 11 de posición del cigüeñal produce una señal eléctrica correlacionada con una posición rotacional de un árbol de salida (cigüeñal) del motor 1 de combustión interna. El sensor 12 de posición del acelerador produce una señal eléctrica correlacionada con una cantidad de operación de un pedal acelerador (cantidad de operación del acelerador). El caudalímetro 13 de aire produce una señal eléctrica correlacionada con la cantidad (masa) de aire aspirado en el motor 1 de combustión interna.

La ECU 10 está conectada eléctricamente no solo con los diversos dispositivos (por ejemplo, una válvula de inyección de combustible, etc.) fijada al motor 1 de combustión interna, sino también a los miembros componentes indicados anteriormente tales como la válvula 5 de adición, el calentador 40 y la bomba 50. La ECU 10 controla eléctricamente los diversos dispositivos del motor 1 de combustión interna y los miembros componentes tales como la válvula 5 de adición, el calentador 40 y la bomba 50 basándose en las señales producidas desde los diversos sensores descritos anteriormente. Por ejemplo, la ECU 10 ejecuta el control establecido, tal como un control de inyección de combustible que controla la cantidad de inyección y el tiempo de inyección de la válvula de inyección de combustible según la carga del motor y la velocidad del motor del motor 1 de combustión interna, y el control de adición que causa la inyección intermitente del aditivo desde la válvula 5 de adición. Además, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de recuperación del catalizador SCR. El procesamiento de recuperación indicado en la presente memoria es el procesamiento para recuperar la valencia iónica de los iones cobre incluidos en el catalizador SCR a la valencia necesaria para la reducción de NO_x . Se describirá a continuación el procesamiento de recuperación en la presente realización.

En primer lugar, la reacción de reducción de NO_x en el catalizador SCR se describirá con referencia a la FIG. 2. La FIG. 2 ilustra esquemáticamente la reacción de reducción de NO_x para la descripción de la misma. La reacción de

reducción de NO_x en el catalizador SCR ocurre sobre los iones cobre soportados por el soporte catalítico. La reacción de reducción de NO_x se considera que está dividida esquemáticamente en cuatro etapas (a) a (d). En primer lugar, en la etapa (a), el NH₃ se adsorbe a un ion cobre (Cu²⁺) cuya valencia iónica es un valor (2+) necesario para la reducción de NO_x. A continuación, en la etapa (b) los NO_x (NO) se adsorben al ion cobre. Como resultado, en la etapa (c) se provoca una reacción entre NH₃ y NO, de modo que se generan N₂ y H₂O y la valencia iónica del ion cobre disminuye a 1+. Cuando la valencia iónica del ion cobre disminuye a 1+, se deteriora la capacidad de reducción de NO_x del ion cobre (estado deteriorado). Sin embargo, el ion hidrógeno H⁺ generado en la etapa (c) se adsorbe al ion cobre C⁺ en el estado deteriorado. Cuando se suministran oxígeno (1/4O₂) y NO₂ al ion cobre C⁺ en este estado en la etapa (d), el ion cobre C⁺ se re-oxida. Cuando el ion cobre se re-oxida, la valencia iónica del ion cobre se recupera a 2+, que es el valor necesario para la reducción de NO_x (estado de referencia). En consecuencia, la reacción que se inicia en la etapa (a) puede continuar secuencialmente de nuevo, de modo que puede conseguirse una reducción continua de NO_x mediante el catalizador SCR.

Para implementar una reducción continua de NO_x en el catalizador SCR de esta manera, se considera que es necesario recuperar la valencia del ion cobre C⁺ (C⁺ → Cu²⁺) en la etapa (d). Sin embargo, la recuperación de valencia del ion cobre llevado al estado deteriorado se muestra en la atmosfera cuya temperatura es igual a o por encima de la temperatura (temperatura activa) a la cual empieza a mostrarse la reducción de NO_x mediante el ion cobre en el estado de referencia, conteniendo la atmosfera NO₂ y O₂. Por consiguiente, dependiendo del estado de operación del motor 1 de combustión interna, el estado donde se muestra la reducción de NO_x del ion cobre en el estado de referencia pero no se muestra la recuperación de valencia del ion cobre en el estado deteriorado, puede continuar. Por ejemplo, cuando la operación a baja carga del motor 1 de combustión interna continúa, o el gas de escape que fluye dentro del catalizador SCR continúa teniendo una razón aire-combustible igual a o por debajo de la razón aire-combustible estequiométrica, hay una alta posibilidad de que se muestre el estado donde la reducción de NO_x del ion cobre en el estado de referencia, pero continúa la recuperación de valencia del ion cobre en el estado deteriorado que no se muestra. Cuando el motor 1 de combustión interna se para inmediatamente después de que tal estado continúa, a continuación la operación del motor 1 de combustión interna se inicia en el estado donde la cantidad de iones cobre en el estado de referencia es pequeña. Como resultado, inmediatamente después de que el motor 1 de combustión interna arranque, el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR puede deteriorarse y una reducción de NO_x continua por el catalizador SCR puede resultar difícil.

Por consiguiente, en la presente realización, el procesamiento de recuperación se ejecuta por un método para controlar el calentador 40 de modo que la temperatura del catalizador SCR se calienta a la primera temperatura o por encima, y la temperatura se mantiene durante un periodo prescrito, cuando los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR, y O₂ está presente en la segunda carcasa 4 de catalizador. Como se ha descrito en lo anterior, la primera temperatura indicada en la presente memoria es la temperatura que provoca que se muestre la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado, estando la temperatura (por ejemplo, 200°C o mayor) por encima de la temperatura (por ejemplo, 150°C o mayor) a la cual empieza a mostrarse la reducción de NO_x mediante los iones cobre en el estado de referencia. El periodo prescrito es el periodo necesario para realizar la recuperación de valencia de sustancialmente todos los iones cobre en el estado deteriorado. Se describirá posteriormente un método para ajustar el periodo prescrito.

En esta ocasión, el caso en donde los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR puede ser el caso en el que el motor de combustión interna está en un estado parado. Sin embargo, cuando la ejecución del procesamiento de recuperación se consigue después de que haya transcurrido un tiempo relativamente largo desde la parada del motor 1 de combustión interna, el consumo de energía del calentador 40 puede aumentar. Esto se debe a que la temperatura del catalizador SCR disminuye a medida que el tiempo que transcurre desde la parada del motor 1 de combustión interna se hace más largo, lo que provoca un aumento en la cantidad de calentamiento necesaria para elevar la temperatura del catalizador SCR a la primera temperatura o por encima de ella. Por lo tanto, en la presente realización, el procesamiento de recuperación se ejecuta inmediatamente después de la parada del motor 1 de combustión interna, esto es, cuando el catalizador SCR está a una temperatura relativamente alta, usando la parada del motor 1 de combustión interna como desencadenante.

En esta ocasión, el método para ejecutar el procesamiento de recuperación se describirá con referencia a la FIG. 3. La FIG. 3 ilustra la cantidad de NO_x que fluye dentro del catalizador SCR (cantidad de flujo de entrada de NO_x), la temperatura del catalizador SCR, el estado de operación del calentador 40 y el cambio temporal de un contador cuando el motor 1 de combustión interna está parado. El término "contador" en la FIG. 3 se refiere a un contador para integrar la cantidad de iones cobre cuya valencia iónica se estima se va a recuperar por unidad de tiempo después de la parada del motor 1 de combustión interna. El término "valor estipulado" se refiere a un valor correspondiente a la cantidad de iones cobre estimada que se va a poner en el estado deteriorado cuando se para el motor 1 de combustión interna. En la presente realización, el valor estipulado se ajusta suponiendo el caso en el que una cantidad máxima de iones cobre se pone en el estado deteriorado cuando el motor 1 de combustión interna se para. Tal valor estipulado se obtiene estadísticamente a partir del resultado de un experimento, una simulación o similares.

Como se ilustra en la FIG. 3, cuando el motor 1 de combustión interna se para (t1 en la FIG. 3), la cantidad de NO_x (cantidad de flujo de entrada de NO_x) que fluye dentro del catalizador SCR se ajusta a "cero". En consecuencia, la ECU 10 hace funcionar (conecta) el calentador 40 para calentar el catalizador SCR. En este momento, puesto que la temperatura del catalizador SCR es relativamente alta, el catalizador SCR puede calentarse a la primera temperatura

o por encima de ella con una cantidad de calentamiento menor que el caso en el que el catalizador SCR está en un estado frío. Una vez que la temperatura del catalizador SCR alcanza la primera temperatura (t_2 en la FIG. 3), empieza a mostrarse la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado. En esta ocasión, puesto que la cantidad de flujo de entrada de NO_x es "cero", no se muestra la disminución en la valencia iónica con respecto a la reducción de NO_x mediante los iones cobre en el estado de referencia. Como resultado, la cantidad de iones cobre llevados al estado deteriorado puede reducirse eficientemente. Cuando la temperatura del catalizador SCR alcanza la primera temperatura y, de esta manera, empieza a mostrarse la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado, la ECU 10 empieza a integrar la cantidad de iones cobre con el contador. En esta ocasión, la cantidad de iones cobre cuya valencia iónica se recupera por unidad de tiempo se hace más grande a medida que la temperatura del catalizador SCR se hace más alta. Por lo tanto, una cantidad de actualización del contador por unidad de tiempo aumenta más a medida que la temperatura del catalizador SCR se hace más alta.

Cuando el calentador 40 calienta el catalizador SCR y, de esta manera, la temperatura del catalizador SCR alcanza una temperatura diana T_{trg} que es igual a o por encima de la primera temperatura (t_3 en la FIG. 3), la ECU 10 controla el calentador 40 de modo que la temperatura del catalizador SCR se mantiene a temperatura diana T_{trg} . La temperatura diana T_{trg} indicada en la presente memoria es la temperatura determinada en consideración de un balance entre el consumo de energía y la tasa de recuperación de valencia o similar. Cuando el motor 1 de combustión interna se para, hay posibilidad de que el NH_3 se adsorba a al menos a algunos de los iones cobre contenidos en el catalizador SCR. Por consiguiente, cuando la temperatura del catalizador SCR se eleva excesivamente durante la ejecución del procesamiento de recuperación, el NH_3 adsorbido a los iones cobre puede desorberse u oxidarse. Sin embargo, cuando no hay flujo de gas en el catalizador SCR como en el caso de después de la parada del motor 1 de combustión interna, el NH_3 adsorbido al ion cobre permanece en el catalizador SCR incluso si se desorbe del ion cobre. Por consiguiente, cuando la temperatura del catalizador SCR disminuye, hay una alta posibilidad de que el NH_3 desorbido se readsorba al ion cobre. Por lo tanto, puede decirse que no hay necesidad de restringir la temperatura diana T_{trg} a por debajo de la temperatura a la cual el NH_3 empieza a desorberse. Sin embargo, cuando la temperatura del catalizador SCR se eleva a la temperatura por encima de la temperatura en la cual el NH_3 empieza a desorberse, el NH_3 adsorbido a los iones cobre puede oxidarse. Por consiguiente, la temperatura diana T_{trg} se restringe a temperaturas por debajo de la temperatura (segunda temperatura) a la cual empieza a mostrarse la oxidación de NH_3 . Cuando la temperatura diana T_{trg} se ajusta de esta manera, puede conseguirse la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado, sin oxidación del NH_3 adsorbido a los iones cobre. Como resultado, cuando los NO_x fluyen dentro del catalizador SCR después del siguiente arranque del motor 1 de combustión interna, se hace posible reducir el flujo de entrada de NO_x con el uso del NH_3 adsorbido a los iones cobre.

Con referencia a la FIG. 3 de nuevo, cuando el valor del contador alcanza el valor estipulado (t_4 en la FIG. 3), la ECU 10 detiene (desconecta) el calentador 40, al tiempo que reinicializa el valor del contador a "cero". El periodo prescrito en este caso es un periodo de t_2 a t_4 en la FIG. 3. Esto es, el periodo prescrito en este caso es un periodo necesario para recuperar la valencia iónica de sustancialmente toda la cantidad de iones cobre que se supone se han llevado al estado deteriorado en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna.

Se ha dado la descripción del método de ejecutar el procesamiento de recuperación cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna está por debajo de la primera temperatura con referencia a la FIG. 3. Sin embargo, la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna puede ser igual a o por encima de la primera temperatura. En tal caso, se estima que la recuperación de la valencia de los iones cobre en el estado deteriorado se consigue automáticamente antes de la parada e inmediatamente después de la parada del motor 1 de combustión interna. Por consiguiente, cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna es igual a o por encima de la primera temperatura, puede estar prohibida la ejecución del procesamiento de recuperación. Según tal método, resulta posible suprimir el aumento en el consumo de potencia del calentador 40 atribuida a la ejecución del procesamiento de recuperación. Sin embargo, incluso en el caso indicado anteriormente, la recuperación de valencia de sustancialmente toda la cantidad de los iones cobre llevados al estado deteriorado no se realiza necesariamente de forma automática. Como resultado, el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR después de que el motor 1 de combustión interna se arranque la siguiente vez puede no ser un rendimiento deseado. Por consiguiente, en vista de una consecución más fiable del rendimiento de reducción de NO_x deseado del catalizador SCR después de que el motor 1 de combustión interna se arranque la siguiente vez, el procesamiento de recuperación puede ejecutarse sobre la suposición de que la cantidad de iones cobre correspondiente al valor estipulado se ha llevado al estado deteriorado, incluso en el caso en el que la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna sea la primera temperatura o por encima de ella, como en el caso en el que la temperatura del catalizador SCR está por debajo de la primera temperatura tras la parada del motor de combustión interna. En esta ocasión, el procesamiento de recuperación puede ejecutarse cuando la temperatura del catalizador SCR disminuye a por debajo de la primera temperatura después de que el motor de combustión interna se pare.

En esta ocasión, el método para ejecutar el procesamiento de recuperación en el caso en el que la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor de combustión interna 1 es igual a o por encima de la primera temperatura se describirá con referencia a la FIG. 4. Como se ilustra en la FIG. 4, cuando la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna es igual a o por encima de la primera temperatura, la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado se realiza automáticamente sin calentamiento del catalizador SCR con el calentador 40 durante el periodo (periodo de recuperación automática) desde un punto temporal (t_1 en la

FIG. 4) cuando el motor 1 de combustión interna se para hasta un punto temporal (t_2' en la FIG. 4) cuando la temperatura del catalizador SCR disminuye a por debajo de la primera temperatura. Por consiguiente, cuando el motor 1 de combustión interna se para, la ECU 10 empieza a integrar la cantidad de iones cobre con el contador sin operar el calentador 40. Después, cuando la temperatura del catalizador SCR resulta estar por debajo de la primera temperatura (t_2' en la FIG. 4), la ECU 10 opera (conecta) el calentador 40. Cuando el calentador 40 calienta el catalizador SCR y, por lo tanto, la temperatura del catalizador SCR alcanza la temperatura diana T_{trg} (t_3 en la FIG. 4), la ECU 10 controla el calentador 40 de modo que la temperatura del catalizador SCR se mantiene a la temperatura diana T_{trg} . Cuando el valor del contador alcanza el valor estipulado (t_4 en la FIG. 4), la ECU 10 detiene (desconecta) el calentador 40, mientras reinicializa el valor del contador a "cero". El periodo prescrito en este caso es el periodo de t_2' a t_4 en la FIG. 4. Esto es, el periodo prescrito en este caso es el periodo necesario para recuperar la valencia iónica de la cantidad de iones cobre que se supone que se llevan al estado deteriorado al final del periodo de recuperación automática (la cantidad se obtiene restando la cantidad de iones cobre, cuya valencia iónica se recupera en el periodo de recuperación automática, de la cantidad de iones cobre que se supone que se llevan al estado deteriorado tras la parada del motor 1 de combustión interna).

Como se ilustra en las FIGS. 3 y 4, cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta inmediatamente después de la parada del motor 1 de combustión interna, puede realizarse la recuperación de valencia de sustancialmente toda la cantidad de los iones cobre en el estado deteriorado, mientras se mantiene el consumo de potencia del calentador 40 tan bajo como sea posible. Puesto que el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR, la recuperación de valencia de los iones cobre llevados al estado deteriorado puede realizarse también eficientemente. Adicionalmente, puesto que la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación está restringida a por debajo de la segunda temperatura, la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado puede realizarse sin oxidar el NH_3 que está adsorbido a los iones cobre. Por lo tanto, es posible suprimir tal situación donde el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR se deteriora o donde la reducción continua de NO_x mediante el catalizador SCR es difícil, después del siguiente arranque del motor 1 de combustión interna.

En lo sucesivo en la presente memoria, se describirán procedimientos de ejecución del procesamiento de recuperación en la presente realización con referencia a la FIG. 5. La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada mediante la ECU 10 cuando se realiza el procesamiento de recuperación. La rutina de procesamiento se almacena previamente en un dispositivo de almacenamiento tal como una ROM de la ECU 10, y se ejecuta con la parada del motor 1 de combustión interna como desencadenante. La parada del motor 1 de combustión interna usada en la presente memoria se determina sobre la condición de que un interruptor de ignición, que no se ha ilustrado, cambia de ENCENDIDO a APAGADO. En la configuración de realización del denominado control de parada-arranque, en el que el motor 1 de combustión interna para automáticamente y se re-arranca mientras un vehículo está detenido, puede determinarse que el motor 1 de combustión interna se para cuando el motor 1 de combustión interna se para automáticamente. En los vehículos denominados híbridos que incluyen no solo el motor 1 de combustión interna sino también un motor eléctrico o similar como un motor del vehículo, puede determinarse que el motor 1 de combustión interna se apaga cuando el motor 1 de combustión interna se detiene automáticamente para que los vehículos circulen solo con el motor eléctrico.

En la rutina de procesamiento de la FIG. 5, la ECU 10 determina en primer lugar si se genera o no una solicitud de arranque del motor 1 de combustión interna en el procesamiento de S101. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S101, la ECU 10 avanza al procesamiento de S102. En el procesamiento de S102, la ECU 10 detecta la temperatura T_{scr} del catalizador SCR. Cuando el procesamiento de S102 se ejecuta por primera vez después de la parada del motor 1 de combustión interna, puede leerse la temperatura T_{scr} del catalizador SCR inmediatamente antes de la parada del motor 1 de combustión interna. Inmediatamente antes de la parada del motor 1 de combustión interna, el gas de escape está circulando a través del catalizador SCR y, por lo tanto, el calor del catalizador SCR tiende a irradiarse hacia el gas de escape. Por consiguiente, se considera que la temperatura T_{scr} del catalizador SCR está correlacionada con la temperatura del gas de escape que fluye desde el catalizador SCR. Por lo tanto, la temperatura T_{scr} del catalizador SCR calculada a partir de un valor de medición del sensor 8 de la temperatura del gas de escape puede almacenarse en un dispositivo de almacenamiento, tal como una RAM de respaldo de la ECU 10. Cuando el procesamiento de S102 se ejecuta durante la segunda vez o más después de la parada del motor 1 de combustión interna, la ECU 10 calcula la temperatura T_{scr} del catalizador SCR basándose en el valor de medición del sensor 9 de temperatura de la carcasa. Esto se debe a que se considera que la temperatura del catalizador SCR está más correlacionada con el valor de medición del sensor 9 de la temperatura de la carcasa que el valor de medición del sensor 8 de la temperatura del gas de escape, puesto que el calor del catalizador SCR tiende a irradiarse hacia la carcasa cuando no hay circulación de gas en el catalizador SCR. En la configuración donde la segunda carcasa 4 de catalizador está equipada con un sensor que mide directamente la temperatura del catalizador SCR, el valor de medición del sensor puede usarse en cualquiera de los casos descritos anteriormente.

En el procesamiento de S103, la ECU 10 determina si la temperatura T_{scr} del catalizador SCR detectada en el procesamiento de S102 es igual a o está por encima a la primera temperatura T_1 . La primera temperatura T_1 es una temperatura que provoca que se muestre la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado como se ha descrito anteriormente.

5 Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S103, la ECU 10 avanza al procesamiento de S108. Cuando el procesamiento de S108 se ejecuta por primera vez después de la parada del motor 1 de combustión interna, la ECU 10 opera (conecta) el calentador 40 empezando a suministrar energía eléctrica de impulsión al calentador 40. Cuando el procesamiento de S108 se ejecuta por segunda vez o más, el calentador 40 ya está en un estado de operación. Por consiguiente, la ECU 10 puede mantener el estado de operación del calentador 40 suministrando continuamente energía eléctrica de impulsión al calentador 40. Después de ejecutar el procesamiento de S108, la ECU 10 vuelve al procesamiento de S101. En esta ocasión, si se genera una solicitud de re arranque del motor 1 de combustión interna, esto indica que se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S101. Por consiguiente, la ECU 10 avanza al procesamiento de S106, donde se detiene (desconecta) el calentador 40. A
10 continuación, la ECU 10 reinicializa un valor C del contador a "cero", y termina la ejecución de la presente rutina de procesamiento.

15 Cuando la temperatura Tscr del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna es igual a o por encima de la primera temperatura T1, o cuando la temperatura Tscr del catalizador SCR se eleva a la primera temperatura T1 o por encima de ella mediante la operación del calentador 40, se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S103. En esta ocasión, se muestra recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado en el catalizador SCR. Por lo tanto, cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S103, la ECU 10 avanza al procesamiento de S104 y actualiza el valor C del contador. Como se ha indicado en la descripción de la FIG. 3, el contador está configurado para contar la cantidad integrada de los iones cobre cuya valencia iónica se recupera porque la temperatura del catalizador SCR se hace igual a o por encima de la primera
20 temperatura T1 después de la parada del motor 1 de combustión interna. La cantidad actualizada del valor C del contador en el procesamiento de S104 se hace más grande a medida que se hace más alta la temperatura Tscr del catalizador SCR, como se ha descrito anteriormente.

25 En el procesamiento de S105, la ECU 10 determina si el valor C del contador actualizado en el procesamiento de S104 es igual a o está por encima del valor Cs estipulado. El valor Cs estipulado es un valor correspondiente a la cantidad de iones cobre llevados al estado deteriorado, en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna, como se ha descrito anteriormente. El valor C estipulado se preajusta suponiendo el caso en el que una cantidad máxima de iones cobre se pone en el estado deteriorado en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna. Cuando se hace una determinación negativa en el procesamiento de S105, la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado se considera incompleta en el catalizador SCR. Por consiguiente, la ECU 10 avanza al
30 procesamiento de S109.

35 En el procesamiento de S109, la ECU 10 determina si la temperatura Tscr del catalizador SCR detectada en el procesamiento de S102 es igual a o está por encima de la temperatura límite superior Tmáx especificada. La temperatura límite superior Tmáx especificada usada en la presente memoria es una temperatura por encima de la primera temperatura T1 y por debajo de la segunda temperatura (temperatura de oxidación de NH₃). Por ejemplo, la temperatura límite superior Tmáx especificada es una temperatura obtenida restando un margen especificado de la segunda temperatura.

40 Cuando se hace una determinación positiva en el procesamiento de S109, la ECU 10 avanza al procesamiento de S110. En esta ocasión, cuando el calentador 40 está en el estado de operación, la ECU 10 detiene el calentador 40 de modo que suprime el catalizador SCR calentado a la segunda temperatura o por encima. Cuando el calentador 40 ya está en un estado detenido, la ECU 10 mantiene el calentador 40 en el estado detenido.

45 Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S109 o después de ejecutar el procesamiento de S110, la ECU 10 vuelve al procesamiento de S101.

50 Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S105, la recuperación de valencia de sustancialmente toda la cantidad de los iones cobre en el estado deteriorado puede considerarse completada en el catalizador SCR. Como resultado, la ECU 10 avanza al procesamiento de S106, donde se detiene (desconecta) el calentador 40. A continuación, la ECU 10 avanza al procesamiento de S107, donde el valor C del contador se reinicializa a "cero", y termina la ejecución de la presente rutina de procesamiento.

55 En esta ocasión, cuando la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S102, se implementa el "medio de detección" según la presente invención. Cuando la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S103 a S110, se implementa el "medio de control" según la presente invención.

60 Cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación junto con los procedimientos descritos en lo anterior, puede realizarse en el catalizador SCR una recuperación de valencia eficiente de los iones cobre llevados al estado deteriorado, mientras el consumo de potencia en el calentador 40 puede mantenerse bajo. Como resultado, resulta posible suprimir una situación donde el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR se deteriora o donde una reducción continua de NO_x por el catalizador SCR es difícil después del arranque del motor 1 de combustión interna la siguiente vez.

65 En la presente realización, el calentador 40 está controlado de modo que la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación no alcanza la segunda temperatura o por encima de esta. Sin embargo, cuando la

temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna es igual a o por encima de la temperatura (tercera temperatura) a la cual el NH₃ empieza a desorberse, la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación puede elevarse a la segunda temperatura o por encima de ella. Esto es porque si la temperatura del catalizador SCR tras la parada del motor 1 de combustión interna está por encima de la tercera temperatura, puede suponerse que la cantidad de NH₃ adsorbido a los iones cobre es sustancialmente cero. Cuando la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación se eleva a la segunda temperatura o por encima, el período de ejecución del procesamiento de recuperación puede acortarse adicionalmente. Como resultado, resulta fácil completar el procesamiento de recuperación antes de que se genere la solicitud de reinicio.

Modificación de la primera realización

En la primera realización descrita en lo anterior, se ha dado una descripción del ejemplo de ejecución del procesamiento de recuperación sobre la suposición de que la cantidad de los iones cobre llevados al estado deteriorado en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna es una cantidad fija predeterminada (el valor estipulado mencionado anteriormente). Sin embargo, puede estimarse la cantidad (cantidad de recuperación requerida) de los iones cobre llevados al estado deteriorado en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna, y el procesamiento de recuperación puede ejecutarse basándose en la cantidad de recuperación requerida.

En la presente modificación, cuando se estima la cantidad de recuperación requerida mencionada anteriormente, la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado se estima adecuadamente durante la operación del motor 1 de combustión interna. Más específicamente, la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado se obtiene integrando una diferencia entre la cantidad de iones cobre que se desplazan desde el estado de referencia hasta el estado deteriorado por unidad de tiempo y la cantidad de iones cobre que se desplazan del estado deteriorado al estado de referencia por unidad de tiempo. En esta ocasión, se da una descripción de los procedimientos del cálculo de la cantidad de iones cobre en estado deteriorado durante la operación del motor 1 de combustión interna a lo largo de la FIG. 6. La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU 10 cuando se calcula la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado. La rutina de procesamiento, que se almacena previamente en un dispositivo de almacenamiento tal como una ROM de la ECU 10, se ejecuta periódicamente durante la operación del motor 1 de combustión interna (por ejemplo, cuando el interruptor de ignición está en el estado ENGENDIDO).

En la rutina de procesamiento de la FIG. 6, en primer lugar en el procesamiento de S201, la ECU 10 adquiere la temperatura Tscr del catalizador SCR, una cantidad Ao2 de O₂ que fluye dentro del catalizador SCR (cantidad de flujo de entrada de O₂) por unidad de tiempo, una cantidad (cantidad de flujo de entrada de NO_x) Anox de NO_x que fluye dentro del catalizador SCR por unidad de tiempo, y una cantidad (cantidad de flujo de entrada de NO₂) Ano2 de NO₂ que fluye dentro del catalizador SCR por unidad de tiempo. En esta ocasión, la temperatura Tscr del catalizador SCR se calcula basándose en el valor de medición del sensor 8 de temperatura del gas de escape, como se ha descrito anteriormente. La cantidad de flujo de entrada de O₂, Ao2, se estima basándose en la temperatura del catalizador NSR alojado en la primera carcasa 3 de catalizador y en las condiciones de operación (por ejemplo, cantidad de aire de admisión, cantidad de inyección de combustible, velocidad del motor, temperatura del motor, etc.) del motor 1 de combustión interna. Puede fijarse un sensor de la concentración de O₂ a una parte del conducto 2 de escape entre la primera carcasa 3 de catalizador y la segunda carcasa 4 de catalizador para calcular la cantidad de flujo de entrada de O₂, Ao2, basándose en un valor de medición del sensor de concentración de O₂ y un caudal de gas de escape (por ejemplo, una suma de la cantidad de aire de admisión y la cantidad de inyección de combustible). La cantidad de flujo de entrada de NO_x, Anox, se calcula basándose en el valor de medición y el caudal del gas de escape del primer sensor 6 de NO_x. La cantidad de flujo de entrada de NO₂, Ano2, se calcula basándose en una razón NO₂/NO de los NO_x que fluyen dentro del catalizador SCR y en la cantidad de flujo de entrada de NO_x, Anox. Por ejemplo, la razón NO₂/NO de los NO_x que fluyen dentro del catalizador SCR se estima usando como parámetro la temperatura del catalizador NSR y las condiciones de operación (velocidad del motor, carga del motor, etc.) del motor 1 de combustión interna.

En el procesamiento de S202, la ECU 10 calcula la cantidad (cantidad de ion recuperado) Acu²⁺ de iones cobre que se desplazan del estado deteriorado al estado de referencia por unidad de tiempo. Como se ha descrito anteriormente, cuando la temperatura del catalizador SCR es igual a o por encima de la primera temperatura y están presentes O₂ o NO₂ en el catalizador SCR, se muestra recuperación de valencia del ion cobre en el estado deteriorado. Por lo tanto, puede decirse que la cantidad de ion cobre recuperado Acu²⁺ está correlacionada con la temperatura Tscr, la cantidad de flujo de entrada de O₂, Ao2, y la cantidad de flujo de entrada de NO₂, Ano2, del catalizador SCR. En la presente modificación, los datos de correlación se obtienen basándose en el resultado de un experimento o una simulación, y los datos de correlación obtenidos se almacenan como un mapa. En el procesamiento de S202, la ECU 10 deduce la cantidad de ion recuperado, Acu²⁺, accediendo al mapa usando como argumento la temperatura Tscr, la cantidad de flujo de entrada de O₂, Ao2, y la cantidad de flujo de entrada de NO₂, Ano2, del catalizador SCR adquirido en el procesamiento de S201.

En el procesamiento de S203, la ECU 10 calcula la cantidad (cantidad de ion deteriorado) Acu⁺ de los iones cobre que se desplazan del estado de referencia al estado deteriorado por unidad de tiempo. Se muestra la reducción de NO_x mediante iones cobre Cu²⁺ en el estado de referencia cuando la temperatura Tscr del catalizador SCR es igual a o por encima de la temperatura activa, y los NO_x fluyen dentro del catalizador SCR. Por lo tanto, puede decirse que la cantidad de ion deteriorado, Acu⁺, está correlacionada con la temperatura Tscr y la cantidad de flujo de entrada de

NO_x, Anox, del catalizador SCR. En la presente modificación, los datos de correlación se obtienen basándose en el resultado de un experimento o una simulación, y los datos de correlación obtenidos se almacenan como un mapa. En el procesamiento de S203, la ECU 10 deduce la cantidad de ion deteriorado Acu⁺ accediendo al mapa usando como argumento la temperatura Tscr y la cantidad de flujo de entrada de NO₂, Anox, del catalizador SCR adquiridos en el procesamiento de S201.

En el procesamiento de S204, la ECU 10 calcula una variación ΔAcu^+ ($=\text{Acu}^+ - \text{Acu}^{2+}$) en la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado por unidad de tiempo restando la cantidad de ion recuperado Acu²⁺, calculada en el procesamiento de S202, de la cantidad de ion deteriorado Acu⁺, calculada en el procesamiento de S203. En esta ocasión, cuando la cantidad de ion deteriorado Acu⁺ es mayor que la cantidad de ion recuperado Acu²⁺, la variación ΔAcu^+ se convierte en un valor positivo. Cuando la cantidad de ion recuperado, Acu²⁺, es mayor que la cantidad de ion deteriorado, Acu⁺, la variación ΔAcu^+ se convierte en un valor negativo.

En el procesamiento de S205, se calcula una cantidad ΣAcu^+ de iones cobre llevados al estado deteriorado en ese momento. Específicamente, la ECU 10 calcula la cantidad ΣAcu^+ de iones cobre llevados al estado deteriorado en ese momento añadiendo la variación ΔAcu^+ , calculada en el procesamiento de S204, a un valor previo ΣAcu^+ antiguo de la cantidad de iones cobre llevados al estado deteriorado. La cantidad de iones cobre así calculada, ΣAcu^+ , se almacena en la RAM de respaldo que puede retener los datos después de la parada del motor 1 de combustión interna.

A continuación, se describirán procedimientos de ejecución del procesamiento de recuperación en la presente modificación con referencia a la FIG. 7. La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU 10 cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación. La rutina de procesamiento se ejecuta con la parada del motor 1 de combustión interna como desencadenante como en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 descrita anteriormente. Las etapas de procesamiento en la FIG. 7 similares a aquellas en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 se designan mediante símbolos de referencia similares. En la rutina de procesamiento de la FIG. 7, el procesamiento de S301 a S303 se ejecuta antes del procesamiento de S101 en la rutina de procesamiento de la FIG. 5. En la rutina de procesamiento de la FIG. 7, el procesamiento de S105 en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 se reemplaza con el procesamiento de S304 a S305.

En primer lugar, en el procesamiento de S301, la ECU 10 lee desde la RAM de respaldo el valor ΣAcu^+ calculado en la rutina del procesamiento de la FIG. 6 inmediatamente antes de la parada del motor 1 de combustión interna. El valor ΣAcu^+ corresponde a la cantidad de iones cobre (cantidad de recuperación requerida) llevados al estado deteriorado tras la parada del motor 1 de combustión interna.

En el procesamiento de S302, la ECU 10 determina si la cantidad de recuperación requerida, ΣAcu^+ , leída en el procesamiento de S301 es igual a o está por encima de un umbral especificado Aumb. El umbral especificado Aumb usado en la presente memoria es la cantidad establecida sobre la suposición de que cuando el motor 1 de combustión interna se vuelve a arrancar mientras los iones cobre por debajo del umbral especificado Aumb se llevan al estado deteriorado, el catalizador SCR puede proporcionar un rendimiento de reducción de NO_x deseado o mayor, o la cantidad establecida sobre la suposición de que puede realizarse una reducción continua de NO_x mediante el catalizador SCR. Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S302, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S106 y S107 secuencialmente, y termina la ejecución la presente rutina de procesamiento. Esto es, el procesamiento de recuperación no se ejecuta cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S302. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S302, la ECU 10 avanza al procesamiento de S303.

En el procesamiento de S303, la ECU 10 establece un valor estipulado Cs' usado en el procesamiento de S304 descrito posteriormente usando como parámetro la cantidad de recuperación requerida, ΣAcu^+ , leída en el procesamiento de S301. Específicamente, la ECU10 establece el valor estipulado Cs' a un valor idéntico a la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ . De forma alternativa, el valor estipulado Cs' puede ajustarse a un valor obtenido restando el umbral especificado, Aumb, de la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ .

La ECU 10 ejecuta el procesamiento de S101 a S103 secuencialmente después de ejecutar el procesamiento de S303. En esta ocasión, cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S103, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S104 y el procesamiento de S304 secuencialmente. En el procesamiento de S304, la ECU 10 determina si el valor del contador C es igual a o está por encima del valor estipulado Cs' ajustado en el procesamiento de S303. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S304, la ECU 10 avanza al procesamiento de S305. En el procesamiento de S305, la ECU 10 reinicializa el valor ΣAcu^+ almacenado en la RAM de respaldo a "cero". Después, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S106 y el procesamiento de S107 secuencialmente, de modo que se termina el procesamiento de recuperación.

Cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta junto con tales procedimientos, el periodo (periodo prescrito) en el cual el calentador 40 mantiene el catalizador SCR a o por encima de la primera temperatura T1 se cambia según la cantidad de iones cobre (cantidad de recuperación requerida) ΣAcu^+ llevados al estado deteriorado en el momento cuando se para el motor 1 de combustión interna. Esto es, en el caso en el que la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ es pequeña, el periodo prescrito se acorta en comparación con el caso en el que la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ es grande. Como resultado, resulta posible conseguir una recuperación de valencia de los iones cobre

llevados al estado deteriorado, mientras se mantiene el consumo de potencia del calentador 40 al mínimo necesario. Cuando la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ está por debajo del umbral especificado Aumb , no se ejecuta el procesamiento de recuperación. Por consiguiente, puede suprimirse también la operación innecesaria del calentador 40.

Disposición de ejemplo

5 Ahora, se describirá una disposición de ejemplo de la presente invención con referencia a las FIGS. 8 a 10. En esta ocasión, se describirán los aspectos de configuración distintos de aquellos descritos en la primera realización, mientras que se omite una descripción de aspectos de configuración similares. En la primera realización indicada anteriormente, se usa el caso en el que el motor 1 de combustión interna se para como un ejemplo del caso en el que los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR. En la presente realización, se usa como ejemplo el caso en el que un gas que no contiene NO_x fluye dentro del catalizador SCR. El gas que no contiene NO_x usado en la presente memoria puede incluir no solo un gas que no contiene NO_x en absoluto sino también un gas que contiene una cantidad aceptable de NO_x (una cantidad que se considera que es suficientemente pequeña para permitir una recuperación de valencia eficiente de los iones de metal de transición llevados al estado deteriorado en el catalizador SCR).

15 Los ejemplos del caso en el que el gas que no contiene NO_x fluye dentro del catalizador SCR incluyen el caso en el que sustancialmente toda la cantidad de NO_x descargado del motor 1 de combustión interna durante la operación del motor 1 de combustión interna se almacena en el catalizador NSR en la primera carcasa 3 de catalizador, y el caso en el que se ejecuta el procesamiento de corte de combustible. El caso en el que sustancialmente toda la cantidad de NO_x descargado del motor 1 de combustión interna se almacena en el catalizador NSR puede ser el caso en el que la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador en NSR es una razón aire-combustible pobre. Sin embargo, incluso cuando el gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR tiene una razón aire-combustible pobre, una parte de los NO_x que fluyen dentro del catalizador NSR tiende a deslizarse a través del catalizador NSR si la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR es relativamente grande. Por lo tanto, en la presente realización, cuando la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR es igual a o está por debajo de un límite superior especificado, y la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR es una razón aire-combustible pobre, se determina que el gas que no contiene NO_x fluye dentro del catalizador SCR. La expresión "límite superior especificado" usada en la presente memoria es un valor establecido sobre la suposición de que si la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR supera el límite superior especificado, la cantidad de NO_x más allá de la cantidad de NO_x aceptable mencionada anteriormente puede deslizarse a través del catalizador NSR. Tal límite superior especificado se predetermina basándose en el resultado de un experimento o una simulación.

Ahora, cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, el NH_3 adsorbido al ion cobre puede desorberse y fluir fuera del catalizador SCR junto con el gas. En esta ocasión, en la FIG. 8 se ilustra la relación entre la temperatura del catalizador SCR, la cantidad de iones cobre (tasa de recuperación de valencia) cuya valencia iónica se recupera por unidad de tiempo, la cantidad de NH_3 (tasa de desorción) desorbido de los iones cobre por unidad de tiempo y la cantidad (tasa de oxidación) de NH_3 oxidado por unidad de tiempo. Una línea sólida en la FIG. 8 representa la tasa de recuperación de valencia de los iones cobre. Una línea de puntos y rayas en la FIG. 8 representa la tasa de oxidación de NH_3 . Una línea de raya y dos puntos en la FIG. 8 representa la tasa de desorción de NH_3 .

40 Como se ilustra en la FIG. 8, cuando la temperatura del catalizador SCR alcanza T3 (tercera temperatura) o por encima, empieza a mostrarse la desorción del NH_3 adsorbido a los iones cobre. La tercera temperatura T3 está por encima de la temperatura (primera temperatura) T1 a la cual empieza a mostrarse la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado y por debajo de la temperatura (segunda temperatura) T2 a la cual empieza a oxidarse el NH_3 . Por consiguiente, como en la primera realización mencionada anteriormente, incluso cuando la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación se restringe por debajo de la segunda temperatura T2, la temperatura del catalizador SCR puede convertirse en la tercera temperatura T3 o por encima de ella. Cuando la temperatura del catalizador SCR se convierte en la tercera temperatura T3 o por encima de ella mientras el gas que no contiene NO_x fluye a través del catalizador SCR, el NH_3 desorbido de los iones cobre tiende a fluir fuera del catalizador SCR con el gas. Por consiguiente, incluso cuando la temperatura del catalizador SCR disminuye a la tercera temperatura T3 o por debajo de ella después de que haya terminado el procesamiento de recuperación de valencia, es menos probable que el NH_3 desorbido se re-adsorba a los iones cobre.

55 Por consiguiente, en el procesamiento de recuperación de la presente realización, la temperatura del catalizador SCR se restringe a por debajo de la tercera temperatura T3. Cuando la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación se restringe a por debajo de la tercera temperatura, es posible suprimir la situación donde el NH_3 adsorbido a los iones cobre al comienzo del procesamiento de recuperación se desorba y fluya fuera del catalizador SCR. Como resultado, cuando el gas que contiene NO_x fluye dentro del catalizador SCR después del final del procesamiento de recuperación, resulta posible reducir los NO_x en el gas de escape usando el NH_3 adsorbido.

60 En lo sucesivo en la presente memoria, se describirán procedimientos de ejecución del procesamiento de recuperación en la presente realización con referencia a la FIG. 9. La FIG. 9 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU 10 cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación. En esta ocasión, el procesamiento de recuperación se ejecuta sobre la suposición de que la cantidad de los iones cobre llevados al estado

deteriorado tras el inicio del procesamiento de recuperación es un valor estipulado (valor establecido sobre la suposición de que una cantidad máxima de iones cobre se lleva al estado deteriorado) similar al valor estipulado en la primera realización. Las etapas de procesamiento en la FIG. 9 similares a aquellas en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 se designan mediante símbolos de referencia similares. En la rutina de procesamiento de la FIG. 9, el procesamiento de S101 en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 se reemplaza con el procesamiento de S401. Adicionalmente, en la rutina de procesamiento de la FIG. 9, el procesamiento de S109 en la rutina de procesamiento de la FIG. 5 se reemplaza con el procesamiento de S402.

En primer lugar, en el procesamiento de S401, la ECU 10 determina si se satisfacen o no las condiciones de recuperación. Específicamente, si la cantidad de almacenamiento de NO_x del catalizador NSR está por debajo del límite superior especificado, y la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR es una razón aire-combustible pobre, la ECU 10 determina que se satisfacen las condiciones de recuperación. Cuando el procesamiento de corte de combustible del motor 1 de combustión interna es durante la ejecución, la ECU 10 determina también que se satisfacen las condiciones de recuperación.

Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S401, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S102 y sigue hacia adelante. Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S103, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S108. En la presente realización, cuando se opera el calentador 40 en el procesamiento de S108, puede regularse una cantidad de activación del calentador 40 según la cantidad del gas que fluye a través del catalizador SCR. Esto es, en el caso en el que la cantidad del gas que fluye a través del catalizador SCR es pequeña, la cantidad de activación del calentador 40 puede disminuir en comparación con el caso en el que la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR es grande. Esto se debe a que en el caso en el que la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR es pequeña, la cantidad de calor irradiado desde el catalizador SCR al gas disminuye en comparación con el caso en el que la cantidad de gas que fluye a través del catalizador SCR es grande, de modo que el catalizador SCR puede calentarse con una cantidad de activación más pequeña. Cuando termina la ejecución de procesamiento de S108, la ECU 10 vuelve al procesamiento de S401.

Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S105, la ECU 10 avanza al procesamiento de S402, donde se determina si la temperatura T_{scr} del catalizador SCR es o no igual o está por encima de la temperatura límite superior especificada T_{máx}'. La temperatura límite superior especificada T_{máx}' usada en la presente memoria es una temperatura obtenida restando un margen especificado de la tercera temperatura T3. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S402, la ECU 10 detiene (desconecta) el calentador 40 en el procesamiento de S110 para impedir que la temperatura T_{scr} del catalizador SCR aumente a la tercera temperatura T3 o por encima de ella. Cuando se termina la ejecución del procesamiento de S110, la ECU 10 vuelve al procesamiento de S402. Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S402, la ECU 10 mantiene el procesamiento de S110 y vuelve al procesamiento de S401.

Cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación en tal procedimiento, la recuperación de valencia de los iones cobre en el estado deteriorado puede realizarse incluso mientras el gas fluye a través del catalizador SCR. Según los procedimientos indicados anteriormente, resulta posible realizar el procesamiento de recuperación dos o más veces durante un viaje. Como consecuencia, es fácil mantener que la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado sea pequeña. Como resultado, resulta fácil mantener el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR a un rendimiento deseado o mayor, e implementar una reducción continua de NO_x mediante el catalizador SCR.

En la presente realización, el calentador 40 se controla de manera que la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación no alcanza la tercera temperatura o por encima de ella. Sin embargo, la cantidad de NH₃ adsorbido a los iones de metal de transición pueden considerarse como sustancialmente cero, cuando la temperatura del catalizador SCR en el momento cuando se inicia el procesamiento de recuperación es la tercera temperatura o por encima de ella. Por consiguiente, la temperatura del catalizador SCR durante el procesamiento de recuperación puede elevarse a la segunda temperatura o por encima de ella, siendo la segunda temperatura mayor que la tercera temperatura. En esta ocasión, el período de ejecución del procesamiento de recuperación puede acortarse aún más. Como resultado, la cantidad de iones cobre en el estado deteriorado puede reducirse de forma más fiable en un período relativamente corto, tal como en el procesamiento de corte de combustible.

Además, inmediatamente después de que la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR cambia de la razón aire-combustible rica a la razón aire-combustible pobre, tal como inmediatamente después del final de la regeneración S que es el procesamiento para eliminar el azufre que envenena el catalizador NSR, e inmediatamente después del final del procesamiento de enriquecimiento, que es el procesamiento para reducir y eliminar los NO_x almacenado en el catalizador NSR, el O₂ en el gas de escape se almacena en el catalizador NSR debido a la capacidad de almacenamiento de oxígeno (OSC) del catalizador NSR. Como resultado, la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador SCR puede convertirse en una razón aire-combustible en las proximidades de la razón aire-combustible estequiométrica. Cuando el procesamiento de recuperación se realiza en tales circunstancias, se reduce el O₂ necesario para la recuperación de valencia de los iones cobre llevados al estado deteriorado, lo que puede hacer difícil recuperar eficientemente la valencia iónica de los iones cobre en el estado deteriorado. Por lo tanto, inmediatamente después del cambio de la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro del catalizador NSR de la razón aire-combustible rica a la razón aire-combustible pobre, tal como

inmediatamente después del final de la regeneración de S e inmediatamente después del final del procesamiento de enriquecimiento, puede estar prohibida la ejecución del procesamiento de recuperación.

Modificación de la disposición de ejemplo

5 En la disposición de ejemplo descrita en lo anterior, se ha dado la descripción del ejemplo de la ejecución del procesamiento de recuperación sobre la suposición de que la cantidad de los iones cobre en el estado deteriorado en el momento cuando se satisfacen las condiciones de recuperación es una cantidad fija predeterminada (el valor estipulado). Sin embargo, el procesamiento de recuperación puede ejecutarse basándose en la cantidad (cantidad de recuperación requerida) de los iones cobre llevados al estado deteriorado en el momento cuando se satisfacen las condiciones de recuperación.

10 En lo sucesivo en la presente memoria, se describirán procedimientos de ejecución del procesamiento de recuperación en la presente modificación con referencia a la FIG. 10. La FIG. 10 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de procesamiento ejecutada por la ECU 10 cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación. Las etapas de procesamiento en la FIG. 10 similares a aquellas en la rutina de procesamiento de la FIG. 9 se designan mediante símbolos de referencia similares. En la rutina de procesamiento de la FIG. 10, el procesamiento de S501 a S503 se ejecuta antes del procesamiento de S401 en la rutina de procesamiento de la FIG. 9. En la rutina de procesamiento de la FIG. 10, el procesamiento de S105 en la rutina de procesamiento de la FIG. 9 se reemplaza con el procesamiento de S504 a S505.

20 En primer lugar, en el procesamiento de S501, la ECU 10 lee la cantidad de iones cobre (cantidad de recuperación requerida) ΣAcu^+ llevados al estado deteriorado en ese momento. La cantidad de recuperación requerida, ΣAcu^+ , se almacena en la RAM de respaldo cuando se ejecuta el procesamiento similar a la rutina de procesamiento de la FIG. 6 descrita anteriormente.

25 En el procesamiento de S502, la ECU 10 determina si la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ leída en el procesamiento de S501 es o no igual a o está por encima de un umbral especificado Aumb' . El umbral especificado Aumb' usado en la presente memoria es la cantidad proporcionada sobre la suposición de que el rendimiento de reducción de NO_x del catalizador SCR se convierte en un rendimiento deseado o superior, y se consigue la reducción continua de NO_x mediante el catalizador de SCR, incluso cuando los NO_x fluyen dentro del catalizador SCR mientras que una cantidad de iones cobre menor que el umbral especificado Aumb' se llevan al estado deteriorado. Cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S502, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S106 y S107 secuencialmente, y termina la ejecución de la presente rutina de procesamiento. Esto es, el procesamiento de recuperación no se ejecuta cuando se realiza una determinación negativa en el procesamiento de S502. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S502, la ECU 10 avanza al procesamiento de S503.

30 En el procesamiento de S503, la ECU 10 establece un valor estipulado Cs' usado en el procesamiento descrito anteriormente de S504 usando como parámetro la cantidad de recuperación requerida, ΣAcu^+ , leída en el procesamiento de S501. Específicamente, la ECU 10 establece el valor estipulado Cs' en un valor idéntico a la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ . Como alternativa, el valor estipulado Cs' puede ajustarse a un valor obtenido restando el umbral especificado Aumb' de la cantidad de recuperación requerida ΣAcu^+ .

40 La ECU 10 ejecuta el procesamiento de S401, S102, S103 secuencialmente después de ejecutar el procesamiento de S503. En esta ocasión, cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S103, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S104 y el procesamiento de S504 secuencialmente. En el procesamiento de S504, la ECU 10 determina si el valor del contador C es o no igual a o está por encima del valor estipulado Cs' establecido en el procesamiento de S503. Cuando se realiza una determinación positiva en el procesamiento de S504, la ECU 10 avanza al procesamiento de S505, donde el valor de ΣAcu^+ almacenado en la RAM de respaldo se reinicializa a "cero". Después, la ECU 10 ejecuta el procesamiento de S106 y el procesamiento de S107 secuencialmente, de modo que se termina el procesamiento de recuperación.

45 Cuando se ejecuta el procesamiento de recuperación a lo largo de tales procedimientos, el periodo (periodo prescrito) en el cual el calentador 40 mantiene el catalizador SCR a o por encima de la primera temperatura T1 se cambia según la cantidad de iones cobre (cantidad de recuperación requerida) ΣAcu^+ llevados al estado deteriorado en el momento cuando se satisfacen las condiciones de recuperación. Como resultado, resulta posible conseguir la recuperación de valencia de sustancialmente toda la cantidad de los iones cobre llevados al estado deteriorado, mientras se mantiene el consumo de potencia del calentador 40 al mínimo necesario. Cuando la cantidad de recuperación requerida, ΣAcu^+ , está por debajo del umbral especificado Aumb' , no se ejecuta el procesamiento de recuperación. Por consiguiente, puede suprimirse también la operación innecesaria del calentador 40.

55 En la realización y el ejemplo descritos en lo anterior, se han descrito ejemplos de uso de iones cobre como los iones de metal de transición soportados por el catalizador SCR. Sin embargo, cuando los iones hierro están soportados sobre el catalizador SCR, el procesamiento de recuperación puede ejecutarse por el mismo método. En el catalizador SCR que incluye iones hierro, el NH_3 adsorbido a los iones hierro (Fe^{3+}) que tienen una valencia iónica (3+) que es necesaria para la reducción de NO_x reacciona con los NO_x en el gas de escape, de modo que la valencia de los iones hierro disminuye de 3+ a 2+. Los iones hierro (Fe^{2+}) llevados al estado deteriorado de este modo se vuelven a oxidar

5 cuando los iones hidrógeno (H^+) adsorbidos a los iones hierro reaccionan con oxígeno ($1/4O_2$) de modo que la valencia iónica de los iones hierro se recupera a la valencia iónica ($3+$) necesaria para la reducción de NO_x . Por lo tanto, cuando el procesamiento de recuperación se ejecuta en el catalizador SCR que soporta los iones cobre mientras los NO_x no fluyen dentro del catalizador SCR y el O_2 está presente en el catalizador SCR, puede conseguirse la recuperación de valencia de sustancialmente toda la cantidad de iones hierro llevados al estado deteriorado. Sin embargo, puesto que la temperatura que provoca que se muestre recuperación de valencia de los iones hierro está por encima de la temperatura que provoca que se muestre recuperación de valencia de los iones cobre (por ejemplo, aproximadamente $300^\circ C$), puede ajustarse en consecuencia la temperatura diana T_{trg} . La realización de la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de purificación del gas de escape para un motor (1) de combustión interna, comprendiendo el aparato de purificación del gas de escape:

5 un catalizador de reducción catalítica selectiva dispuesto en un conducto (2) de escape del motor (1) de combustión interna, incluyendo el catalizador de reducción catalítica selectiva iones de metal de transición para reducir los NO_x en el gas de escape con NH₃ como agente reductor;

un calentador (40) configurado para calentar el catalizador de reducción catalítica selectiva; y

una unidad (10) de control electrónico configurada para

determinar la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva, y

10 ejecutar el procesamiento de recuperación cuando los NO_x no fluyen dentro del catalizador de reducción catalítica selectiva y la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva está por debajo de una primera temperatura, que es una temperatura que provoca que se muestre la recuperación de valencia de los iones de metal de transición, en donde la recuperación de valencia se refiere a la recuperación de la valencia iónica de los iones de metal de transición a la valencia necesaria para la reducción de los NO_x mediante reoxidación de los iones de metal de transición, siendo el procesamiento de recuperación un procesamiento para controlar el calentador (40) de modo que se caliente el catalizador de reducción catalítica selectiva hasta la primera temperatura o por encima de ella, y mantener el catalizador de reducción catalítica selectiva a o por encima de la primera temperatura durante un periodo prescrito; y

20 en donde la unidad (10) de control electrónico está configurada para ejecutar el procesamiento de recuperación con la parada del motor (1) de combustión interna como un desencadenante.

2. El aparato de purificación del gas de escape según la reivindicación 1, en donde

25 la unidad de control electrónico está configurada para controlar el calentador de modo que la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva durante la ejecución del procesamiento de recuperación resulta igual a o por encima de la primera temperatura y por debajo de una segunda temperatura, siendo la segunda temperatura una temperatura que provoca que se muestre la oxidación de NH₃.

3. El aparato de purificación del gas de escape según la reivindicación 2, en donde la unidad de control electrónico está configurada para

30 controlar el calentador de modo que la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva durante la ejecución del procesamiento de recuperación resulta igual a o por encima de la primera temperatura y por debajo de la segunda temperatura, cuando la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva tras la parada del motor de combustión interna está por debajo de una tercera temperatura, y

35 controlar el calentador de modo que la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva durante la ejecución del procesamiento de recuperación se haga igual a o por encima de la segunda temperatura, cuando la temperatura del catalizador de reducción catalítica selectiva tras la parada del motor de combustión interna es igual a o por encima de la tercera temperatura, y

la tercera temperatura es una temperatura por debajo de la segunda temperatura, causando la tercera temperatura que se muestre la desorción de NH₃.

4. El aparato de purificación del gas de escape según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde

la unidad de control electrónico está configurada para

40 estimar una cantidad de recuperación requerida que es una cantidad de los iones de metal de transición que necesitan recuperación de valencia, entre los iones de metal de transición incluidos en el catalizador de reducción catalítica selectiva, y

45 ejecutar el procesamiento de recuperación de modo que en un caso en el que la cantidad de recuperación requerida sea pequeña, el periodo prescrito se acorta en comparación con un caso en el que la cantidad de recuperación requerida es grande.

5. El aparato de purificación del gas de escape según la reivindicación 4, en donde

la unidad de control electrónica está configurada para no ejecutar el procesamiento de recuperación cuando la cantidad de recuperación requerida estimada está por debajo de un umbral especificado.

FIG. 1

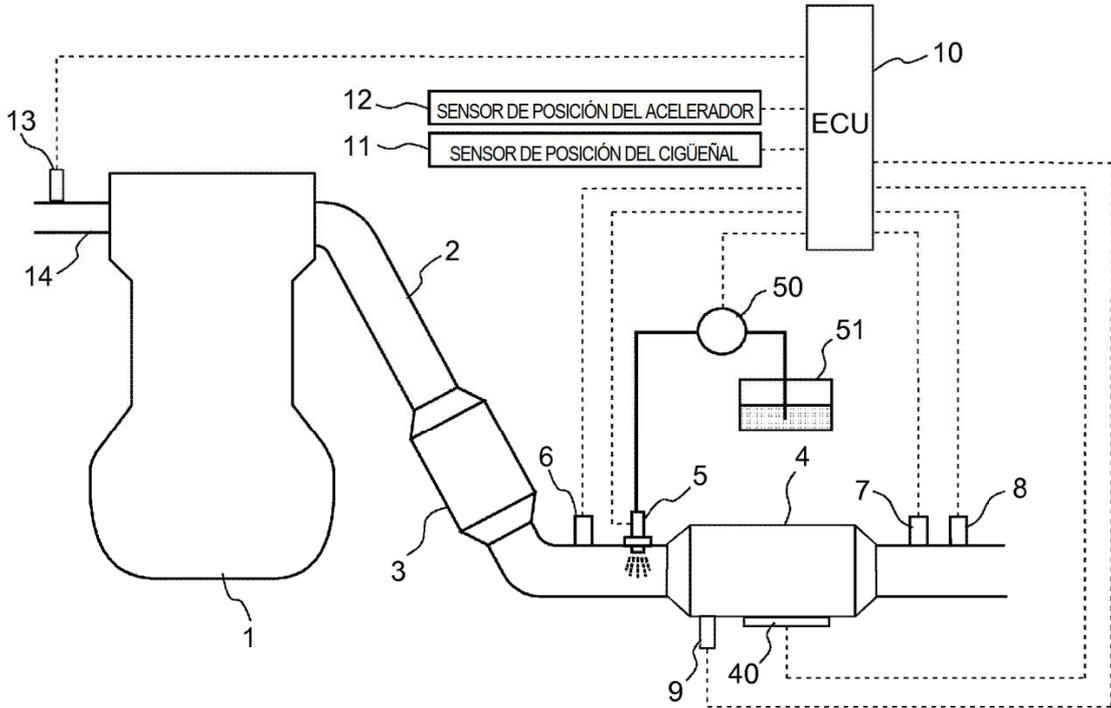


FIG. 2

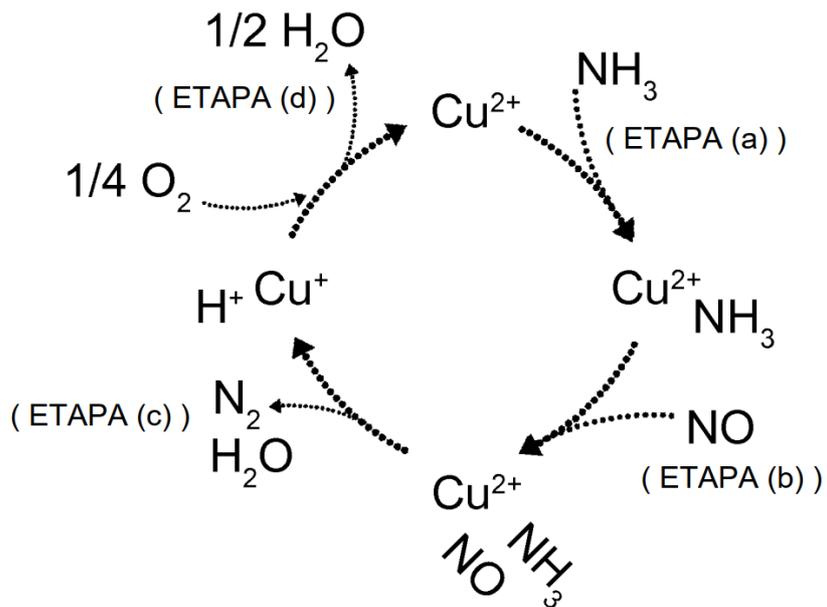


FIG. 3

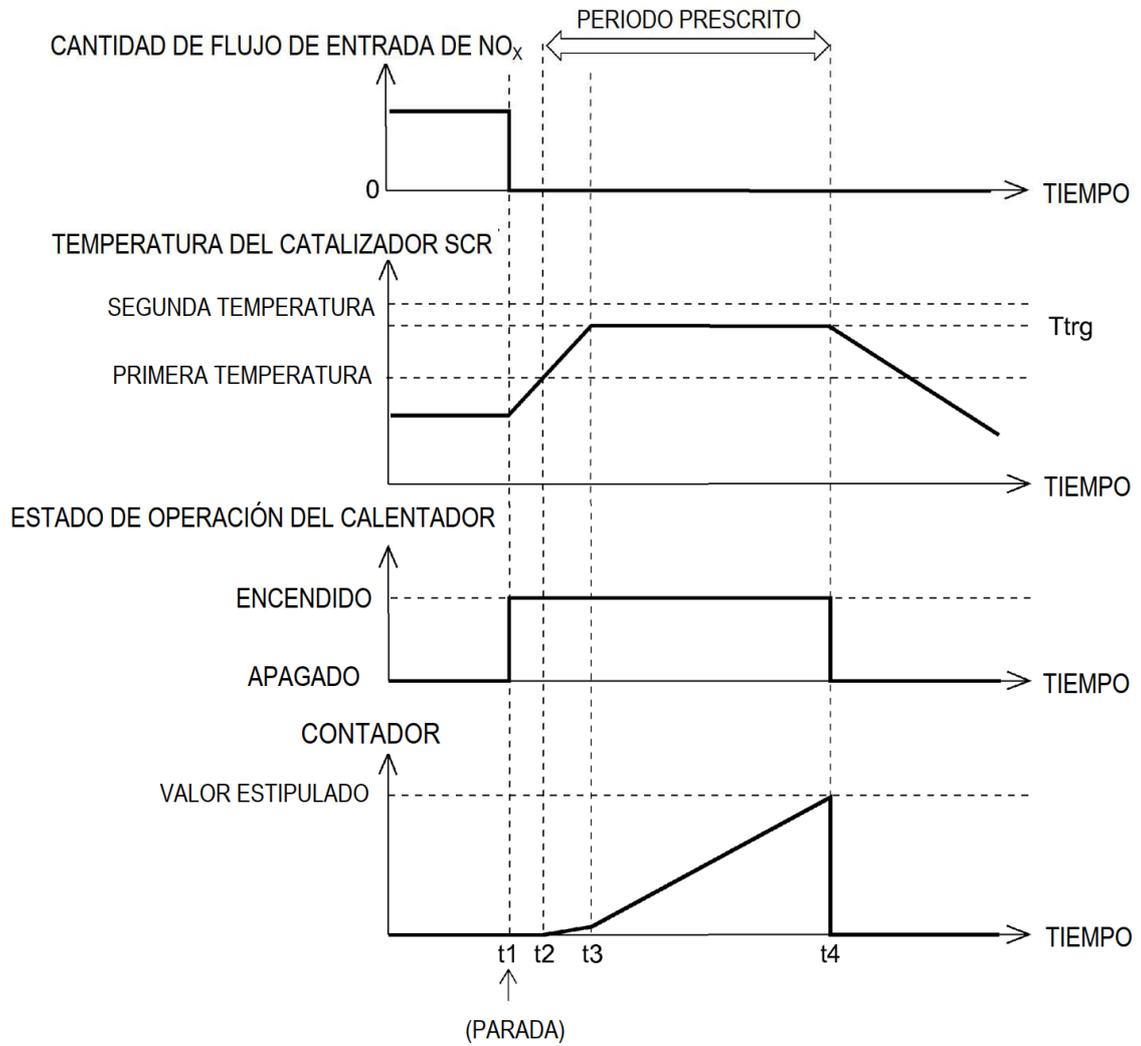


FIG. 4

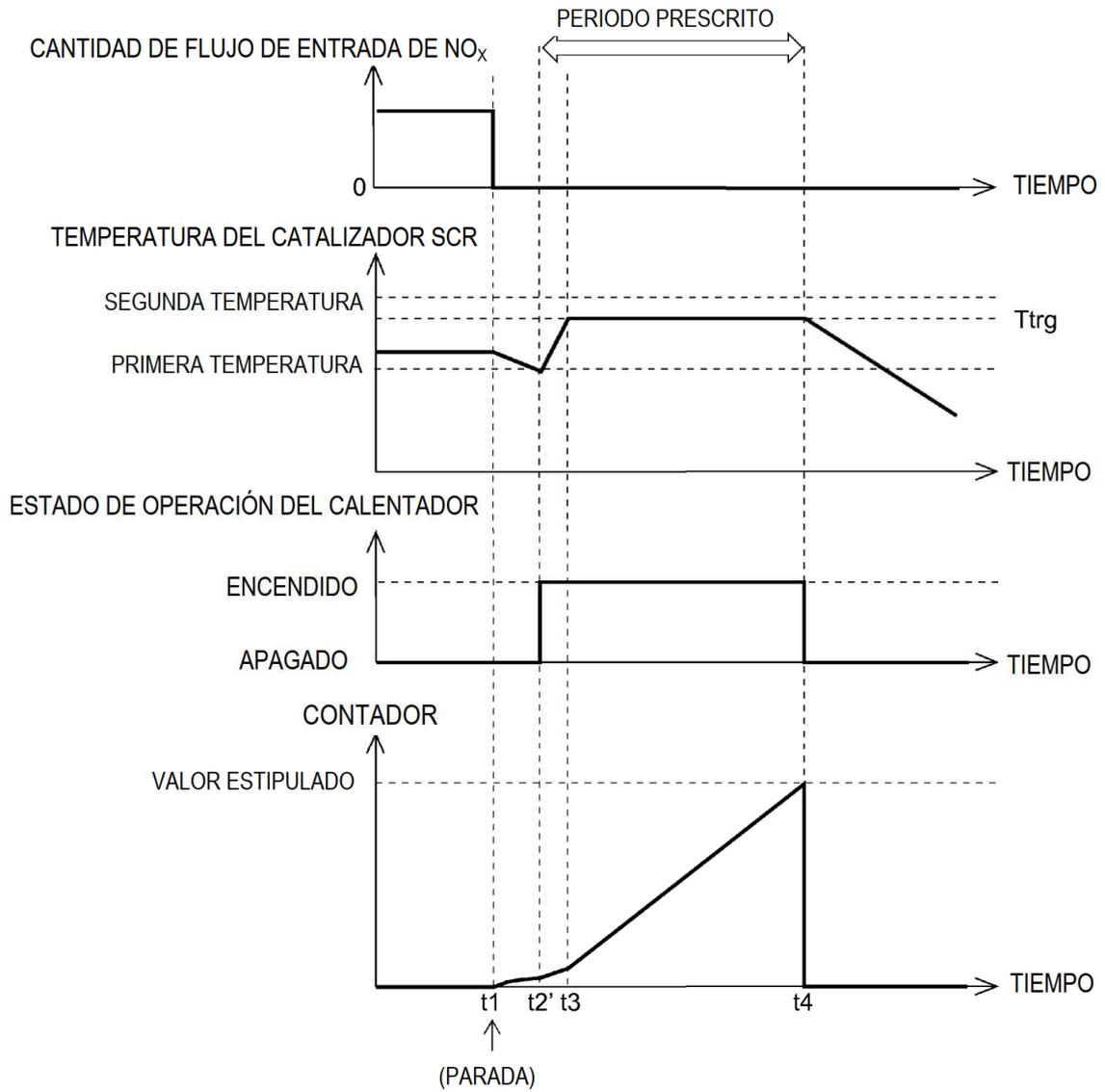


FIG. 5

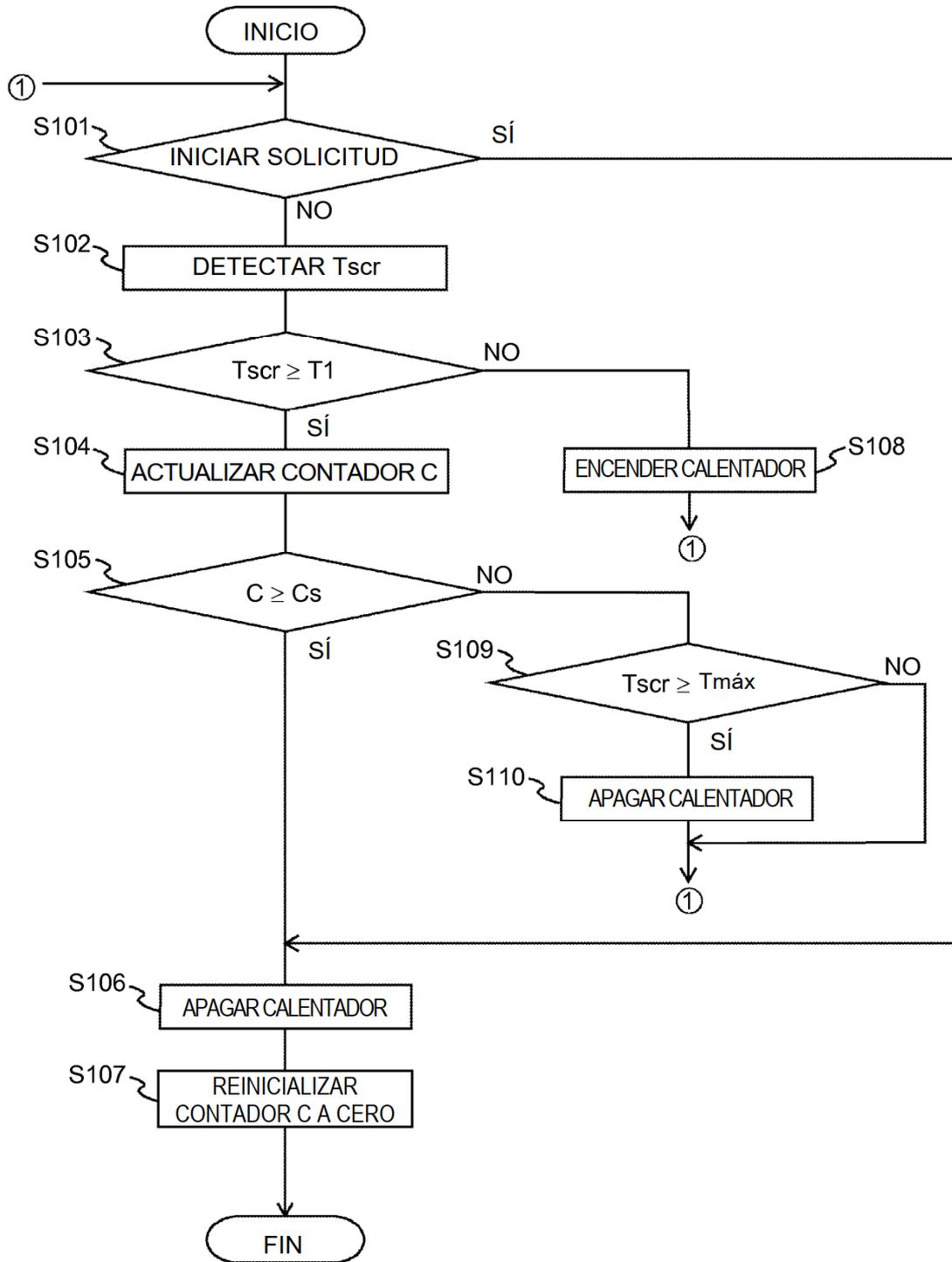


FIG. 6

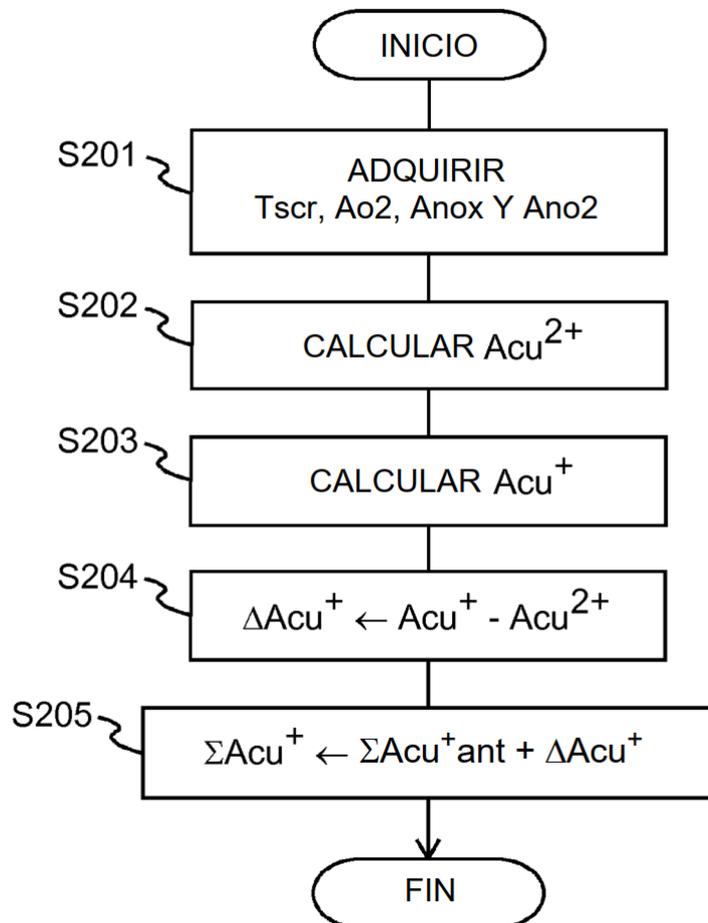


FIG. 7

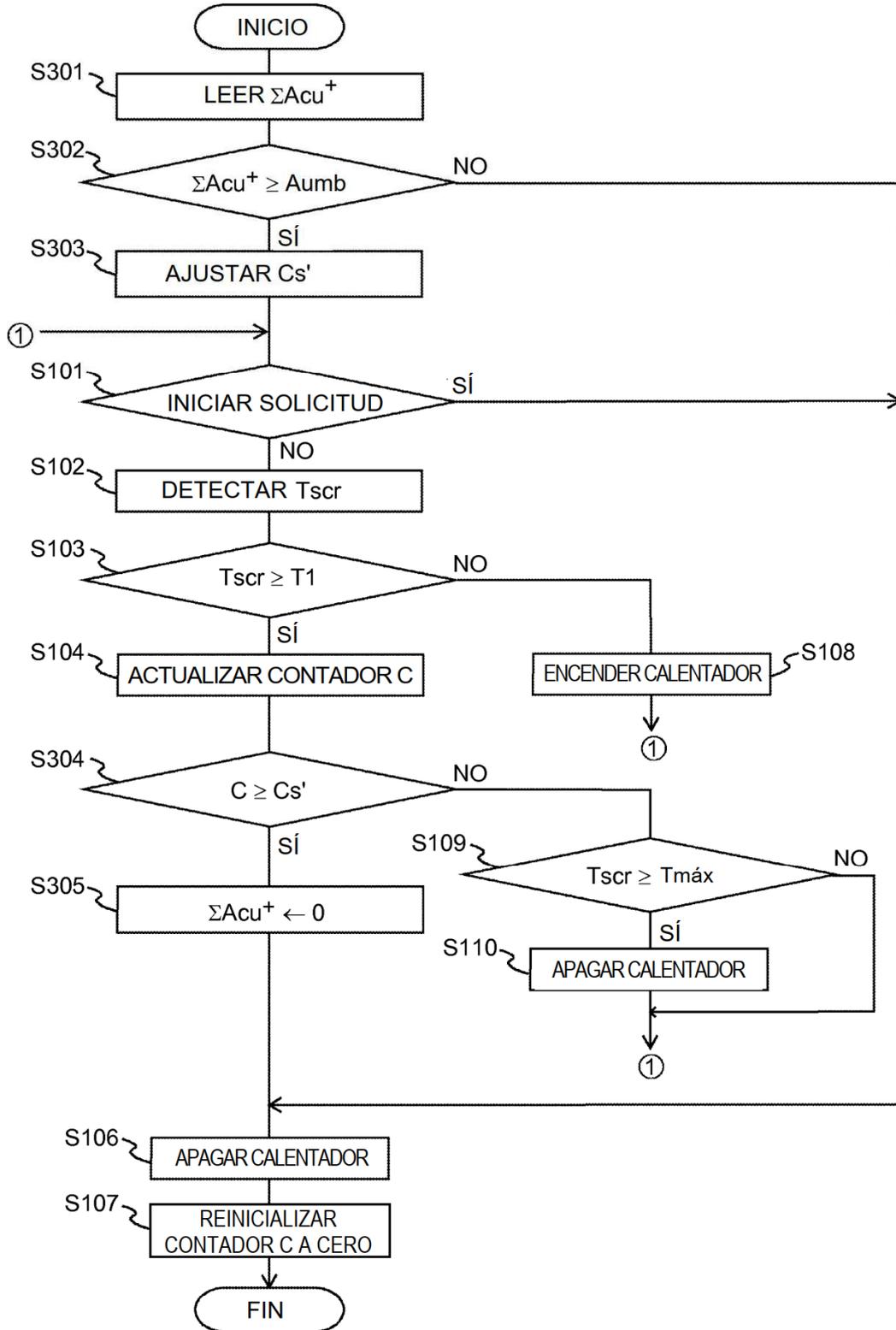


FIG. 8

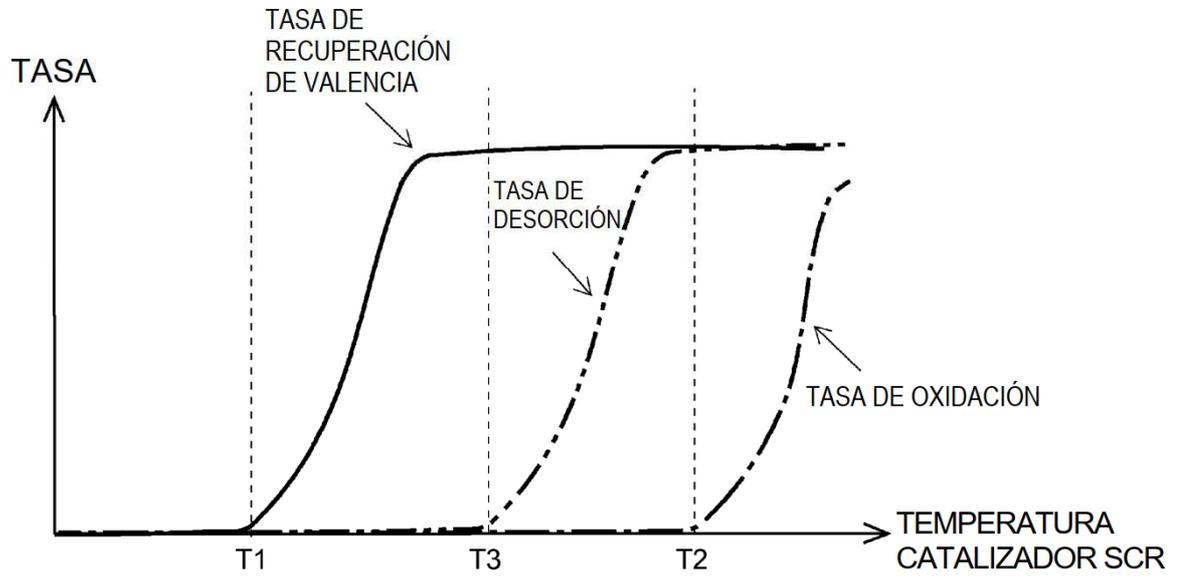


FIG. 9

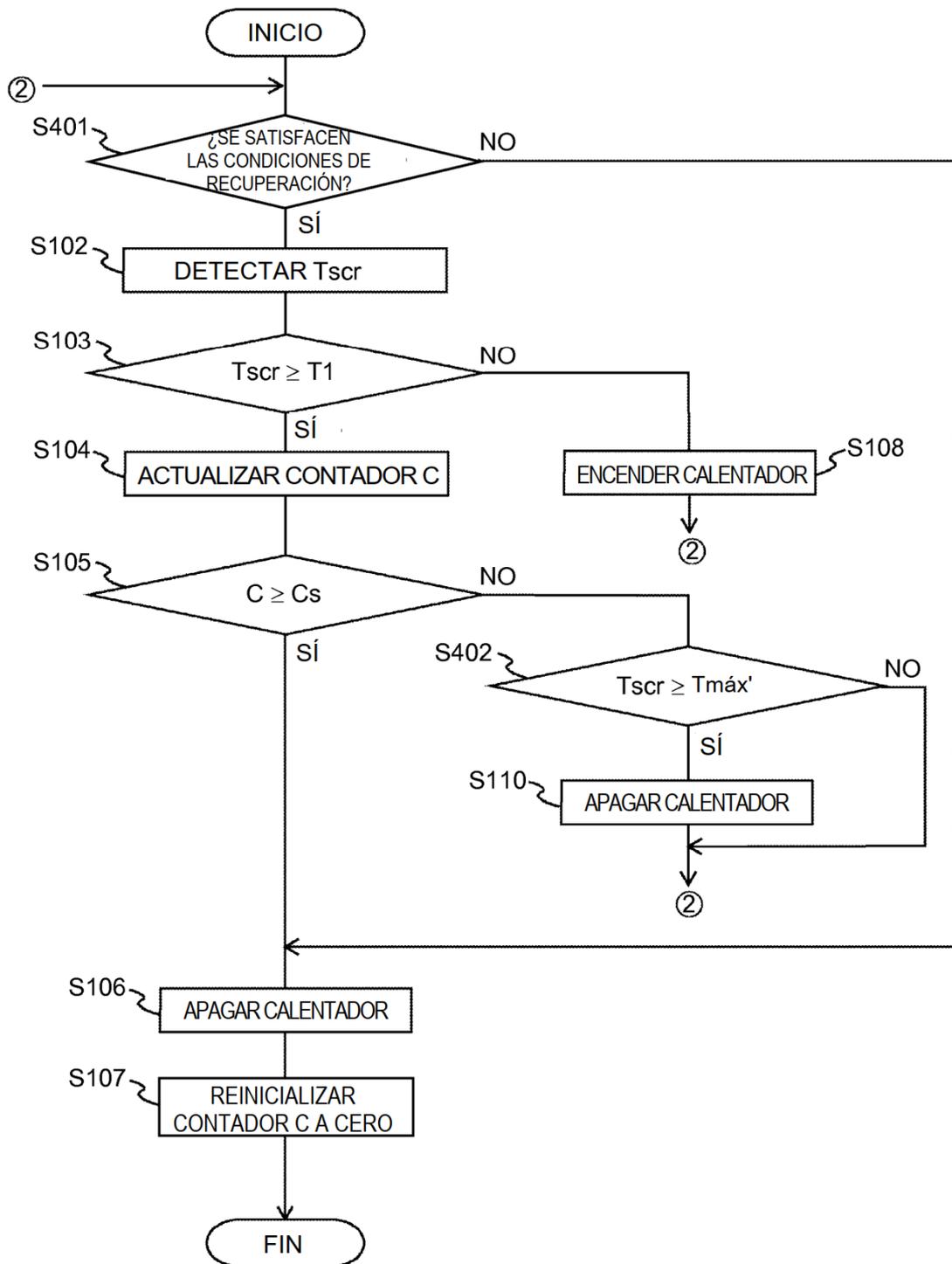


FIG. 10

