

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 879 986**

51 Int. Cl.:

F02B 77/02 (2006.01)

B01J 23/10 (2006.01)

F02B 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2015** **PCT/IB2015/002196**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2017** **WO17085524**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2015** **E 15808456 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.04.2021** **EP 3377744**

54 Título: **Motor de combustión de carga estratificada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.11.2021

73 Titular/es:

MCEARTH HOLDINGS LTD (100.0%)
Quintas Partners, Heron House, Blackpool Retail
Park
Blackpool Cork, County Cork, IE

72 Inventor/es:

BOSTEELS, DOMINIQUE

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 879 986 T3

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

DESCRIPCIÓN

Motor de combustión de carga estratificada

5 Características de la invención

La presente invención se refiere a un motor de combustión de carga, como mínimo, parcialmente estratificada (tal como, como mínimo, parcialmente estratificada dual), especialmente CAI (encendido asistido por combustión, del inglés *combustion assisted ignition*), motor HCC, HCSI y HCCI, en el que la combustión de un combustible que contiene hidrocarburos que genera una llama que emite un fotón se realiza en una cámara con una pared provista de un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, comprendiendo, además, dicho revestimiento, como mínimo, óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr. El motor de la presente invención permite una reducción catalítica de la tasa de escape de NOx.

15 Estado de la técnica anterior

La combustión de combustible puede realizarse en una combustión fría o una combustión caliente, haciendo reaccionar un combustible con oxígeno o un medio que contiene oxígeno, comprendiendo dicha reacción una reacción de oxidación, así como una reacción de reducción.

La eficiencia del combustible es hoy en día más problemática, debido a la contaminación y los problemas de salud que genera dicha contaminación.

La eficiencia del combustible para motores (tales como motores de combustión interna, motores de combustión externa, con o sin turbo, EGR, etc., posiblemente tales como motores híbridos), especialmente para vehículos de carretera (tales como automóviles y camiones, así como bicicletas), barcos, trenes, aparatos voladores (tales como aviones), que se había considerado como sustancialmente completa por los ingenieros mecánicos, es cada vez más cuestionada, ya que las cifras de eficiencia asumidas no corresponden a las cifras actuales alcanzadas por el usuario final, por ejemplo, para automóviles y camiones con, además, tasas de escape de CO y NOx superiores a las previstas, así como tasas de escape de CO2 más elevadas.

El sistema propuesto para mejorar la eficiencia comprende, por ejemplo, un sistema que permite la inyección directa, de la manera más particular, la inyección directa continua o intermitente controlada, en lugar de la admisión de combustible a través del colector de admisión de aire o a través de un tubo de toma de combustible.

Tal como se describe en la Patente US8347613, los motores de inyección directa (DI, del inglés *direct injection*) pueden producir más hollín que los motores de inyección de combustible en puerto, en parte debido a la propagación difusa de la llama. Como consecuencia de la propagación difusa de la llama, es posible que el combustible no se mezcle adecuadamente con el aire antes de la combustión, lo que da como resultado bolsas de combustión rica que generan hollín. Además, los motores DI pueden ser susceptibles de generar hollín durante condiciones de alta carga y/o alta velocidad cuando hay una falta de mezcla suficiente de aire y combustible.

Para resolver este problema de partículas, se ha propuesto aplicar filtros de partículas a motores DI, motores de encendido por chispa o motores de encendido por compresión, lo que genera el problema de las etapas regulares de regeneración del filtro, durante las cuales es difícil mantener un control de emisiones preciso durante la regeneración del filtro de partículas en un motor DI de encendido por chispa. Sin embargo, dicho filtro reduce la eficiencia del motor, ya que genera una caída de presión en el filtro de escape. Debido al elevado volumen de partículas pequeñas y hollín, el filtro se obstruye rápidamente, como mínimo, parcialmente. El hollín también generará otros problemas con respecto a los sistemas de reciclaje de gas (EGR, del inglés *exhaust gas recycling*), que también se obstruirán.

Para resolver dicho problema de obstrucción por partículas del filtro, la Patente US8347613 sugiere generar aire comprimido y empujar dicho aire comprimido a través del filtro de partículas, lo que significa que, de este modo, las partículas pequeñas se liberan de nuevo a la atmósfera.

También se ha propuesto la combustión de carga homogénea para aumentar la eficiencia del combustible. Por lo tanto, cada vez más investigaciones se refieren a sistemas para garantizar CAI, HCC, especialmente HCCI y HCSI.

Por ejemplo, la Patente US7290522 (Prof. Heywood et al) se refiere a un motor de encendido por compresión de carga homogénea (HCCI, del inglés *homogeneous charge compression ignition*). Tal como afirmó el profesor Heywood del MIT, la utilización de la combustión HCCI garantiza una eficiencia elevada del motor con emisiones extremadamente bajas de NOx, CO y partículas.

El profesor Heywood enseña la utilización de hidrógeno e hidrógeno mezclado con CO para mejorar la resistencia a las detonaciones y, de este modo, la resistencia a la autoignición, es decir, la autoignición generada a temperaturas y presiones más elevadas.

De este modo, esto bien significa que, para un experto en la química de la combustión de combustible en un motor, la eficiencia de la combustión aún puede mejorarse, además con una reducción de las emisiones de NOx, CO y partículas.

- 5 La admisión de hidrógeno, mezclado posiblemente con CO en una cámara de combustión no es fácil y conlleva varios problemas técnicos, tales como el almacenamiento de hidrógeno.

A efectos de mejorar la eficiencia de la combustión de combustible, el inventor de la presente invención ya ha propuesto realizar la combustión del combustible en presencia de un catalizador heterogéneo que comprende algo de cerio y carbono. Por ejemplo, se puede hacer referencia a las Patentes WO2006017915, US7482303, US7188470, EP1590555B1 y US7723257.

La Patente US2005/163691 da a conocer un soporte de aluminio catalítico provisto de un revestimiento de óxido de cerio-carbono que comprende los siguientes óxidos metálicos:

15 Ce (como CeO₂): 29,5 %,
Pr (como Pr₆O₁₁): 8 %
La (como La₂O₃): 0,9 %
Nd (como Nd₂O₃): 8 %
20 Zr (como ZrO₂): el resto (es decir, el 53,6 %)

La presente invención utiliza un sistema catalítico heterogéneo que comprende metales de tierras raras. Los problemas asociados con el sistema catalítico heterogéneo son, entre otros, la vida útil limitada del catalizador, la eficiencia de trabajo variable en función de las condiciones de reacción, etc.

25 La experiencia y las búsquedas posteriores realizadas por el inventor de la presente invención han demostrado que el catalizador aún se podría mejorar, con fines de eficiencia de combustible durante un largo período de tiempo, así como para condiciones de trabajo variables. El nuevo catalizador de la presente invención permite también un control más fácil del funcionamiento del motor, mientras está sometido a variación de carga o velocidad. El sistema de la presente invención es, de este modo, un sistema híbrido o bifuncional dinámico que combina óxidos de metales de tierras raras y óxidos de metales de tierras no raras, junto con partículas de carbono. El sistema de la presente invención utiliza un revestimiento catalítico que tiene una buena resistencia térmica, una buena longevidad catalítica, una buena resistencia a las vibraciones, a las variaciones de presión. Parece que algunos elementos metálicos del revestimiento de catalizador están sinterizados con la superficie metálica de la cámara de combustión (por ejemplo, con la aleación de aluminio de la cámara de combustión). Se observó que la eficiencia o el trabajo catalítico se consiguió desde baja temperatura (tal como una temperatura de menos de 300 °C) hasta alta temperatura (tal como una temperatura superior a 700 °C, o incluso superior a 900 °C). Se observó que los revestimientos catalíticos de la presente invención eran adecuados para catalizar reacciones redox sobre el revestimiento catalítico poroso y dentro del mismo. También se observó que, debido al revestimiento de catalizador de la presente invención, se podía evitar algo de la extinción de la llama, tal como extinción de las paredes laterales y/o extinción del tubo (extinción del cilindro). También se observó que la corriente de ionización se conservaba mejor junto al revestimiento del catalizador. Sin ceñirse a ninguna teoría, se espera que el revestimiento de catalizador asegure dentro del volumen libre de la cámara de combustión una capa intermedia más gruesa entre el plasma de llama y el revestimiento de catalizador de la presente invención, con respecto a una cámara de combustión no provista con el revestimiento de catalizador. Sin ceñirse a ninguna teoría, se espera que el revestimiento de catalizador de la presente invención asegure un nivel de ionización más controlado, con pico de quimio ionización y pico de ionización térmica reducidos, incluso en presencia de un gran exceso de aire, tal como con un valor lambda de más que 1,4, o incluso 1,5. También parece que la temperatura de la cara de la pared de la cámara de combustión está menos sujeta a grandes variaciones, a pesar de la etapa de admisión y la etapa de escape, en particular en un motor de cuatro tiempos.

50 El control de la catálisis química se da a conocer en la Patente US7998538 (Instituto de Tecnología de California). Tal como se indica en dichos documentos, muchas reacciones catalíticas tienen un umbral de temperatura. Los procedimientos de la técnica anterior utilizan una fuente de calor macroscópica para proporcionar calor para estas reacciones y típicamente implican convección, conducción o radiación brutas. La dificultad de tener control de la temperatura de un catalizador, la vecindad del catalizador y/o el calor aplicado, tanto temporal como espacialmente es inherente a la utilización de estos procedimientos convencionales de calentamiento.

60 En una cámara de combustión de un motor actual, la reacción se realiza sustancialmente en el volumen de la cámara, sin catalizador heterogéneo. En el motor de la presente invención, la pared de la cámara de combustión está revestida con un revestimiento de catalizador, estando controlado el funcionamiento de dicho revestimiento de catalizador por interacciones fotón-electrón, teniendo dichas interacciones no solo un efecto localizado sobre la temperatura del revestimiento, sino también sobre la carga local de fotón-electrón del revestimiento para controlar la reacción de radicales locales sobre el revestimiento del catalizador.

65 Cuando se quema combustible, se emite una gran cantidad de energía de fotones y electrones. En un motor actual, dichos fotones-electrones no se utilizan con fines de eficiencia catalítica.

Descripción breve de la invención

La presente invención se refiere a un motor de combustión de carga, como mínimo, parcialmente estratificada, por ejemplo, combustión estratificada a lo largo de una superficie (tal como la superficie de la cabeza de la superficie del pistón) o a lo largo de varias superficies (tales como dos superficies opuestas, tales como la superficie de la cabeza y la superficie del pistón) tal como se reivindica en la reivindicación 1.

En el motor de la presente invención, la combustión de un combustible que contiene hidrocarburo que genera una llama que emite fotones se realiza en una cámara con una pared provista de un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, estando adaptado dicho revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono para controlar la formación de especies H^+ o $[H]$ sobre el revestimiento de la cámara que contiene óxido de cerio-carbono, mientras se controlan las reacciones de ramificación de hidrógeno catalizando la utilización de átomos de oxígeno de los óxidos de Ce, Pr, Nd, La, Y y Zr para reaccionar con el hidrógeno H_2 para la formación de H_2O sobre la pared de la cámara.

El revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono tiene, de manera ventajosa, un espesor de menos de $100\ \mu m$, tal como menos de $70\ \mu m$, por ejemplo, un espesor de 10 a $70\ \mu m$.

El revestimiento que contiene carbono en la presente invención significa un revestimiento que comprende carbono de grafito, más preferentemente, tal como estructuras de grafeno bidimensional (tales como estructuras con un pico de intensidad Raman mayor entre $2.600 - 2.700$ desplazamiento de Raman ($1/cm$) que el pico de intensidad Raman entre $1.500 - 1.700$ desplazamiento de Raman ($1/cm$). El revestimiento que contiene carbono de la presente invención es, preferentemente, un revestimiento para el cual, como mínimo, el 30% en peso del carbono está en forma de estructura de grafeno bidimensional, de manera ventajosa, mezclado con grafito que tiene la estructura de nanotubos (tales como nanotubos de carbono de pared simple, nanotubos de carbono de pared doble o nanotubos de carbono de pared múltiple) y/o fullereno y/o combinaciones de los mismos.

El revestimiento catalítico dado a conocer para la cámara de combustión del motor de la presente invención también se puede utilizar para otros fines, tales como para el tratamiento posterior de gases de escape, especialmente gases de escape que contienen combustible y/o partículas que contienen carbono. A continuación, el revestimiento de catalizador se soporta, de manera ventajosa, sobre un soporte que contiene aluminio, un soporte de aluminosilicato y/o un soporte de aluminofosfosilicato, tal como un soporte de tipo cordierita.

De manera ventajosa, el revestimiento de cerio-carbono está adaptado para capturar fotones emitidos por la llama con longitudes de onda de 6.500 a $7.500\ \text{\AA}$, de manera ventajosa, para capturar del 5 al 25% de los fotones con longitudes de onda de 6.500 a $7.500\ \text{\AA}$ emitidos por la llama que tiene una temperatura superior a $800\ ^\circ C$.

Según una realización ventajosa, el revestimiento de cerio-carbono está adaptado para asegurar una radiación de emisión de espectro amplificado de fotones, como mínimo, a una temperatura comprendida entre 500 y $800\ ^\circ C$, cubriendo dicho espectro, de manera ventajosa, sustancialmente todo el intervalo desde, aproximadamente, $4.000\ \text{\AA}$ hasta $7.500\ \text{\AA}$ (es decir, asegurando así la emisión de rayos en el intervalo violeta (longitud de onda desde $4.000\ \text{\AA}$ hasta, aproximadamente, $4.500\ \text{\AA}$), en el intervalo azul (longitud de onda desde $4.500\ \text{\AA}$ hasta $5.200\ \text{\AA}$), en el intervalo verde (desde, aproximadamente, $5.200\ \text{\AA}$ hasta, aproximadamente, $5.700\ \text{\AA}$), en el intervalo amarillo (desde, aproximadamente, $5.700\ \text{\AA}$ hasta, aproximadamente, $5.900\ \text{\AA}$), en el intervalo naranja (desde, aproximadamente, $5.900\ \text{\AA}$ hasta $6.250\ \text{\AA}$) y en el intervalo rojo (desde, aproximadamente, $6.250\ \text{\AA}$ hasta, aproximadamente, $7.500\ \text{\AA}$). La emisión se controla, de manera ventajosa, de modo que la emisión del revestimiento se produzca de forma sustancialmente continua desde, aproximadamente, $300\ ^\circ C$ hasta, aproximadamente, $900\ ^\circ C$.

Preferentemente, el motor comprende, como mínimo, cuatro etapas sucesivas, es decir, una etapa de admisión para cargar la cámara de combustión con, como mínimo, oxígeno y nitrógeno, una etapa de compresión en la que se comprimen dichos, como mínimo, oxígeno y nitrógeno, una etapa de combustión en la cámara de combustión (que comprende, de manera ventajosa, como mínimo, en parte, una etapa de expansión), y una etapa de escape para la salida de los gases presentes en la cámara de combustión, por las que, como mínimo, durante una etapa seleccionada entre el grupo de la etapa de admisión y la etapa de compresión, el revestimiento de óxido de cerio-carbono que comprende óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, está adaptado para la absorción de átomos de oxígeno a una temperatura comprendida entre 100 y $400\ ^\circ C$.

Según una realización adicional, el revestimiento de óxido de cerio-carbono que comprende óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, está adaptado para la absorción de átomos de hidrógeno (especialmente en forma de especies de hidrógeno H^+), como mínimo, a una temperatura comprendida entre 300 y $700\ ^\circ C$. Se espera que se realice algo de craqueo del combustible a una temperatura por debajo de $500\ ^\circ C$ y a una presión superior a $5 \cdot 10^5\ Pa$.

Según una realización, la presencia de óxidos de Pr, Nd, La, Y y Zr en el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono actúa, de manera ventajosa, como catalizador para la reacción del oxígeno almacenado en el revestimiento con hidrógeno H_2 y/o especies de hidrógeno para la formación de agua, como mínimo, a una temperatura superior a $500\ ^\circ C$ y una presión superior a $30 \cdot 10^5\ Pa$.

Las realizaciones ventajosas de la presente invención comprenden una o más de las siguientes características, de manera ventajosa, una pluralidad de las siguientes características:

- 5 - el revestimiento que contiene cerio-carbono es apropiado para que el combustible que contiene hidrocarburos se convierta en especies o moléculas que contienen carbono y en hidrógeno y especies de hidrógeno, como mínimo, a una temperatura superior a 500 °C y una presión superior a $20 \cdot 10^5$ Pa.
- el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono comprende suficientes óxidos de Pr, Nd, La, Y y Zr, para que se reduzcan, como mínimo, en un 50 % molar, las moléculas de hidrógeno H_2 que entran en contacto con el
- 10 revestimiento que contiene cerio-carbono y se conviertan en especies de H libres y especies de OH libres, a una temperatura superior a 500 °C y una presión superior a $20 \cdot 10^5$ Pa.
- el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono comprende suficientes óxidos de Pr, Nd, La, Y y Zr, para que se reduzca, como mínimo, en un 75 % molar, las moléculas de hidrógeno H_2 que entran en contacto con el revestimiento que contiene cerio-carbono y se conviertan en especies de H libres y especies de OH libres, a una temperatura superior a 500 °C y una presión superior a $20 \cdot 10^5$ Pa.
- 15 - el revestimiento que contiene cerio-carbono está adaptado, después de capturar el fotón emitido por la llama generada por la combustión del combustible que contiene carbono, para generar, como mínimo, adyacente al revestimiento que contiene cerio-carbono, espectros que cubren de manera sustancialmente continua todo el intervalo espectral desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta, aproximadamente, 7.500 Å.
- el revestimiento que contiene cerio-carbono está adaptado para capturar los fotones emitidos por la llama generada por la combustión del combustible que contiene carbono, y/o, de manera ventajosa y, para generar, como mínimo, adyacente al revestimiento que contiene cerio-carbono, espectros que cubren de manera sustancialmente continua todo el intervalo espectral desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta, aproximadamente, 7.500 Å.
- 20 - el revestimiento que contiene cerio-carbono está adaptado para controlar el número de fotones en la cámara de combustión durante, como mínimo, la combustión del combustible que contiene carbono, siendo dichos fotones, de manera ventajosa, una mezcla de fotones que cubren todo el intervalo espectral desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta, aproximadamente, 7.500 Å.
- 25 - el revestimiento que contiene cerio-carbono comprende algo de aluminio, preferentemente, en su forma de óxido o hidróxido y/o en forma de aluminosilicato, por lo que el contenido de aluminio metálico del revestimiento de catalizador con respecto al contenido total en peso de metales del revestimiento de catalizador de los metales seleccionados entre Al, Ce, Pr, Nd, La, Y y Zr está comprendido entre el 1 y el 10 %.
- 30 - el motor comprende cilindros que tienen una cara que contiene aluminio, especialmente una cara que contiene aluminosilíce, estando dicha cara provista, como mínimo, parcialmente, con el revestimiento que contiene cerio-carbono.
- el revestimiento de catalizador comprende, además, óxido de aluminio y/o aluminosilicato.
- 35 - el revestimiento de catalizador tiene un espesor de menos de 500 nm, de manera ventajosa, menos de 300 nm.
- el revestimiento de catalizador tiene la estructura de las partículas más grandes con un tamaño superior a 100 nm, con partículas con un tamaño inferior a 70 nm (preferentemente, menos de 30 nm) que se extienden dentro del vacío creado entre las partículas más grandes.
- el catalizador que contiene óxido de cerio-carbono es un catalizador que controla, como mínimo, la reacción de ramificación de la especie H^* con O_2 en dicho catalizador, así como controla la reacción de ramificación de la especie *O con H_2 en dicho catalizador.
- 40 - el revestimiento de catalizador está sustancialmente libre o libre de Pd, Pt, Rh, Cu y combinaciones de los mismos.
- como mínimo, el 50 % del carbono presente en el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono está en la forma de unidades de grafeno, posiblemente con algunas porciones superpuestas.
- 45 - el catalizador que contiene óxido de cerio-carbono está adaptado para controlar la formación de partículas de carbono en forma de grafito poroso, especialmente en forma de partículas de grafeno, dentro de la cámara de combustión, especialmente sobre el revestimiento del catalizador, y/o para reducir el escape de partículas de hollín de la cámara de combustión.
- el catalizador que contiene óxido de cerio-carbono está adaptado para emitir en función de la temperatura rayos con longitudes de onda en el intervalo violeta, rayos en el intervalo azul, rayos en el intervalo verde, rayos en el intervalo amarillo, así como rayos dentro del intervalo rojo.
- 50 - el catalizador que contiene óxido de cerio-carbono está adaptado para controlar la formación de partículas de carbono en forma de grafito poroso, especialmente en forma de partículas de grafeno, dentro de la cámara de combustión, especialmente sobre el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, y/o para reducir el escape de partículas de hollín de la cámara de combustión.
- 55 - el catalizador que contiene óxido de cerio-carbono está adaptado para emitir en función de la temperatura rayos con longitudes de onda en el intervalo violeta, rayos con longitudes de onda en el intervalo azul, rayos con longitudes de onda en el intervalo verde, rayos con longitudes de onda en el intervalo amarillo, así como rayos con longitudes de onda en el intervalo rojo.
- 60 - el motor es un motor de combustión de carga estratificada dual, como mínimo, parcialmente, que tiene, de manera ventajosa, dos superficies opuestas provistas del catalizador que contiene óxido de cerio-carbono, siendo dichas superficies opuestas preferentemente, superficies de cabeza de pistón o superficies de dos cabezas de pistón móviles opuestas.
- 65 - combinaciones de las mismas.

La presente invención se refiere también a un proceso de producción de energía mecánica mediante la combustión de un combustible en una atmósfera que contiene aire en la cámara o las cámaras de combustión de un motor de la presente invención, mediante el cual el revestimiento/catalizador que contiene óxido de cerio-carbono se somete a un ciclo que comprende, como mínimo, una etapa de eliminación de oxígeno de la atmósfera que contiene aire mediante captura del oxígeno en el catalizador, y una etapa de formación de vapor de agua al nivel del catalizador mediante la reacción de hidrógeno o especies de hidrógeno.

La presente invención se refiere, además, a un precursor de catalizador para un catalizador de un motor, según la presente invención, siendo dicho catalizador un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, tal como se da a conocer en la reivindicación 1, en el que el precursor del catalizador es tal que el peso relativo de los metales seleccionados entre Ce, Pr, La, Nd, Y y Zr, expresados como óxidos CeO_2 , Pr_6O_{11} , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 y ZrO_2 del revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono con respecto al peso total de dichos metales expresados como óxidos son:

Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,
 Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %
 La (como La_2O_3): del 15 a 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %
 Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %
 Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %
 Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %

De manera ventajosa, el precursor del catalizador comprende, además, óxido de aluminio y/o aluminosilicato y/o SiO_2 y/o silano y/o aluminofosfosilicato.

Preferentemente, el precursor del catalizador está en forma de partículas con un tamaño de menos de 10 μm , de manera ventajosa, menos de 5 μm , preferentemente, menos de 200 nm.

La presente invención se refiere, además, a un soporte catalítico, que comprende, de manera ventajosa, aluminio, Ni, Co, etc., preferentemente, producido a partir de una aleación de aluminio, aleaciones de Ni-Co o Ni-CoAl, estando dicho soporte provisto de un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono que comprende los óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, en el que el peso relativo de los metales seleccionados entre Ce, Pr, La, Nd, Y y Zr, expresados como óxidos CeO_2 , Pr_6O_{11} , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 y ZrO_2 del revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono con respecto al peso total de dichos metales expresados como óxidos son:

Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,
 Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %
 La (como La_2O_3): del 15 al 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %
 Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %
 Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %
 Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %

El revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono tiene, de manera ventajosa, una o más de las características del revestimiento dadas a conocer en cualquiera de los motores de la presente invención, tales como las que se han dado a conocer en la presente memoria descriptiva anteriormente. De manera ventajosa, dicho soporte es poroso y/o flexible. Preferentemente, dicho soporte tiene la forma de una membrana porosa. De manera ventajosa, el soporte es adhesivo o parcialmente adhesivo.

Descripción breve del dibujo

La figura 1 es un gráfico comparativo de pruebas en banco de motores que muestra el par frente a las rpm para un motor de la presente invención, con respecto al mismo motor sin el revestimiento de catalizador.

Descripción de realizaciones preferentes

La presente invención es una mejora de la tecnología dada a conocer en las Patentes WO2006017915, US7482303, US7188470, EP1590555B1 y US7723257, cuyo contenido se incorpora en la presente memoria descriptiva como referencia.

La combustión de carga homogénea es, según el estado de la técnica, la forma de aumentar la eficiencia de combustible del motor del automóvil. Las compañías de automóviles han desarrollado entonces diversos sistemas con control por computadora. Sin embargo, todos dichos sistemas han mostrado sus límites, al no poder alcanzar correctamente los objetivos de consumo, emisión de partículas, etc.

La presente invención tiene por objeto un motor provisto de un catalizador heterogéneo que permite un control vivo de la combustión, incluso en caso de grandes variaciones de régimen.

La cámara de combustión del motor se ha revestido con un precursor de catalizador.

El precursor utilizado fue una mezcla de partículas a nanoescala, dispersas posiblemente en una cera o líquido, siendo la composición de dicha mezcla:

1. partículas primarias de nanocarbono con un tamaño de menos de 10 nm (posiblemente aglomeradas en una estructura con un tamaño de menos de 500 nm. Dichas partículas primarias de nanocarbono están presentes en la mezcla de precursores en una proporción del 10 al 50 % en peso, de manera ventajosa, del 15 al 30 % en peso, preferentemente, del 20 % en peso, aproximadamente. En lugar de utilizar nanopartículas de carbono como tales, se puede utilizar posiblemente una cera con nanopartículas de carbono. Las partículas de carbono comprenden, preferentemente, algunas partículas que forman una estructura de grafeno bidimensional, de la manera más particular, una estructura de grafeno de monocapa bidimensional.

2. una mezcla de partículas de óxidos metálicos, especialmente de nanopartículas (partículas con un tamaño de menos de 200 nm, preferentemente, como mínimo, parcialmente menos de 50 nm. Dicha mezcla de partículas metálicas comprende, de manera ventajosa, con respecto a la mezcla total de dichas partículas de óxidos metálicos (tal como % en peso):

Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,

Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %

La (como La_2O_3): del 15 al 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %

Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %

Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %

Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %

Al (como Al_2O_3): del 0 al 10 %, preferentemente, del 1 % al 5 %

Si (como SiO_2): del 0 al 10 %, preferentemente, del 0,5 al 5 % (dicho silicio puede estar en forma de tetraetoxisilano líquido o soluble, en un sistema disolvente, tal como metanol, etanol, etc.)

la mezcla de nanopartículas de óxido es, de manera ventajosa, una mezcla de nanopartículas de óxido con un tamaño promedio en peso de más de 100 nm y de nanopartículas de óxido con un tamaño promedio en peso de menos de 70 nm, estando comprendida la proporción en peso de nanopartículas de óxido con un tamaño promedio en peso superior a 100 nm / nanopartículas con un tamaño promedio en peso inferior a 70 nm entre 5:1 y 1:5, de manera ventajosa, entre 4:1 y 2:1.

3. posiblemente una cera o un sistema líquido, para permitir alguna adhesión de las partículas sobre la superficie a revestir, siendo dicha cera o líquido, preferentemente, moléculas que comprenden carbono e hidrógeno, así como preferentemente, átomos de oxígeno. La proporción en peso de cera/mezcla de partículas de óxido metálico es, de manera ventajosa, superior a 2, tal como comprendida entre 2,5 y 6.

El precursor se utilizó para revestir (por ejemplo, mediante aplicación con pincel, soplado, pulverización, etc.) la pared de las cámaras de combustión y las cabezas de los pistones del motor. El motor se fabricó en una aleación basada en aluminio. Después de dicho revestimiento, el motor se hizo funcionar con combustible durante 30 minutos. Después de dicho funcionamiento del motor, se eliminó el exceso de catalizador.

El revestimiento de catalizador tenía un espesor de menos de, aproximadamente, 70 nm, con partículas metálicas dispersas homogéneamente. Sobre la cara del tubo de los cilindros de combustión, sustancialmente no estaba presente catalizador o catalizador con un espesor muy pequeño.

A continuación, se probó el motor.

De este modo, se descubrieron las siguientes observaciones:

- estabilidad térmica elevada del catalizador

- estabilidad a presión elevada

- estabilidad al hidrógeno elevada

- funcionamiento del motor posible con diferentes números de cetano o números de octano

- alta conductividad iónica del revestimiento

- control posible del encendido a diferente relación de compresión, desde 6 hasta más de 15, tal como 20 o más, por ejemplo, 22;

- posibilidad de quemar, como mínimo, parcialmente, el carbono y el hidrógeno del combustible por separado, es decir, una gran parte del carbono del combustible en el volumen de la cámara (que comprende la zona de plasma adyacente al revestimiento o revestimientos del catalizador, es decir, en un entorno enriquecido con N_2 con respecto al aire), y una gran parte del hidrógeno del combustible sobre el revestimiento o los revestimientos del catalizador o dentro de los mismos (es decir, en un ambiente rico en O_2 o en un ambiente reducido en N_2 con respecto al aire)

- capacidad elevada de almacenamiento de oxígeno, con alta tasa de absorción y liberación de oxígeno

- capacidad elevada de almacenamiento de hidrógeno

- reducción posible del tamaño del filtro, debido a la menor emisión de partículas pequeñas, así como también

reducción del tamaño del escape del catalizador de tres vías

- posibilidad de utilizar un filtro con un tamaño de poro grande.
- posibilidad de reducir la caída de presión en el escape, a nivel del filtro, así como a nivel del catalizador de tres vías
- activación más rápida del catalizador de tres vías.

5 - funcionamiento estable del catalizador a lo largo del tiempo, por lo que se necesita menos rejuvenecimiento del catalizador

- funcionamiento posible del motor con un valor λ superior a 1,3, tal como superior a 1,4, tal como de 1,4 a 1,3, tal como de 1,5 a 2,1.

- tratamiento posterior mejorado

10 - menos NOx

- contenido de HC bajo en los gases de escape

- menos escape de partículas de carbono (especialmente, no se escapan sustancialmente partículas de carbono de tamaño pequeño, tal como sustancialmente ninguna partícula de carbono con un tamaño de menos de 5 μm)

- sin formación de hollín en la cámara de combustión

15 - sin depósitos de hollín en el tubo de escape

- escape elevado de vapor de agua.

- consumo menor de combustible

- mayor cantidad global de electrones libres en la cámara de combustión

20 - la combustión fue una combustión estratificada dual con dos superficies opuestas provistas con un revestimiento que contenía cerio-carbono.

El motor funcionaba con un sistema de inyección directa de combustible, así como, preferentemente, con una inyección directa de agua líquida (tal como microgotas) en la cámara de combustión, estos sistemas son, por ejemplo, sistemas tales como la gama de sistemas K-Jetronic de Bosch GmbH y WI (Water Injection) de Bosch GmbH. Las tecnologías de inyección de agua se dan a conocer en las Patentes US5174247, US6067964 y US6092514.

25

Se observaron los siguientes resultados: menor consumo de combustible, menor emisión de NOx, menor emisión de partículas pequeñas de carbono, mejor funcionamiento del motor (menos vibraciones), mejor funcionamiento del filtro y el sistema de tratamiento de los gases de escape, etc.

30

El motor era un motor con encendido por compresión. Se observó que era posible aumentar la relación de compresión antes del encendido en un motor de encendido por chispa, así como en un motor de encendido por compresión, con respecto a la relación de compresión de encendido que se utiliza actualmente. Además, se

35

Dado que la caída de presión en el sistema convertidor de escape y el filtro se redujo con respecto a la caída de presión en el sistema de convertidor de escape y el filtro de los motores actuales, al tiempo que se garantizaba un nivel elevado de eliminación de partículas de carbono y/o la conversión de moléculas tóxicas de NOx, fue posible un mejor llenado de aire de la cámara de combustión con el motor de la presente invención. Además, cuando la válvula de admisión de aire y la válvula de escape están en posición abierta, el aire puede fluir más fácilmente a través de la cámara de combustión del motor de la presente invención, asegurando de esta manera una absorción de oxígeno por el revestimiento del catalizador, así como un enfriamiento de la cámara de combustión, e incluso una alta captación de gases de escape.

45

En vista de la menor caída de presión en el sistema convertidor de escape, los gases de escape se pueden utilizar mejor para hacer girar una turbina (para cualquier propósito), cuando sea necesario y/o para fines de EGR (reciclaje de gases de escape, del inglés *exhaust gas recycling*). Debido al bajo nivel de contenido de partículas de carbono, el EGR tiene un mejor rendimiento y el sistema EGR no está sujeto a problemas de obstrucción.

50

El motor también podría ser un motor con encendido por chispa o con otros medios para controlar el encendido.

El motor también puede estar provisto con inyectores tipo Bosch para inyectar gotas o gotitas de agua y/o vapor de agua en la entrada de aire (antes y/o después de la válvula de mariposa de aire en el colector, y/o directamente dentro de la cámara de combustión).

55

De este modo, el revestimiento de catalizador de la presente invención se puede considerar como un sistema catalítico redox autosoportado, oxidante y reductor altamente coordinado, mediante el cual pueden variar o controlarse la oxidación selectiva y la reducción selectiva en función de la temperatura y la emisión de fotones.

60

La figura 1 es un gráfico comparativo de pruebas de banco de motores que muestra el par (Nm) frente a las rpm para un motor de la presente invención (líneas discontinuas o combustión catalizada) con respecto al mismo motor sin el revestimiento de catalizador (línea continua o combustión convencional). Los niveles de consumo de combustible específicos de los frenos se expresan en gramos (líneas dobles). El vehículo probado fue un motor Volvo, 5 cilindros, 2,41, con aspiración natural e inyección de puerto.

65

REIVINDICACIONES

1. Motor de combustión de carga, como mínimo, parcialmente estratificada, en el que la combustión de un combustible que contiene hidrocarburos que genera una llama que emite fotones se realiza en una cámara con una pared provista de un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, comprendiendo dicho revestimiento, como mínimo, óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, mediante el cual dicho revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono con los óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, está adaptado para controlar la formación de especies H^+ sobre la pared de la cámara, mientras se controlan las reacciones de ramificación de hidrógeno catalizando la utilización de átomos de oxígeno de los óxidos de Ce, Pr, Nd, La, Y y Zr para reaccionar con hidrógeno H_2 para la formación de H_2O sobre la pared de la cámara, en la que el peso relativo de los metales seleccionados entre Ce, Pr, La, Nd, Y y Zr, expresados respectivamente como los siguientes óxidos CeO_2 , Pr_6O_{11} , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 y ZrO_2 del revestimiento que contiene cerio-carbono, con respecto al peso total de dichos metales expresado como óxidos, es:
 - Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,
 - Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %
 - La (como La_2O_3): del 15 al 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %
 - Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %
 - Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %
 - Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %
2. Motor, según la reivindicación 1, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono es un revestimiento adaptado para capturar fotones emitidos por la llama con longitudes de onda de 6.500 a 7.500 Å, de manera ventajosa, para capturar del 5 al 25 % de los fotones con longitudes de onda de 6.500 a 7.500 Å emitidos por la llama que tiene una temperatura superior a 800 °C, o un revestimiento adaptado para asegurar una radiación de emisión de espectro amplificado de fotones, como mínimo, a una temperatura comprendida entre 500 y 800 °C, cubriendo dicho espectro, de manera ventajosa, sustancialmente todo el intervalo desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta 7.500 Å.
3. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cuyos ciclos comprenden cada uno, como mínimo, cuatro etapas sucesivas, es decir, una etapa de admisión para cargar la cámara de combustión con, como mínimo, oxígeno y nitrógeno, una etapa de compresión en la que se comprimen dichos, como mínimo, oxígeno y nitrógeno, una etapa de combustión en la cámara de combustión, y una etapa de escape para el escape de los gases presentes en la cámara de combustión, por las que, como mínimo, durante una etapa seleccionada entre el grupo de la etapa de admisión y la etapa de compresión, el revestimiento de óxido de cerio-carbono que comprende óxidos de los siguientes elementos Pr, Nd, La, Y y Zr, está adaptado para captar átomos de oxígeno a una temperatura comprendida entre 100 y 400 °C.
4. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono comprende suficientes óxidos de Pr, Nd, La, Y y Zr, para convertir, como mínimo, un 50 % molar, de manera ventajosa, como mínimo, un 75 % del hidrógeno H_2 que entra en contacto con el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono en especies de H libres y especies de OH libres, a una temperatura superior a 500 °C y una presión superior a $20 \cdot 10^5$ Pa.
5. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono es un revestimiento adaptado para capturar los fotones emitidos por la llama generada por la combustión del combustible que contiene carbono, y/o un revestimiento adaptado para generar, como mínimo, adyacente a la pared, espectros que cubren de manera sustancialmente continua todo el intervalo espectral desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta, aproximadamente, 7.500 Å.
6. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono es un revestimiento adaptado para controlar el número de fotones en la cámara de combustión, especialmente los adyacentes al revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, durante, como mínimo, la combustión del combustible que contiene carbono, siendo dichos fotones, de manera ventajosa, una mezcla de fotones que cubren todo el intervalo espectral desde, aproximadamente, 4.000 Å hasta, aproximadamente, 7.500 Å.
7. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono comprende algo de aluminio, preferentemente, en su forma de óxido o hidróxido y/o en forma de aluminosilicato, por el que el contenido de aluminio metálico del revestimiento de catalizador con respecto al contenido en peso de metal total del revestimiento de catalizador de los metales seleccionados entre Al, Ce, Pr, Nd, La, Y y Zr está comprendido entre el 1 y el 10 %.
8. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el motor comprende cilindros que tienen una cara que contiene aluminio, especialmente una cara que contiene aluminosílice, estando dicha cara provista, como mínimo, en parte, con el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono.

9. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, como mínimo, el 50 % del carbono presente en el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono está en forma de unidades de grafeno, posiblemente con algunas porciones superpuestas.

10. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono es un catalizador adaptado para controlar la formación de partículas de carbono en forma de grafito poroso, especialmente en forma de partículas de grafeno, dentro de la cámara de combustión, especialmente sobre el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, y/o para reducir el escape de partículas de hollín de la cámara de combustión.

11. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono es un catalizador que emite en función de la temperatura rayos con longitudes de onda en el intervalo violeta, rayos con longitudes de onda en el intervalo azul, rayos con longitudes de onda en el intervalo verde, rayos con longitudes de onda en el intervalo amarillo, así como rayos con longitudes de onda en el intervalo rojo.

12. Motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que es un motor de combustión de carga, como mínimo, parcialmente estratificada dual, que tiene de manera ventajosa dos superficies opuestas provistas del revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono, siendo dichas superficies opuestas, preferentemente, superficies de la cabeza de pistón o superficies de dos cabezas de pistón móviles.

13. Proceso de producción de energía mecánica mediante la combustión de un combustible en una atmósfera que contiene aire en la cámara o las cámaras de combustión de un motor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, mediante el cual el revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono se somete a un ciclo que comprende, como mínimo, una etapa de eliminación de oxígeno de la atmósfera que contiene aire mediante captura de oxígeno en el catalizador, y una etapa de formación de vapor de agua al nivel del catalizador mediante la reacción de hidrógeno o especies de hidrógeno.

14. Precursor de catalizador para un catalizador de un motor, según con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, siendo dicho catalizador un revestimiento que contiene óxido de cerio – carbono, según la reivindicación 1, en el que el precursor del catalizador es tal que el peso relativo de los metales seleccionados entre Ce, Pr, La, Nd, Y y Zr, expresados como óxidos CeO_2 , Pr_6O_{11} , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 y ZrO_2 del revestimiento que contiene cerio-carbono, con respecto al peso total de dichos metales, expresado como óxidos, es:

Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,

Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %

La (como La_2O_3): del 15 al 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %

Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %

Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %

Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %

que, de manera ventajosa, comprende, además, óxido de aluminio y/o aluminosilicato y/o aluminofosfosilicato, estando, preferentemente, en forma de partículas con un tamaño de menos de 10 μm , de manera ventajosa, de menos de 5 μm , preferentemente, en la escala nanométrica.

15. Soporte catalítico, que comprende, de manera ventajosa, aluminio, producido preferentemente, a partir de una aleación de aluminio, estando dicho soporte provisto de un revestimiento que contiene óxido de cerio-carbono que comprende los óxidos de los siguientes elementos Ce, Pr, Nd, La, Y y Zr, por el que el peso relativo de los metales seleccionados entre Ce, Pr, La, Nd, Y y Zr, expresados como óxidos CeO_2 , Pr_6O_{11} , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Y_2O_3 y ZrO_2 del revestimiento que contiene cerio-carbono, con respecto al peso total de dichos metales expresado como óxidos, es:

Ce (como CeO_2): del 25 al 50 %, preferentemente, del 35 al 45 %,

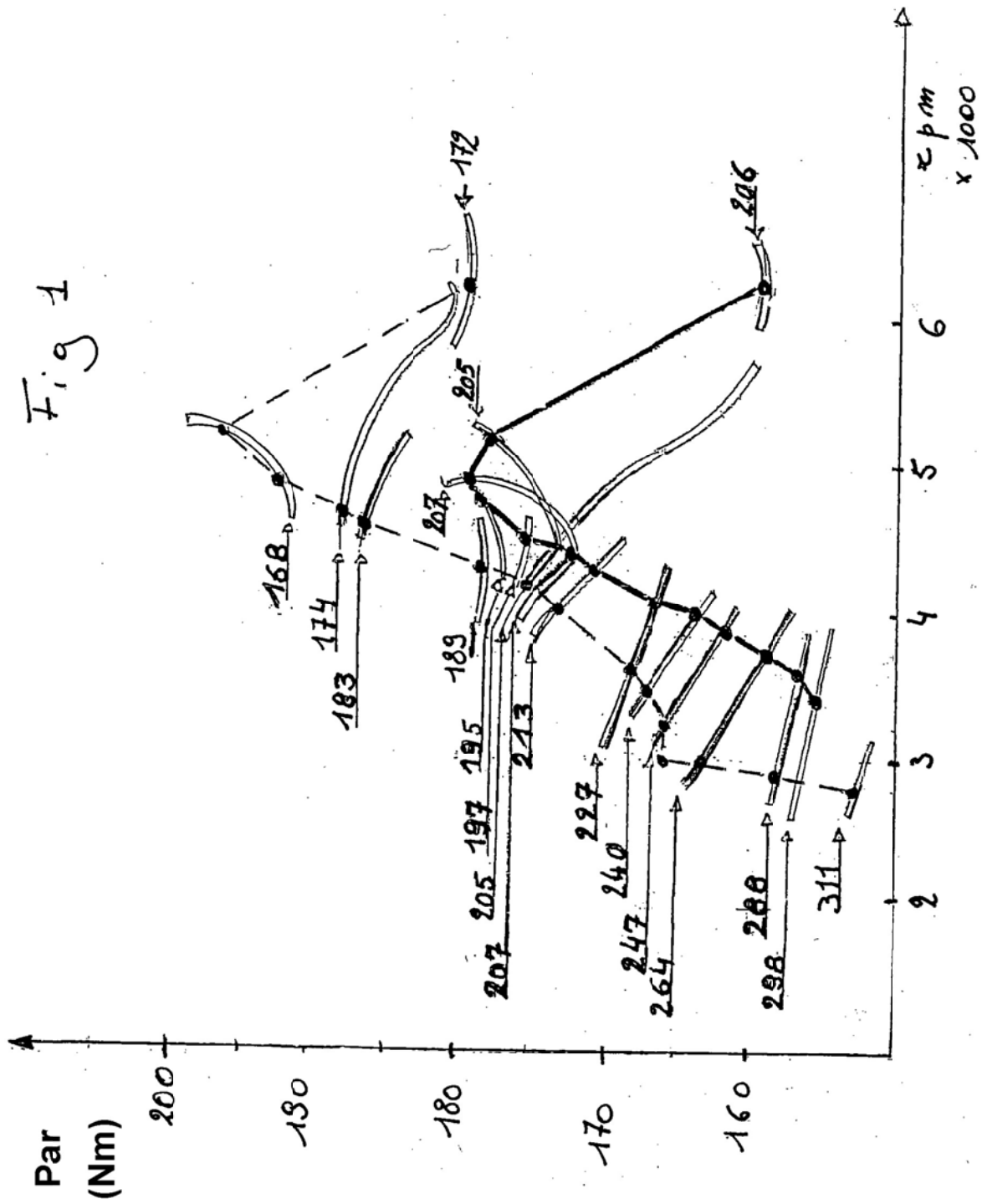
Pr (como Pr_6O_{11}): del 2 al 10 %, preferentemente, del 2,5 al 6 %

La (como La_2O_3): del 15 al 37 %, preferentemente, del 20 al 32 %

Nd (como Nd_2O_3): del 4 al 15 %, preferentemente, del 5 al 13 %

Y (como Y_2O_3): del 5 al 15 %, preferentemente, del 8 al 12 %

Zr (como ZrO_2): del 5 al 25 %, preferentemente, del 10 al 17 %



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- US 8347613 B
- US 7290522 B, Prof Heywood
- WO 2006017915 A
- US 7482303 B
- US 7188470 B
- EP 1590555 B1
- US 7723257 B
- US 2005163691 A
- US 7998538 B
- US 5174247 A
- US 6067964 A
- US 6092514 A