

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 595**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/94** (2006.01)

**F01N 3/30** (2006.01)

**F01N 3/28** (2006.01)

**F01N 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2009 E 09176627 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2233197**

54 Título: **Vehículo de tipo para montar a horcajadas**

30 Prioridad:

**25.03.2009 JP 2009074888**

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

**20.03.2014**

73 Titular/es:

**YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA  
(100.0%)**

**2500 Shingai Iwata-shi  
Shizuoka-ken 438-8501, JP**

72 Inventor/es:

**ITOU, YUTAKA y  
MOROZUMI, NAOHIRO**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 449 595 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**

Vehículo de tipo para montar a horcajadas

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

1. Campo de la invención:

5 La presente invención se refiere a un vehículo de tipo para montar a horcajadas tal como una motocicleta o similar, y más particularmente a un vehículo de tipo para montar a horcajadas que incluye un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica (es decir, una relación aire/combustible del lado rico en combustible).

2. Descripción de la técnica relacionada:

10 Para la depuración del gas de combustión (gas de escape) descargado desde un motor de un vehículo a motor, se usan ampliamente catalizadores de tres vías. Un catalizador de tres vías reduce u oxida CO (monóxido de carbono), HC (hidrocarburo) y NO<sub>x</sub> (un óxido de nitrógeno) contenidos en el gas de escape para dar agua, dióxido de carbono y nitrógeno.

15 Para realizar eficazmente la reducción u oxidación usando un catalizador de tres vías, es preferible producir la combustión a una relación aire/combustible a la que el combustible y el aire se someten a combustión sin estar en exceso ni en escasez (denominado "relación aire/combustible estequiométrica"). Para este fin, se ha propuesto un sistema de detección de la concentración de oxígeno en el gas de escape mediante un sensor de oxígeno y realización de un control por realimentación sobre la cantidad del combustible que va a inyectarse basándose en la concentración de oxígeno detectada de manera que la relación aire/combustible es la relación aire/combustible estequiométrica.

20 Sin embargo, un motor proporciona una mayor potencia cuando produce la combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica (es decir, una relación aire/combustible del lado rico en combustible). Por este motivo, cuando la cantidad del combustible que va a inyectarse se controla de manera que la relación aire/combustible es siempre la relación aire/combustible estequiométrica, puede no obtenerse una potencia de motor lo suficientemente alta con un vehículo de tipo para montar a horcajadas tal como una motocicleta, que tiene una menor cilindrada que la de un automóvil de cuatro ruedas. Además, para realizar un control por realimentación preciso, es necesario generar gas mezclado mediante un sistema de inyección (inyección de combustible) en vez de un sistema de carburador usado ampliamente en la actualidad para motocicletas. Un uso de este tipo de un sistema de inyección aumenta el coste de producción.

25 El documento de publicación internacional n.º 2004/113696 propone un sistema de depuración de gas de escape para un motor que produce combustión a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. La figura 10 muestra un sistema 200 de depuración de gas de escape dado a conocer en el documento de publicación internacional n.º 2004/113696.

30 Tal como se muestra en la figura 10, el sistema 200 de depuración de gas de escape incluye un motor 201 y un tubo 207 de escape conectado a una lumbrera de escape del motor 201. En el tubo 207 de escape, están previstos un primer catalizador 202A y un segundo catalizador 202B ubicados aguas abajo con respecto al primer catalizador 202A. Un tubo 203 de introducción de aire secundario para introducir aire secundario está conectado en una parte del tubo 207 de escape, estando la parte entre el primer catalizador 202A y el segundo catalizador 202B. El primer catalizador 202A y el segundo catalizador 202B tienen, por ejemplo, los mismos componentes que un catalizador de tres vías conocido.

35 En el sistema 200 de depuración de gas de escape, el motor 201 se acciona a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. El gas de escape descargado desde el motor 201 entra en contacto en primer lugar con el primer catalizador 202A. Un catalizador de tres vías proporciona una alta relación de depuración de NO<sub>x</sub> con una relación aire/combustible del lado rico en combustible. Por tanto, se elimina NO<sub>x</sub> en el gas de escape por el primer catalizador 202A hasta que se logra una relación de depuración final requerida. En este punto, también se eliminan parcialmente CO y HC en el gas de escape.

40 A continuación, el aire secundario introducido desde el tubo 203 de introducción de aire secundario se mezcla con el gas de escape que ha pasado el primer catalizador 202A, y por tanto la relación aire/combustible del gas de escape se cambia a un lado pobre en combustible. Mediante el gas de escape de una relación aire/combustible del lado pobre en combustible que entra en contacto con el segundo catalizador 202B, se eliminan ahora CO y HC en el gas de escape que no se han eliminado.

45 Este sistema produce en primer lugar el gas de escape para que entre en contacto con el primer catalizador 202A bajo una atmósfera reductora para eliminar principalmente NO<sub>x</sub> y entonces produce el gas de escape para que entre en

contacto con el segundo catalizador 202B bajo una atmósfera oxidante para eliminar el CO y HC restantes. Por tanto, pueden eliminarse CO, HC y NO<sub>x</sub> en el gas de escape de manera sumamente eficaz.

El sistema 200 de depuración de gas de escape descrito en el documento de publicación internacional n.º 2004/113696 permite que la relación aire/combustible del gas mezclado suministrado al motor 201 sea menor que la relación aire/combustible estequiométrica (es decir, que se fije en el lado rico en combustible). Por tanto, puede mejorarse la potencia de motor de un vehículo de tipo para montar a horcajadas que tiene una cilindrada relativamente pequeña para potenciar la capacidad de conducción del mismo. Además, este sistema funciona de manera suficiente con el sistema de carburador usado para generar gas mezclado, lo que es ventajoso con respecto al sistema de inyección en cuanto al coste.

10 Sin embargo, como resultado de estudios detallados, los presentes inventores hallaron que con el sistema dado a conocer en el documento de publicación internacional n.º 2004/113696, NO<sub>x</sub> se reduce parcialmente por el primer catalizador 202A para dar amoniaco (NH<sub>3</sub>) en vez de nitrógeno (N<sub>2</sub>) tal como se describe en detalle más adelante. El NH<sub>3</sub> generado se oxida por el segundo catalizador 202B para generar NO<sub>x</sub>. Por tanto, en la actualidad, la razón de depuración de NO<sub>x</sub> no puede hacerse que sea lo suficientemente alta.

15 El documento US 2006/101813 A1 da a conocer un dispositivo de silenciador con catalizadores para mejorar la purificación de gas de escape de óxidos de nitrógeno dentro de un tubo de escape de una motocicleta. El dispositivo de silenciador comprende un silenciador dividido en tres cámaras, una primera cámara, una segunda cámara y una tercera cámara, un tubo de escape delantero, un catalizador de reducción delantero, un tubo de escape trasero dotado de una entrada de aire secundario detrás del catalizador de reducción para introducir aire secundario en el mismo. De ese modo, el gas de escape procedente de un motor con relación aire-combustible de menos de o igual a 14,7 pasará en primer lugar el catalizador de reducción para tener sus óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) invertidos eficazmente en nitrógeno y una escasa cantidad de oxígeno, y luego se añadirá aire secundario al gas de escape de modo que se aumente su relación aire-combustible hasta mayor que 14,7, y finalmente el gas de escape pasará el catalizador de oxidación para tener su monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) invertidos eficazmente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O).

20 El documento US 2008/292519 A1 da a conocer catalizadores, métodos y sistemas para tratar corrientes de escape de motores diésel. El catalizador comprende platino, un segundo metal de uno de los grupos VB, VIIB, VIIIB, VIIIIB, IB o IIB de la tabla periódica, un óxido metálico refractario y una zeolita, siendo ya el catalizador de oxidación eficaz para eliminar amoniaco a temperaturas de menos de aproximadamente 300°C y no presentando una disminución significativa en la eficacia de oxidación de amoniaco tras envejecimiento hidrotermal. Un aspecto del método incluye hacer pasar en primer lugar una corriente de escape del motor de un vehículo a través de un catalizador de disminución de NO<sub>x</sub>, y hacer pasar la corriente de escape que sale del catalizador de disminución de NO<sub>x</sub> y que contiene amoniaco a través del catalizador de oxidación de amoniaco.

30 El documento WO 2008036908 A2 da a conocer sistemas de tratamiento de emisiones para corrientes de escape de motores de combustión interna, que reducen el contenido en monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno en la corriente de escape de un motor de combustión interna ajustado a una razón de combustión rica. Un sistema comprende un catalizador de oxidación de amoniaco, un suministro de aire complementario aguas arriba del catalizador de oxidación de amoniaco y para proporcionar una razón de combustión pobre, y al menos un catalizador de tres vías. Otro sistema comprende además un segundo catalizador de tres vías ubicado en la corriente de escape.

#### 40 **SUMARIO DE LA INVENCION**

La presente invención se ha realizado en vista de los problemas anteriores, y un objetivo de la misma es mejorar la relación de depuración de NO<sub>x</sub> en un vehículo de tipo para montar a horcajadas que incluye un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica.

45 Un vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención comprende: un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica; un primer catalizador previsto en una trayectoria de escape en la que se descarga el gas de combustión procedente del motor de combustión interna; un segundo catalizador previsto en la trayectoria de escape aguas abajo con respecto al primer catalizador; y un dispositivo de introducción de aire secundario para introducir aire secundario en una parte de la trayectoria de escape, estando la parte entre el primer catalizador y el segundo catalizador, en el que, el primer catalizador y el segundo catalizador contienen cada uno un componente de metal precioso que contiene al menos uno de Pt, Rh, Pd y Au; y el primer catalizador contiene además un soporte de zeolita y estando soportado Co o Fe sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.

50 En una realización preferida, la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es igual a o mayor que el doble la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.

En una realización preferida, la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es del 25% en peso o menos.

En una realización preferida, la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es del 20% en peso o menos.

En una realización preferida, el primer catalizador contiene Rh en una cantidad soportada de 0,2 g/l o más.

5 En una realización preferida, el motor de combustión interna produce combustión a una relación aire/combustible de no menos de 12,5 y no más de 14,5.

En una realización preferida, el vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención comprende además un silenciador, en el que el primer catalizador y el segundo catalizador están ubicados en el silenciador.

En una realización preferida, el primer catalizador está alejado del motor de combustión interna en 500 mm o más a lo largo de la trayectoria de escape.

10 Un vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención incluye, en una trayectoria de escape, un primer catalizador y un segundo catalizador previsto aguas abajo con respecto al primer catalizador, y también incluye un dispositivo de introducción de aire secundario para introducir aire secundario en una parte de la trayectoria de escape, estando la parte entre el primer catalizador y el segundo catalizador. El gas de combustión (gas de escape) descargado desde el motor de combustión interna, que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica, entra en contacto en primer lugar con el primer catalizador y, tras mezclarse con el aire secundario introducido por el dispositivo de introducción de aire secundario, entra en contacto con el segundo catalizador. El primer catalizador y el segundo catalizador contienen cada uno un componente de metal precioso que contiene al menos uno de Pt, Rh, Pd y Au. Por tanto, NO<sub>x</sub>, se eliminan en primer lugar una parte de CO y una parte de HC en el gas de escape por el primer catalizador, y luego se eliminan el CO y HC restantes por el segundo catalizador. El primer catalizador del vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención contiene Co o Fe y un soporte de zeolita que soporta Co o Fe. Co y Fe funcionan como catalizadores para descomponer amoníaco (NH<sub>3</sub>). El soporte de zeolita funciona no sólo como soporte de Co y Fe, sino también como promotor cuando se descompone amoníaco. Por tanto, puesto que el primer catalizador incluye un componente de descomposición de amoníaco, puede descomponerse el NH<sub>3</sub> generado por el componente de metal precioso en el primer catalizador como resultado de la descomposición de NO<sub>x</sub>, y así puede suprimirse la generación de NO<sub>x</sub> por el segundo catalizador. Por tanto, según la presente invención, puede mejorarse la relación de depuración de NO<sub>x</sub>. Además, según la presente invención, puesto que está soportado Co o Fe, que es un componente de descomposición de amoníaco, sobre un soporte de zeolita en una cantidad mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico, Co o Fe está presente en el soporte de zeolita en un estado cerivalente sumamente activo. Como resultado, la relación de depuración de NO<sub>x</sub> se mejora adicionalmente. Puesto que el motor de combustión interna del vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica (es decir, a una relación aire/combustible del lado rico en combustible), se obtiene una alta potencia y se mejora la capacidad de conducción. Por tanto, el vehículo de tipo para montar a horcajadas según la presente invención es magnífico tanto en el comportamiento de marcha como en el comportamiento medioambiental.

La presente invención puede mejorar la relación de depuración de NO<sub>x</sub> en un vehículo de tipo para montar a horcajadas que incluye un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica.

40 Otras características, elementos, procedimientos, etapas, características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[Figura 1] Un diagrama que muestra esquemáticamente la construcción de un sistema de depuración de gas de escape incluido en un vehículo de tipo para montar a horcajadas en una realización preferible de la presente invención.

45 [Figura 2] Un diagrama que muestra esquemáticamente la estructura de una zeolita.

[Figura 3] Una gráfica que muestra una relación entre la cantidad de Co soportado sobre un soporte de zeolita y la cantidad generada de NO<sub>x</sub>.

50 [Figura 4] Un diagrama que muestra esquemáticamente cómo puede soportarse Co sobre un soporte de zeolita, en el caso en el que la cantidad soportada de Co es igual a o menor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.

[Figura 5] Un diagrama que muestra esquemáticamente cómo puede soportarse Co sobre un soporte de zeolita, en el caso en el que la cantidad soportada de Co es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.

5 [Figura 6] Una gráfica que muestra una relación entre la cantidad soportada de Co (% en peso) sobre un soporte de zeolita y una relación de depuración de NO<sub>x</sub>, con respecto a los ejemplos 1 a 4 y los ejemplos comparativos 1 y 2.

[Figura 7] Una gráfica que muestra una relación entre la concentración de NO<sub>x</sub>, la concentración de NH<sub>3</sub>, y la temperatura de un primer catalizador en gas de escape que ha pasado el primer catalizador.

[Figura 8] Un diagrama que muestra esquemáticamente la construcción de un sistema de depuración de gas de escape incluido en un vehículo de tipo para montar a horcajadas según una realización preferible de la presente invención.

10 [Figura 9] Un diagrama que muestra un ejemplo de una motocicleta que incluye un sistema de depuración de gas de escape tal como se muestra en la figura 1 o la figura 8.

[Figura 10] Un diagrama que muestra esquemáticamente la construcción de un sistema de depuración de gas de escape convencional.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

15 A continuación en el presente documento, se describirán realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Obsérvese que la presente invención no se limita a las siguientes realizaciones.

La figura 1 muestra esquemáticamente la construcción de un sistema de depuración de gas de escape incluido en un vehículo de tipo para montar a horcajadas en la presente realización. Tal como se muestra en la figura 1, el vehículo de tipo para montar a horcajadas en esta realización incluye un motor 1 de combustión interna, un primer catalizador 2A y un segundo catalizador 2B, y un dispositivo 3 de introducción de aire secundario.

20 El motor de combustión interna (normalmente, motor de gasolina) 1 produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica. Puesto que la combustión se produce a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica, es decir, una relación aire/combustible del lado rico en combustible, se obtiene una mayor potencia que en el caso en el que la combustión se produce a la relación aire/combustible estequiométrica. Normalmente, la combustión se produce a una relación aire/combustible de no menos de 12,5 y no más de 14,5. Al motor 1 de combustión interna se le suministra gas mezclado desde un carburador 4 a través de una trayectoria 5a de admisión. La trayectoria 5a de admisión es un espacio encerrado por un tubo 5 de admisión conectado a una lumbrera de admisión del motor 1 de combustión interna. Un depurador 6 de aire está previsto aguas arriba con respecto al carburador 4.

30 El primer catalizador 2A está previsto en una trayectoria 7a de escape en la que se descarga el gas de combustión desde el motor 1 de combustión interna. El segundo catalizador 2B está previsto en la trayectoria 7a de escape aguas abajo con respecto al primer catalizador 2A. La trayectoria 7a de escape es un espacio encerrado por un tubo 7 de escape conectado a una lumbrera de escape del motor 1 de combustión interna.

35 El dispositivo 3 de introducción de aire secundario introduce aire secundario en una parte 7a' de la trayectoria 7 de escape, estando la parte 7a' entre el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B. Tal como se muestra en la figura 1, el dispositivo 3 de introducción de aire secundario incluye, por ejemplo, un tubo 3a de introducción de aire secundario conectado al tubo 7 de escape y una válvula 3b con membrana de admisión previsto entre el tubo 3a de introducción de aire secundario y el depurador 6 de aire. La válvula 3b con membrana de admisión actúa como válvula de retención para impedir un flujo inverso del aire secundario suministrado desde el depurador 6 de aire al tubo 3a de introducción de aire secundario. El dispositivo 3 de introducción de aire secundario puede tener cualquier construcción que pueda introducir el aire secundario en una parte entre el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B, y no se limita a tener una construcción mostrada en el presente documento. Un silenciador 8 para reducir el ruido de escape está conectado a un extremo aguas abajo del tubo 7 de escape.

45 El primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B contienen cada uno un componente de metal precioso. El componente de metal precioso específicamente contiene al menos uno de platino (Pt), rodio (Rh), paladio (Pd) y oro (Au). El componente de metal precioso de cada uno del primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B oxida CO y HC, y reduce NO<sub>x</sub>, en el gas de combustión (gas de escape) descargado desde el motor 1 de combustión interna, por tanto depurando el gas de combustión.

50 Además, el primer catalizador 2A del sistema de depuración de gas de escape en la presente realización contiene cobalto (Co) o hierro (Fe) y una zeolita como soporte para soportar Co o Fe ("soporte de zeolita"). Co y Fe funcionan como catalizadores para descomponer amoníaco (NH<sub>3</sub>). El soporte de zeolita funciona no sólo como soporte de Co o

Fe, sino también como promotor cuando se descompone amoniaco. Por tanto, el primer catalizador 2A contiene un componente de descomposición de amoniaco.

Debido a que el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B tienen la construcción descrita anteriormente, el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización puede depurar el gas de escape procedente del motor 1 de combustión interna, que produce combustión a una relación aire/combustible del lado rico en combustible, a una alta eficacia. Especialmente, el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización puede impedir la generación de NO<sub>x</sub> derivado de NH<sub>3</sub>, y por tanto puede mejorarse la relación de depuración de NO<sub>x</sub> final. A continuación en el presente documento, se describirá específicamente el motivo para esto.

En primer lugar, se describirá el motivo por el que el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional mostrado en la figura 10 no puede mejorar de manera suficiente la relación de depuración de NO<sub>x</sub> en el caso en el que se aplica a un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. La tabla 1 muestra las reacciones producidas por cada uno del primer catalizador 202A y el segundo catalizador 202B en el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional.

[Tabla 1]

Sistema de depuración de gas de escape convencional			
Reacción mediante el primer catalizador		Reacción mediante el segundo catalizador	
Principal	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (1) $-\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (2) $2\text{NO}_x + (2x+3) \text{H}_2 \rightarrow$ $2\text{NH}_3 + 2x\text{H}_2\text{O}$ (3)	Principal	$\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ (6) $-\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (7) $4\text{NH}_3 + (2x+3)\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO}_x + 6\text{H}_2\text{O}$ (8)
Sub.	$6\text{NO}_x + 4x\text{NH}_3 \rightarrow (2x+3) \text{N}_2$ $+ 6x\text{H}_2\text{O}$ (4) $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (5)		

Tal como se representa por las ecuaciones químicas (1), (2) y (3), la eliminación de CO, HC y NO<sub>x</sub> se produce en el primer catalizador 202A. Específicamente, tal como se representa respectivamente mediante las ecuaciones químicas (1) y (2), CO y HC reaccionan con el H<sub>2</sub>O contenido en el gas de escape para generar CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>. NO<sub>x</sub> reacciona con el H<sub>2</sub> resultante para generar NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O. Una parte del NO<sub>x</sub> reacciona con el NH<sub>3</sub> generado por la reacción de la ecuación química (3) para descomponerse en N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O tal como se representa por la ecuación química (4). Sin embargo, no todo el NH<sub>3</sub> se consume por esta reacción. La cantidad de NH<sub>3</sub> descompuesto tal como se representa por la ecuación química (5) es muy pequeña. Es decir, en el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, puesto que el motor de combustión interna produce combustión a una relación aire/combustible del lado rico en combustible más que a la relación aire/combustible estequiométrica, la cantidad de O<sub>2</sub> en el gas de escape es pequeña de todos modos. Por tanto, aunque se elimina NO<sub>x</sub> por el primer catalizador 202A ubicado aguas arriba, se genera NH<sub>3</sub>, y una parte del mismo se suministra de manera indeseable al segundo catalizador 202B. Esto es un fenómeno específico que se produce cuando se somete gas de escape que se descarga desde un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible del lado rico en combustible, a depuración mediante dos catalizadores (es decir, catalizadores que están previstos aguas arriba y aguas abajo con respecto a una parte en la que se introduce aire secundario) a la vez que se introduce aire secundario.

El CO y HC restantes se eliminan por el segundo catalizador 202B, tal como se representa por las ecuaciones químicas (6) y (7). Específicamente, tal como se representa respectivamente mediante las ecuaciones químicas (6) y (7), CO y HC reaccionan con el oxígeno en el aire secundario introducido, y por tanto se oxidan para generar CO<sub>2</sub>, o CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Se oxida NH<sub>3</sub> por el segundo catalizador 202B, tal como se representa por la ecuación química (8), para generar de manera indeseable NO<sub>x</sub>.

Tal como se describió anteriormente, en el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, se reduce NO<sub>x</sub> para dar N<sub>2</sub> y también NH<sub>3</sub> por el primer catalizador 202A, y se oxida NH<sub>3</sub> por el segundo catalizador 202B para generar NO<sub>x</sub>. Por tanto, no puede hacerse la relación de depuración de NO<sub>x</sub> suficientemente alta.

5 A continuación, se describirá el motivo por el que el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización puede mejorar la relación de depuración de NO<sub>x</sub> en el caso en el que se aplica a un motor 1 de combustión interna que produce combustión a una relación aire-combustible del lado rico en combustible. La tabla 2 muestra reacciones producidas por cada uno del primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B en el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización.

[Tabla 2]

Sistema de depuración de gas de escape convencional			
Reacción mediante el primer catalizador		Reacción mediante el segundo catalizador	
Principal	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (1) $-\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (2) $2\text{NO}_x + (2x+3) \text{H}_2 \rightarrow$ $2\text{NH}_3 + 2x\text{H}_2\text{O}$ (3) $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (5)	Principal	$\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ (6) $-\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (7)

10 Tal como se representa por las ecuaciones químicas (1), (2) y (3), la eliminación de CO, H y NO<sub>x</sub> se produce en el primer catalizador 2A. Tal como se muestra mediante la ecuación química (3), se genera NH<sub>3</sub> debido a la reducción de NO<sub>x</sub>. Puesto que el primer catalizador 2A en la presente realización contiene un componente de descomposición de amoníaco, el NH<sub>3</sub> generado se descompone mediante una reacción representada por la ecuación química (5). Es decir, mediante el primer catalizador 2A en la presente realización, se produce la reacción de descomposición de amoníaco de la ecuación química (5) como reacción principal.

15 Por consiguiente, aunque el segundo catalizador 2B produce la eliminación del CO y HC restantes tal como se representa por las ecuaciones químicas (6) y (7), disminuye la reacción de oxidación de NH<sub>3</sub> tal como se representa por la ecuación química (8) en la tabla 1. Por tanto, se suprime la generación de NO<sub>x</sub>.

20 Por tanto, el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización descompone NH<sub>3</sub> (es decir, NH<sub>3</sub> generado como resultado de la reducción de NO<sub>x</sub>) con el componente de descomposición de amoníaco contenido en el primer catalizador 2A. Puesto que la cantidad generada de NH<sub>3</sub> se disminuye por el primer catalizador 2A por adelantado, se suprime la generación de NO<sub>x</sub> por el segundo catalizador 2B, mediante lo cual se mejora la relación de depuración de NO<sub>x</sub>.

25 Además, el primer catalizador 2A del sistema de depuración de gas de escape en la presente realización contiene Co o Fe como componente de descomposición de amoníaco. Co y Fe permiten que se produzca eficazmente la reacción de descomposición de amoníaco representada por la ecuación química (5) bajo una atmósfera reductora. Además, el soporte de zeolita puede promover la reacción de descomposición de amoníaco por Co o Fe (ecuación química (5)). Puede usarse de manera adecuada una zeolita que tiene una relación de sílice/alúmina (relación de SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) de 10 mol/mol o más. Por ejemplo, puede usarse de manera adecuada una zeolita de tipo MFI, FAU, BEA, o MOR. Como zeolita de tipo MOR (mordenita), pueden usarse aquéllas en la serie HSZ-600 fabricada por TOSOH CORPORATION, por ejemplo.

30 Además, en el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización, Co o Fe está soportado sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que su cantidad que puede experimentar intercambio iónico. Tal como se usa en el presente documento, una "cantidad que puede experimentar intercambio iónico" es la máxima cantidad de Co o Fe que puede captarse en la zeolita a través de una reacción de intercambio iónico tal como se describe a continuación. En la presente realización, la relación de depuración de NO<sub>x</sub> se mejora adicionalmente porque el primer catalizador 2A contiene Co o Fe que está soportado sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que su cantidad que puede experimentar intercambio iónico. Los motivos para ello se describirán en detalle a continuación.

40 Una zeolita es un cristal de aluminosilicato que tiene microporos dentro del cristal. Tal como se muestra esquemáticamente en la figura 2, una zeolita tiene un esqueleto de dióxido de silicio como su estructura fundamental, de manera que toda la red cristalina está cargada negativamente debido a que parte del silicio se sustituye por aluminio. Por tanto, dentro de sus microporos, una zeolita contiene cationes (iones positivos), por ejemplo, de sodio, manteniendo por tanto un equilibrio de carga eléctrica. Cuando una zeolita que tiene una estructura de este tipo se coloca en una

disolución acuosa que contiene otra clase de cationes, se produce un intercambio iónico entre la parte interior de los microporos y la parte interior de la disolución acuosa. Es decir, en intercambio por los cationes que se liberan desde sus microporos, la zeolita capta cationes procedentes de la disolución acuosa.

5 En el caso en el que se usa una zeolita como soporte de un metal catalizador, la reacción de intercambio iónico anterior se utiliza generalmente para permitir que el metal catalizador se capte en la zeolita. Por tanto, cuando Co o Fe está soportado sobre un soporte de zeolita (es decir, captado en sus microporos como  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ), habitualmente, estos elementos no estarán soportados en una cantidad que supere la cantidad que puede experimentar intercambio iónico.

10 Por otra parte, aunque se contradiga el conocimiento tecnológico convencional, el primer catalizador 2A del sistema de depuración de gas de escape en la presente realización contiene Co o Fe que está soportado sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que su cantidad que puede experimentar intercambio iónico. La figura 3 muestra una relación a modo de ejemplo entre la cantidad de Co soportado sobre un soporte de zeolita y la cantidad generada de  $\text{NO}_x$ . La figura 3 ilustra un caso en el que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del soporte de zeolita con respecto a Co es de aproximadamente el 2,4% en peso.

15 Tal como se observará a partir de la figura 3, cuando la cantidad soportada de Co es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico, la cantidad generada de  $\text{NO}_x$  disminuye significativamente. El presunto motivo para ello, aunque no está claro, puede ser que actúa eficazmente Co cerovalente ( $\text{Co}^0$ ) como especie activa en una reacción de descomposición de amoniaco.

20 En el caso en el que la cantidad soportada de Co es igual a o menor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 4, el Co soportado sobre el soporte de zeolita existe en su totalidad como cationes divalentes ( $\text{Co}^{2+}$ ) que se han captado en los microporos a través de intercambio iónico. Puesto que  $\text{Co}^{2+}$  es estable en este estado, existe una baja actividad.

25 Por otra parte, cuando la cantidad soportada de Co es mayor que su cantidad que puede experimentar intercambio iónico, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 5, el Co soportado sobre el soporte de zeolita incluye no sólo el  $\text{Co}^{2+}$  que se ha captado en los microporos mediante intercambio iónico, sino también Co cerovalente ( $\text{Co}^0$ ) que está soportado en partes distintas a los microporos sin experimentar intercambio iónico. Puesto que la actividad de  $\text{Co}^0$  es mayor que la actividad de  $\text{Co}^{2+}$ , la reacción de descomposición de amoniaco se promueve en comparación con el caso en el que sólo existe  $\text{Co}^{2+}$ , y por tanto se mejora la relación de depuración de  $\text{NO}_x$ .

30 Obsérvese que la figura 4 y la figura 5 ilustran esqueletos a modo de ejemplo de una zeolita de tipo MOR (mordenita). Aunque el esqueleto de una zeolita realmente tiene una estructura en forma de red tridimensional, se muestra en formas simplificadas en la figura 4 y la figura 5.

Aunque la descripción anterior se refiere a Co, la relación de depuración de  $\text{NO}_x$  también puede mejorarse con Fe por un motivo similar, debido a que la cantidad soportada es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico.

35 Como método para permitir que se soporte Co (o Fe) sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico, por ejemplo, puede usarse un método que se obtiene modificando el método de soporte basado en intercambio iónico habitual (técnica de intercambio iónico) tal como sigue. En la técnica de intercambio iónico habitual tras colocarse la zeolita en una disolución acuosa que contiene iones Co (o Fe) para provocar un intercambio de cationes en la zeolita y cationes en la disolución acuosa, se extrae una masa sólida en la disolución acuosa y se lava, y luego se seca y se cuece. Éste se modifica de modo que la cantidad de Co en la disolución acuosa es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico de la zeolita con respecto a Co, y la disolución acuosa que contiene la zeolita (es decir, que contiene Co en una cantidad mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico) se evapora hasta sequedad y se cuece tal cual. Por tanto, se garantiza que esté soportado Co (o Fe) sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que su cantidad que puede experimentar intercambio iónico. Se apreciará que el método de permitir que esté soportado Co (o Fe) no se limita a este método.

45 A continuación, se describirá un método de cálculo de la cantidad que puede experimentar intercambio iónico. En el siguiente cálculo, se usan los valores mostrados en la tabla 3 como los pesos atómicos de Si, Al, O, Fe y Co.

[Tabla 3]

	peso atómico
Si	28,086
Al	26,982

O	16
Fe	55,845
Co	58,933

Cuando se usa una zeolita que contiene cationes monovalentes (por ejemplo,  $\text{Na}^+$ ) dentro de sus microporos, la cantidad que puede experimentar intercambio iónico (mol) de esta zeolita con respecto a Co o Fe (ambos han de tomarse como cationes divalentes) se expresa mediante la siguiente ecuación química:

5 cantidad que puede experimentar intercambio iónico [mol] = cantidad de cationes en la zeolita [mol]/2.

Cuando se usa una zeolita cuya relación de sílice/alúmina (relación de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) es de 40 mol/mol, la tasa A de átomos de Al con respecto a átomos de Si en la zeolita es de  $A = 2/40 = 0,05$ . Por tanto, la zeolita tiene el siguiente peso molecular promedio:

(peso atómico de Si) X (1-A)+(peso atómico de Al) X A+(peso atómico de O) X 2 =  $26,6817+1,3491+32 = 60,0308$ .

10 Por tanto, la cantidad de sustancia de 1 g de una zeolita es de  $1/60,0308 = 0,016658$  moles, mientras que la cantidad de sustancia de los iones de Al contenidos en 1 g de una zeolita es de  $0,016658 \times 0,05 = 0,000833$  moles. Puesto que la cantidad de sustancia de los iones de Al es igual a la cantidad de sustancia de cualquier catión monovalente en la zeolita, la cantidad que puede experimentar intercambio iónico con respecto a Co o Fe de 1 g de zeolita es de  $0,000833/2 = 0,00042$  moles.

15 Cuando se expresa en cuanto al % en peso de Co o Fe con respecto al soporte de zeolita (que contiene Co o Fe), esta cantidad que puede experimentar intercambio iónico es del 2,39549% en peso para Co, y del 2,272823% en peso para Fe. Es decir, en el caso en el que se usa una zeolita cuya relación de sílice/alúmina es de 40 mol/mol como soporte, la cantidad que puede experimentar intercambio iónico (% en peso) es de aproximadamente el 2,40% en peso para Co, y de aproximadamente el 2,27% en peso para Fe.

20 Tal como se describió anteriormente, en el sistema de depuración de gas de escape de la presente realización, la relación de depuración de  $\text{NO}_x$  puede mejorarse enormemente. Tal como puede observarse también a partir de la figura 3, básicamente, el efecto de disminución de la cantidad generada de  $\text{NO}_x$  se vuelve mayor cuando hay una mayor cantidad soportada de Co (o Fe) sobre el soporte de zeolita. Por tanto, desde el punto de vista de disminuir de manera suficiente la cantidad generada de  $\text{NO}_x$ , es preferible que la cantidad soportada de Co (o Fe) sea igual a o mayor que el doble de la cantidad que puede experimentar intercambio iónico.

25 Sin embargo, tal como se muestra en la figura 3, cuando la cantidad soportada de Co (o Fe) sobre el soporte de zeolita supera una determinada cantidad, la cantidad generada de  $\text{NO}_x$  apenas cambiará; es decir, el efecto de mejorar la relación de depuración de  $\text{NO}_x$  se saturará. Por tanto, si se hace que la cantidad soportada de Co (o Fe) sea excesiva, habrá un aumento de la cantidad de Co (o Fe) que no contribuya a la descomposición de  $\text{NH}_3$ . Además, si se hace que la cantidad soportada de Co (o Fe) sea excesiva, puede deteriorarse la resistencia térmica. Por tanto, desde el punto de vista de reducir el coste de producción y garantizar una resistencia térmica, la cantidad soportada de Co (o Fe) es preferiblemente del 25% en peso o menos, y más preferiblemente del 20% en peso o menos.

30 Además, para permitir que las reacciones de depuración de CO, HC y  $\text{NO}_x$  por el primer catalizador 2A se produzcan de manera adecuada, es preferible que el primer catalizador 2A contenga Rh de manera que la cantidad soportada de Rh sea de 0,2 g/l o más.

35 A continuación, se describirán los resultados de la realización real de un prototipo de los sistemas de depuración de gas de escape según la presente realización y el estudio de los efectos del mismo.

40 Se produjeron los sistemas de depuración de gas de escape de los ejemplos 1 a 7 y los ejemplos comparativos 1 a 3 tal como sigue. Los ejemplos 1 a 6 son sistemas de depuración de gas de escape según la presente realización, en los que está contenido Co en el primer catalizador 2A como componente de descomposición de amoníaco en una cantidad que es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico. El ejemplo 7 es un sistema de depuración de gas de escape según la presente realización, en el que está contenido Fe en el primer catalizador 2A como componente de descomposición de amoníaco en una cantidad que es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico. Por otra parte, el sistema de depuración de gas de escape del ejemplo comparativo 1 no contiene ninguna cantidad de Co o Fe, es decir, componente de descomposición de amoníaco, en el primer catalizador (catalizador aguas arriba). En el sistema de depuración de gas de escape del ejemplo comparativo 2, Co está contenido en el primer catalizador (catalizador aguas arriba) en una cantidad que es menor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico. En el sistema de depuración de gas de escape del ejemplo comparativo 3, está contenido un soporte de alúmina en el primer catalizador en vez de un soporte de zeolita.

## (Ejemplo 1)

- 5 En primer lugar, se añadieron a y se disolvieron 24,7 g de nitrato de cobalto hexahidratado en 100 g de agua destilada, y además se añadieron 45 g de una zeolita de tipo MFI (que tenía una cantidad que puede experimentar intercambio iónico de Co de aproximadamente el 2,4% en peso) que tenía una relación de sílice/alúmina de 40. Tras agitarse durante 5 horas, se evaporó esta disolución acuosa hasta sequedad, y entonces se coció a 600°C, mediante lo cual se obtuvo Co al 10% en peso-zeolita. A continuación, se pusieron 12,5 g de esta Co al 10% en peso-zeolita, 50 g de agua destilada, 26,5 g de  $\gamma$ -alúmina, 10 g de ceria y 10 g de sol de alúmina (correspondiente a 1 g de alúmina) en un molino de bolas y se trituraron, obteniendo así una suspensión.
- 10 A continuación, se sumergió una estructura metálica de nido de abeja que tenía un diámetro de 45 mm y una longitud de 60 mm, cuyo número de células era de 100 cpsi, en esta suspensión. Con aire comprimido, se insufló la suspensión en exceso fuera de la estructura metálica de nido de abeja que tenía que extraerse. A continuación, se secó esta estructura metálica de nido de abeja a 120°C, y se coció a 600°C, mediante lo cual se obtuvo una estructura metálica de nido de abeja que tenía un total de 100 g/l de  $\gamma$ -alúmina, ceria y Co-zeolita recubiertas sobre el mismo.
- 15 A continuación, se sumergió la estructura metálica de nido de abeja recubierta en 300 g de agua destilada a la que se habían añadido dinitrodiaminaplatino y nitrato de rodio, y se dejó en reposo durante un periodo de tiempo predeterminado, permitiendo así que el Pt y Rh se adsorban en la superficie de la estructura metálica de nido de abeja. Después de eso, se secó la estructura metálica de nido de abeja a 120°C, y se coció a 600°C, mediante lo cual se obtuvo una estructura metálica de nido de abeja que soportaba 1,0 g/l de Pt y 0,5 g/l de Rh. De esta manera, se produjo un primer catalizador 2A que contenía componentes de metales preciosos, un soporte de zeolita y Co que estaba soportado sobre el soporte de zeolita en una cantidad mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico.
- 20 A continuación, se recubrió una estructura metálica de nido de abeja que tenía un diámetro de 54 mm y una longitud de 60 mm, cuyo número de células era de 100 cpsi, con un material de catalizador de oxidación disponible comercialmente (Pt 1,0 g/l, Rh 0,5 g/l), produciendo así un segundo catalizador 2B.
- 25 Después de eso, se fijó el primer catalizador 2A a una parte aguas arriba de la trayectoria 7a de escape, y se fijó el segundo catalizador a una parte aguas abajo de la trayectoria 7a de escape, produciendo así un sistema de depuración de gas de escape que tenía la construcción tal como se muestra en la figura 1.

## (Ejemplo 2)

- 30 Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad de nitrato de cobalto hexahidratado usada cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 9,3 g. El primer catalizador 2A contenía Co al 4% en peso-zeolita.

## (Ejemplo 3)

- 35 Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad de nitrato de cobalto hexahidratado usada cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 19,3 g. El primer catalizador 2A contenía Co al 8% en peso-zeolita.

## (Ejemplo 4)

- 40 Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad de nitrato de cobalto hexahidratado usada cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 55,6 g. El primer catalizador 2A contenía Co al 20% en peso-zeolita.

## (Ejemplo 5)

Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad soportada de Rh cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 0 g/l (mientras que la cantidad soportada de Pt era todavía de 1,0 g/l).

- 45 (Ejemplo 6)

Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad soportada de Rh cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 0,2 g/l (mientras que la cantidad soportada de Pt era todavía de 1,0 g/l).

(Ejemplo 7)

Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que, en vez de 24,7 g de nitrato de cobalto hexahidratado, se usaron 34,3 g de nitrato de hierro (III) noahidratado cuando se produjo el primer catalizador 2A. El primer catalizador 2A contenía Fe al 10% en peso-zeolita.

5 (Ejemplo comparativo 1)

Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad de nitrato de cobalto hexahidratado usada cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 0 g. El primer catalizador 2A contenía una zeolita, pero no contenía ni Co ni Fe.

(Ejemplo comparativo 2)

10 Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que la cantidad de nitrato de cobalto hexahidratado usada cuando se produjo el primer catalizador 2A era de 4,5 g. El primer catalizador 2A contenía Co al 2% en peso-zeolita.

(Ejemplo comparativo 3)

15 Se produjo un sistema de depuración de gas de escape de manera similar al ejemplo 1, excepto en que, en vez de una zeolita de tipo MFI, se usó  $\gamma$ -alúmina cuando se produjo el primer catalizador 2A. El primer catalizador 2A contenía Co al 10% en peso- $\gamma$ -alúmina.

20 La tabla 4 muestra los resultados de, con respecto a los ejemplos 1 a 7 y los ejemplos comparativos 1 a 3, fijar cada sistema de depuración de gas de escape prototipo a una motocicleta que tenía una cilindrada de 125 cc, cuya A/F se ajustó en un intervalo de desde 13,0 hasta 14,0, y medir la relación de depuración de NO<sub>x</sub> mientras que la motocicleta se desplazaba en el modo ECE40. La columna de "cantidad de Co soportada (cantidad de Fe soportada)" de la tabla 4 describe no sólo la cantidad soportada (% en peso) de Co (Fe) sobre el soporte (zeolita o alúmina), sino también la cantidad soportada (g/l) de Co (Fe) en todo el primer catalizador. La columna de "soporte de Co (soporte de Fe)" describe no sólo cuál es el soporte de Co (soporte de Fe), sino también la cantidad soportada (g/l) del soporte de Co (soporte de Fe) en todo el primer catalizador. La columna "evaluación" indica "⊙" si la relación de depuración de NO<sub>x</sub> es muy alta (específicamente, del 70% o más); "○" si es suficientemente alta (específicamente, no menos del 55% pero menos del 70%); y "X" si no es suficientemente alta (específicamente, menos del 55%). Además, la figura 6 muestra una relación entre la cantidad soportada de Co (% en peso) sobre el soporte de zeolita y la relación de depuración de NO<sub>x</sub>, con respecto a los ejemplos 1 a 4 y los ejemplos comparativos 1 y 2.

[Tabla 4]

30

	componente de metal precioso		cantidad soportada de Co (cantidad soportada de Fe)	soporte de Co (soporte de Fe)	relación de depuración de NO <sub>x</sub>	evalua-ción
	Pt (g/l)	Rh (g/l)				
Ejemplo 1	1,0	0,5	10% en peso (2,5 g/l)	Zeolita MFI (22,5 g/l)	72%	⊙
Ejemplo 2	1,0	0,5	4% en peso (1,0 g/l)	Zeolita MFI (24,0 g/l)	59%	○
Ejemplo 3	1,0	0,5	8% en peso (2,0 g/l)	Zeolita MFI (23,0 g/l)	70%	⊙
Ejemplo 4	1,0	0,5	20% en peso (5,0 g/l)	Zeolita MFI (20,0 g/l)	74%	⊙

## ES 2 449 595 T3

Ejemplo 5	1,0	0	10% en peso (2,5 g/l)	Zeolita MFI (22,5 g/l)	61%	○
Ejemplo 6	1,0	0,2	10% en peso (2,5 g/l)	Zeolita MFI (22,5 g/l)	72%	⊙
Ejemplo 7	1,0	0,5	10% en peso (2,5 g/l)	Zeolita MFI (22,5 g/l)	65%	○
Ejemplo comp. 1	1,0	0,5	0	Zeolita MFI (25,0 g/l)	53%	X
Ejemplo comp. 2	1,0	0,5	2% en peso (0,5 g/l)	Zeolita MFI (24,5 g/l)	52%	X
Ejemplo comp. 3	1,0	0,5	10% en peso (2,5 g/l)	γ-alúmina (22,5 g/l)	53%	X

5 Una comparación entre los ejemplos 1 a 7 y los ejemplos comparativos 1 y 2 indica que la relación de depuración de NO<sub>x</sub> se mejora en los ejemplos 1 a 7 (en los que Co o Fe está soportado sobre el soporte de zeolita en una cantidad mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico), en comparación con el ejemplo comparativo 1 (en el que no está contenido Co ni Fe) y el ejemplo comparativo 2 (en el que está soportado Co en una cantidad menor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico). Además, una comparación entre los ejemplos 1, 3, 4 y 6 y el ejemplo 2 indica que la relación de depuración de NO<sub>x</sub> se mejora adicionalmente cuando la cantidad soportada de Co es mayor que el doble de la cantidad que puede experimentar intercambio iónico.

10 Además, una comparación entre los ejemplos 1 y 6 y el ejemplo 5 indica que es preferible que el primer catalizador 2A contenga Rh en una cantidad soportada de 0,2 g/l o más. Además, una comparación entre el ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 3 indica que es preferible usar una zeolita como soporte de Co, en lugar de alúmina.

Tal como se describió anteriormente, el sistema de depuración de gas de escape según la presente realización puede eliminar de manera sumamente eficaz NO<sub>x</sub> en el gas de combustión que se descarga desde un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica.

15 En el sistema de depuración de gas de escape según la presente realización, se descompone el NH<sub>3</sub> que se genera por el primer catalizador 2A ubicado aguas arriba por un componente de descomposición de amoníaco contenido en el primer catalizador 2A. Para descomponer NH<sub>3</sub>, sería posible una construcción en la que no sólo un catalizador aguas arriba sino también un catalizador aguas abajo (por ejemplo, el segundo catalizador 202B del sistema 200 de depuración de gas de escape mostrado en la figura 10) contiene un componente de descomposición de amoníaco. Sin embargo, en una construcción de este tipo, se produciría la oxidación de NH<sub>3</sub>, CO y HC de manera sustancialmente simultánea bajo una atmósfera oxidante, de modo que NH<sub>3</sub> tendería a sobreoxidarse, permitiendo así que se produjera NO<sub>x</sub>. O bien, no se haría que las relaciones de depuración de CO y HC fuesen lo suficientemente altas, haciendo así necesario añadir todavía otros catalizadores de oxidación como complemento, dando como resultado así un coste de producción aumentado. Por otra parte, en la presente realización, cuando el primer catalizador 2A contiene un componente de descomposición de amoníaco, pueden producirse simultáneamente la eliminación de NO<sub>x</sub> y la descomposición de NH<sub>3</sub> bajo una atmósfera reductora, de modo que no se produce el problema mencionado anteriormente.

25 Además, en el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización, el primer catalizador 2A contiene un componente de descomposición de amoníaco de modo que puede obtenerse una relación de depuración de NO<sub>x</sub> suficientemente alta a una menor temperatura que de manera convencional. Es decir, el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización puede usarse preferiblemente incluso a una menor temperatura que de manera convencional. La figura 7 es una gráfica que muestra, con respecto al sistema de depuración de gas de escape en la presente realización y el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, una relación entre la concentración de NO<sub>x</sub> y la concentración de NH<sub>3</sub> en el gas de escape que ha pasado el primer catalizador, y la temperatura del primer catalizador.

5 Tal como se muestra en la figura 7, en el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, excepto para la región de 650°C o superior, la concentración de NH<sub>3</sub> es alta, dando así como resultado una baja relación de depuración de NO<sub>x</sub> final. Por otra parte, en el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización, puesto que el primer catalizador 2A contiene un componente de descomposición de amoníaco, puede hacerse que la concentración de NH<sub>3</sub> sea lo suficientemente baja a 550°C o superior, de modo que puede hacerse que la relación de depuración de NO<sub>x</sub> final sea lo suficientemente alta. Por tanto, mientras que el sistema de depuración de gas de escape convencional tiene un intervalo de temperatura de uso de 650°C a 900°C (flecha A en la figura 7), el intervalo de temperatura de uso del sistema de depuración de gas de escape en la presente realización es de 550°C a 900°C (flecha B en la figura 7). El motivo por el que el límite superior del intervalo de temperatura de uso es de 900°C en cualquier caso es que se vuelve difícil mantener la durabilidad de los catalizadores a 900°C o superior.

10 En el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, el primer catalizador 202A se coloca algo cerca del motor 1 de modo que la temperatura del primer catalizador 202A aumentará rápidamente. Según la presente invención, puesto que el intervalo de temperatura de uso del sistema de depuración de gas de escape se amplía hacia el lado de menor temperatura tal como se describió anteriormente, el primer catalizador 2A puede estar ubicado en una posición más alejada del motor 1 de combustión interna que de manera convencional. Por ejemplo, en el sistema 200 de depuración de gas de escape convencional, el primer catalizador 202A está ubicado en una posición alejada de 150 mm a 400 mm del motor 201. En cambio, en el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización, el primer catalizador 2A puede estar ubicado en una posición alejada de 150 mm a 600 mm del motor 1 de combustión interna.

15 En términos generales, la distancia desde un motor de combustión interna hasta un silenciador (distancia a lo largo de la trayectoria de escape) es de aproximadamente 500 mm. En el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización, el primer catalizador 2A puede estar ubicado alejado del motor 1 de combustión interna a lo largo de la trayectoria 7a de escape en 500 mm o más. Por tanto, tal como se muestra en la figura 8, tanto el primer catalizador 2A como el segundo catalizador 2B pueden estar ubicados en el silenciador 8.

20 Una zona alrededor del primer catalizador 2A y una zona alrededor del segundo catalizador 2B tienen una alta temperatura debido al calor de reacción provocado por las reacciones de depuración. Ubicar (albergar) el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B en el silenciador 8 tal como se muestra en la figura 8 impide que elementos periféricos se ablanden o deterioren (se dañen por el calor). Además, puesto que no hay necesidad de emplear un tubo 7 de escape grueso para albergar el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B, se facilita la distribución del tubo 7 de escape, mediante lo cual también se proporcionan ventajas en el aspecto externo (mejora del diseño, etc.).

25 El sistema de depuración de gas de escape en la presente realización proporciona un alto rendimiento de depuración de NO<sub>x</sub> y por tanto se usa de manera adecuada para motocicletas. La figura 9 muestra una motocicleta 100 que incluye el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización. La motocicleta 100 incluye el motor 1 (por ejemplo, un motor de gasolina de cuatro tiempos) que está ubicado hacia delante de un asiento 11 en el que se sienta el conductor, estando conectado el tubo 7 de escape a la lumbrecia de escape del motor 1, y estando conectado el silenciador 8 al tubo 7 de escape y previsto cerca de la rueda 12 trasera. En el tubo 7 de escape, aunque no se muestra, están previstos el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B. La motocicleta 100 incluye además el dispositivo 3 de introducción de aire secundario para introducir aire secundario en el tubo 7 de escape.

30 En la motocicleta 100, se acciona el motor 1 a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. Por tanto, se obtiene una alta potencia de motor y se logra una alta capacidad de conducción. La motocicleta 100 incluye el sistema de depuración de gas de escape descrito anteriormente y así puede depurar de manera sumamente eficaz el NO<sub>x</sub> contenido en el gas de escape procedente del motor 1 accionado a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. Como resultado, la motocicleta 100 es magnífica tanto en el comportamiento de marcha como en el comportamiento medioambiental.

35 En la construcción mostrada en la figura 1, está previsto el carburador 4 (sistema de carburador) como ejemplo. Alternativamente, la motocicleta 100 puede tener una construcción que incluye un inyector (concretamente, puede generarse gas mezclado por el sistema de inyección).

40 El sistema de depuración de gas de escape en la presente realización no se limita a usarse en motocicletas y puede utilizarse de manera adecuada en cualquier vehículo de tipo para montar a horcajadas en el que un conductor puede sentarse a horcajadas. Por ejemplo, el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización puede utilizarse para vehículos de tipo ATV tales como buggies. Un vehículo de tipo para montar a horcajadas tiene generalmente una pequeña cilindrada y así es preferible que el motor de combustión interna del mismo se accione a una relación aire/combustible del lado rico en combustible. Por tanto, es sumamente importante montar el sistema de depuración de gas de escape en la presente realización.

45 En un vehículo de tipo para montar a horcajadas de un solo cilindro que tiene una cilindrada de 400 cc o menos, se coloca un motor de combustión interna hacia delante de un asiento, y se coloca un silenciador cerca de una rueda trasera, dando así como resultado una larga distancia desde el motor de combustión interna hasta el silenciador. Por

5 tanto, cuando el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B se colocan dentro del silenciador, es probable que disminuya la temperatura del gas de escape antes de que el gas de escape alcance estos catalizadores. Sin embargo, según la presente invención, el intervalo de temperatura de uso del sistema de depuración de gas de escape se amplía hacia el lado de menor temperatura, permitiendo así que el primer catalizador 2A y el segundo catalizador 2B se coloquen dentro del silenciador también en un vehículo de tipo para montar a horcajadas de ese tipo.

La presente invención puede mejorar la relación de depuración de NO<sub>x</sub> en un vehículo de tipo para montar a horcajadas que incluye un motor de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica.

10 Aunque se ha descrito la presente invención con respecto a realizaciones preferidas de la misma, resultará evidente para los expertos en la técnica que la invención dada a conocer puede modificarse de numerosas maneras y puede adoptar muchas realizaciones distintas a las descritas antes específicamente.

**REIVINDICACIONES**

1. Vehículo de tipo para montar a horcajadas que comprende:
- 5 un motor (1) de combustión interna que produce combustión a una relación aire/combustible menor que la relación aire/combustible estequiométrica;
- un primer catalizador (2A) previsto en una trayectoria de escape en la que se descarga el gas de combustión desde el motor (1) de combustión interna;
- un segundo catalizador (2B) previsto en la trayectoria de escape aguas abajo con respecto al primer catalizador (2A); y
- 10 un dispositivo (3) de introducción de aire secundario para introducir aire secundario en una parte de la trayectoria (7a) de escape, estando la parte entre el primer catalizador (2A) y el segundo catalizador (2B), en el que,
- el primer catalizador (2A) y el segundo catalizador (2B) contienen cada uno un componente de metal precioso que contiene al menos uno de Pt, Rh, Pd y Au, estando el vehículo caracterizado porque
- 15 el primer catalizador (2A) contiene además un soporte de zeolita y estando soportado Co o Fe sobre el soporte de zeolita en una cantidad que es mayor que la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.
2. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según la reivindicación 1, en el que la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es igual a o mayor que el doble de la cantidad que puede experimentar intercambio iónico del mismo.
- 20 3. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según la reivindicación 1 ó 2, en el que la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es del 25% en peso o menos.
4. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según la reivindicación 1 ó 2, en el que la cantidad soportada de Co o Fe sobre el soporte de zeolita es del 20% en peso o menos.
- 25 5. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer catalizador contiene Rh en una cantidad soportada de 0,2 g/l o más.
6. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el motor de combustión interna produce combustión a una relación aire/combustible de no menos de 12,5 y no más de 14,5.
- 30 7. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además un silenciador, en el que el primer catalizador y el segundo catalizador están ubicados en el silenciador.
8. Vehículo de tipo para montar a horcajadas según la reivindicación 7, en el que el primer catalizador está alejado del motor de combustión interna en 500 mm o más a lo largo de la trayectoria de escape.
- 35

FIG.1

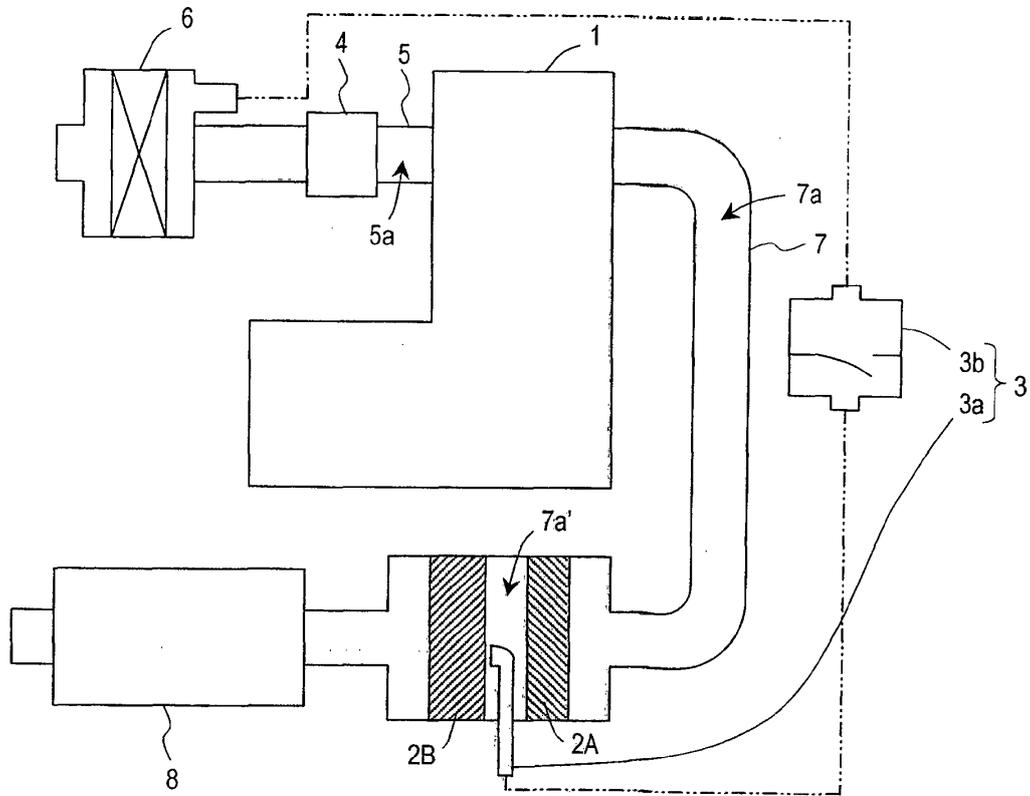


FIG.2

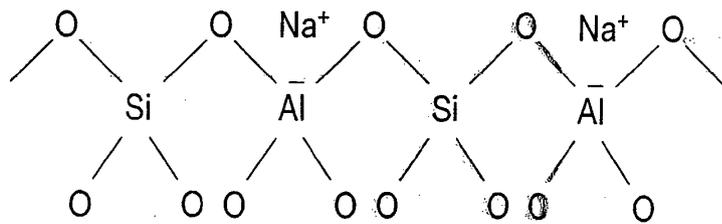


FIG.3

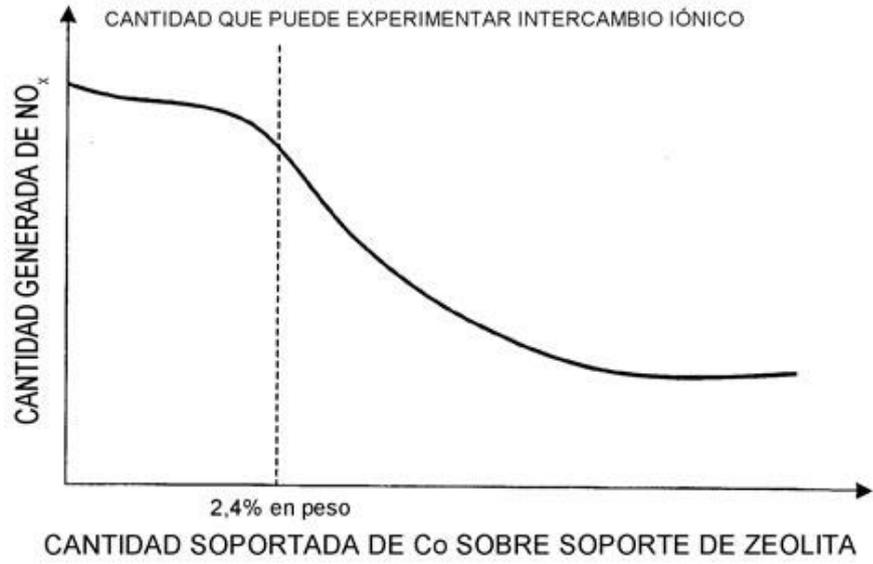


FIG.4

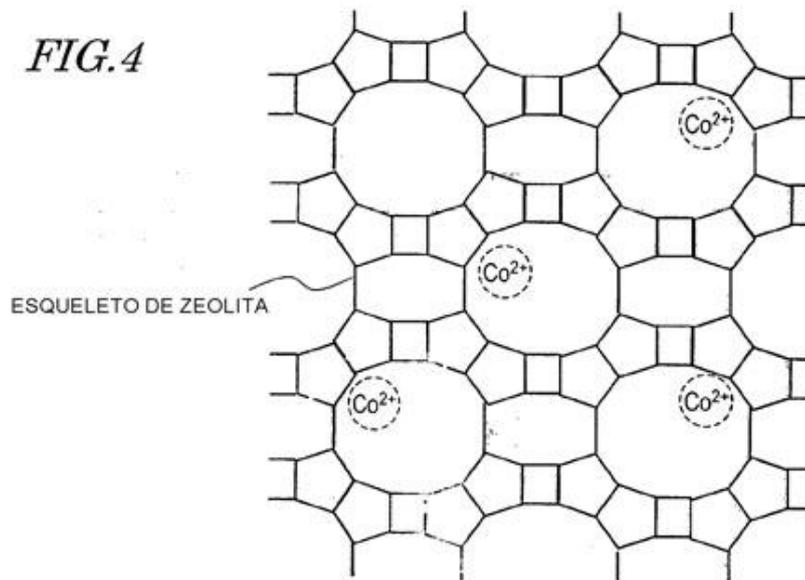


FIG.5

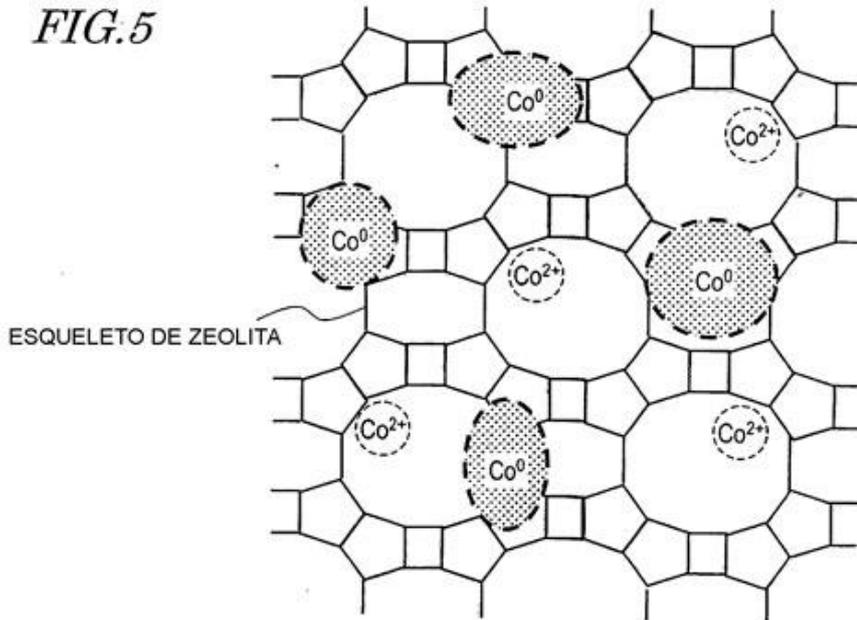


FIG.6

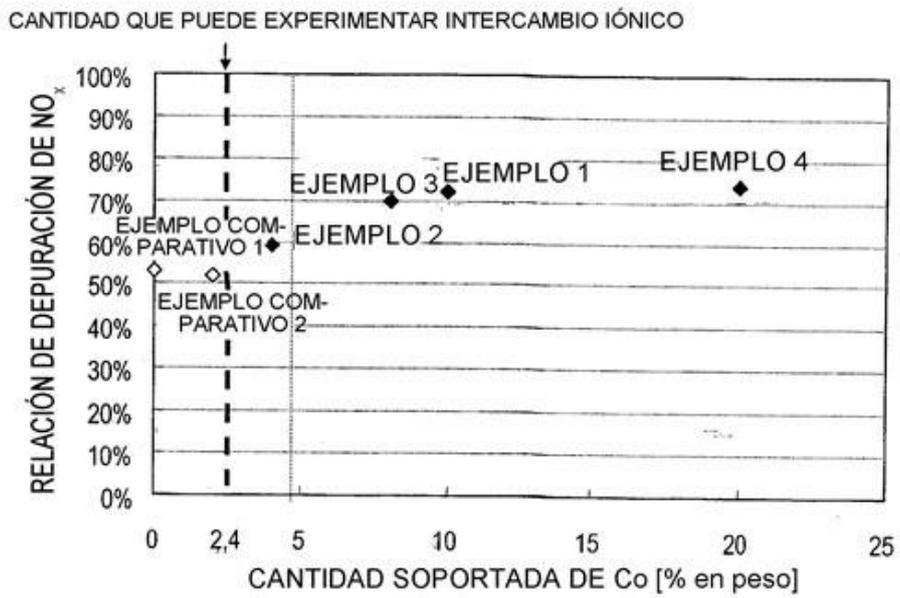


FIG.7

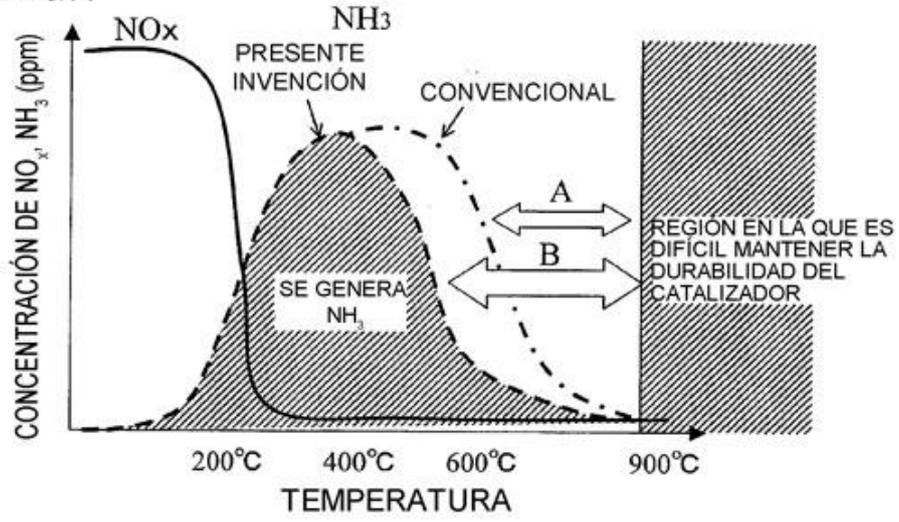


FIG.8

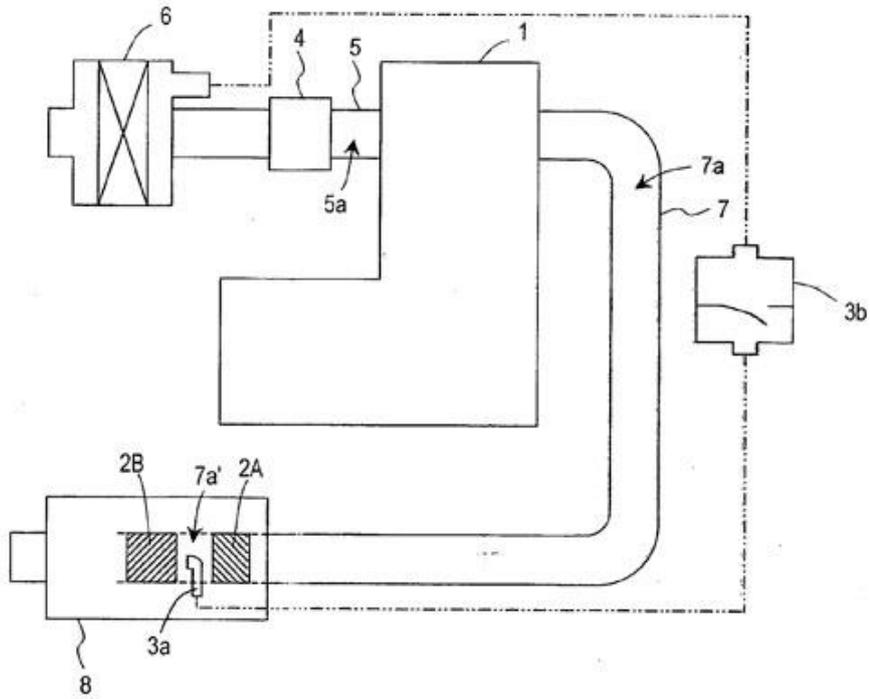


FIG. 9

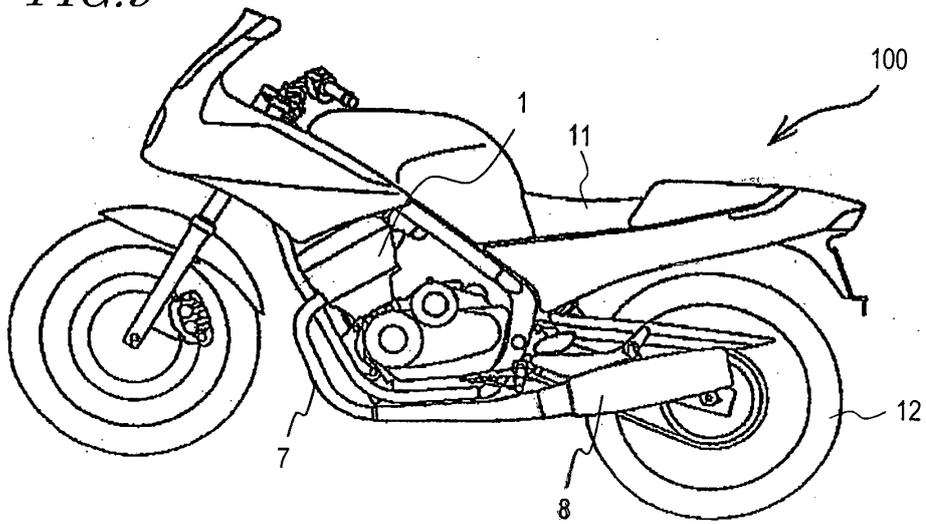


FIG. 10

