

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 510**

51 Int. Cl.:

**F02B 53/00** (2006.01)

**F02B 55/02** (2006.01)

**F02B 55/08** (2006.01)

**F02B 53/10** (2006.01)

**F02B 53/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.01.2013 PCT/US2013/021875**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13112347**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2013 E 13740986 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2807355**

54 Título: **Estratificación de la reactividad del combustible en motores diésel rotativos**

30 Prioridad:

**24.01.2012 US 201213357108**

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

**23.10.2017**

73 Titular/es:

**WISCONSIN ALUMNI RESEARCH FOUNDATION  
(100.0%)  
614 Walnut Street, 13th Floor  
Madison WI 53707-7365, US**

72 Inventor/es:

**REITZ, ROLF, DENEYS y  
KOKJOHN, SAGE, L.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 638 510 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

Estratificación de la reactividad del combustible en motores diésel rotativos

### Campo de la invención

5 El presente documento se refiere a mejoras en la eficiencia de motores rotativos (por ejemplo, motores rotativos Wankel) y, más particularmente, a mejoras en la eficiencia de motores rotativos que utilizan estratificación de la reactividad del combustible (es decir, variaciones espaciales en la reactividad del combustible dentro de las cámaras de combustión del motor).

### Antecedentes de la invención

10 Debido a que las empresas de automoción y otras se esfuerzan en mejorar la eficiencia de los motores y en reducir las emisiones de los mismos, el interés se ha centrado en los motores rotativos, es decir, motores de combustión interna en los que un rotor (pistón rotativo) rota dentro de una carcasa, en los que se forma una o más cámaras de combustión entre el rotor y la carcasa para desplazarse alrededor de la carcasa cuando el rotor rota. Quizás el tipo de motor rotativo más conocido es el motor Wankel, en el que un rotor ligeramente triangular rota excéntricamente (es decir, de manera que su eje de rotación no coincida con su eje geométrico) dentro de una carcasa que tiene un interior de forma ligeramente ovalada (aunque también son posibles otras configuraciones de rotor y carcasa, por ejemplo, un rotor generalmente cuadrado dentro de una carcasa que tiene un interior "con forma de trébol"; véase, por ejemplo, la patente US 2.988.065 de Wankel et al.). Los motores rotativos tienen especial interés debido a que son relativamente compactos y livianos en comparación con los motores de pistón en vaivén que tienen una potencia similar, lo que convierte los motores rotativos en una posibilidad atractiva para su uso en vehículos híbridos (vehículos que usan motores de combustión interna en combinación con otras fuentes de energía, típicamente baterías eléctricas, para suministrar su potencia motriz). En particular, los motores rotativos serían prometedores para su uso en vehículos eléctricos alimentados por baterías para extender su autonomía cuando sus baterías empiecen a gastarse. Sin embargo, los motores rotativos presentan inconvenientes de eficiencia del combustible y de emisiones contaminantes que han impedido su adopción generalizada: la gran pérdida de calor desde el área superficial relativamente grande de la cámara de combustión, y las pérdidas de presión debidas a un sellado poco eficiente entre las cámaras del motor, contribuyen a reducir la potencia del motor; y los problemas derivados de la forma alargada de la cámara de combustión, tal como, por ejemplo, extinción de la llama (es decir, propagación deficiente de la combustión) y duración prolongada de la combustión, tienden a causar emisiones elevadas de hollín (emisiones de hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados), y contribuyen también a reducciones adicionales en la eficiencia.

30 El interés en conseguir una eficiencia mayor de los motores ha llevado también a esfuerzos para mejorar los motores diésel (encendido por compresión). (Para el lector no familiarizado con los motores de combustión interna, la diferencia principal entre los motores de gasolina y los motores diésel es la manera en la que se inicia la combustión. Los motores de gasolina, a los que se hace referencia también como motores de encendido por chispa o motores "SI" (Spark Ignition), proporcionan una mezcla de aire y combustible relativamente rica en combustible al cilindro del motor, a continuación, una chispa enciende la mezcla para impulsar el pistón hacia fuera desde el cilindro para generar trabajo. En los motores diésel, conocidos también como motores de encendido por compresión, el combustible es introducido a un cilindro del motor conforme el pistón comprime el aire en su interior, a continuación, se enciende el combustible bajo condiciones de alta presión comprimida/alta temperatura para accionar el pistón hacia fuera desde el cilindro para generar trabajo. Los motores diésel tienden a ser más eficientes que los motores de gasolina, proporcionando una potencia de salida increíblemente alta con respecto al consumo de combustible, pero, desafortunadamente, tienden a producir elevadas emisiones de contaminantes, en particular emisiones de hollín y de óxidos de nitrógeno (denominados generalmente NOx). El hollín se asocia generalmente con una combustión incompleta y, por lo tanto, puede ser reducido incrementando las temperaturas de combustión, o proporcionando más oxígeno para promover la oxidación de las partículas de hollín. Los NOx que tienden a causar efectos adversos, tales como lluvia ácida, se asocian generalmente con condiciones de alta temperatura de los motores y, por lo tanto, pueden ser reducidos mediante el uso de medidas tales como recirculación de los gases de escape (Exhaust Gas Recirculation, EGR), en las que el aire de admisión del motor es diluido con gas de escape relativamente inerte (generalmente, después de enfriar el gas de escape), reduciendo de esta manera el oxígeno en la cámara de combustión y reduciendo la temperatura de combustión máxima. Desafortunadamente, las medidas que reducen la producción de hollín en un motor tienden a incrementar la producción de NOx, y las medidas que reducen la producción de NOx en un motor tienden a incrementar la producción de hollín, resultando en lo que frecuentemente se denomina el "compromiso hollín-NOx". Las emisiones de NOx y de hollín pueden ser contrarrestadas también después de que salen del motor (por ejemplo, en la corriente de escape), pero dichos procedimientos "pos-tratamiento" tienden a ser costosos de instalar y de mantener. Como ejemplos, la corriente de escape puede ser tratada con catalizadores y/o inyecciones de urea u otros agentes reductores/reactivos para reducir las emisiones de NOx, y/o el combustible puede ser inyectado y reducido periódicamente en la corriente de escape para quemar el hollín recogido en "filtros o purgadores de partículas" (que tienden a obstaculizar la eficiencia del combustible). Debido a que estos enfoques requieren una

complejidad considerable, los vehículos híbridos que usan motores diésel como dispositivos de extensión de autonomía tienden a ser costosos.

### Sumario de la invención

5 La invención, que está definida por las reivindicaciones espuestas al final del presente documento, se refiere a motores y a procedimientos de combustión de motores que mitigan, al menos parcialmente, los problemas indicados anteriormente. En particular, la invención abarca motores diésel rotativos (encendido por compresión) que tienen alta eficiencia y bajas emisiones. Aunque los motores diésel rotativos existen desde hace mucho tiempo, hasta ahora han tendido a adolecer de las desventajas indicadas anteriormente de los motores tanto rotativos como diésel, mientras que consiguen pocas ventajas o ninguna de la combinación de estas técnicas. Como resultado, los motores diésel rotativos han quedado confinados en su mayor parte a aplicaciones especiales, por ejemplo, en ciertos motores de aeronave. Sin embargo, la invención permite motores diésel rotativos de tan gran eficiencia y bajas emisiones que ahora son factibles su uso en automóviles y otros usos habituales, en particular, su uso con vehículos híbridos.

10 Una versión ejemplar de la invención se representa en las Figs. 1-4, que representan un motor **100** rotativo que tiene una carcasa **102** en la que rota un rotor **104**. El rotor **104** tiene unas caras de rotor alrededor de su circunferencia (solo una de estas se indica en los dibujos en **106**) y entre cada cara **106** de rotor y la carcasa **102** se define una cámara **108** a medida que el rotor **104** rota (en los dibujos solo se indica una de estas cámaras **108**). Cada cámara **108** varía de tamaño durante la rotación a mitad que experimenta una carrera de admisión (mostrada para la cámara **108** en la **Fig. 1**), una carrera de compresión (mostrada para la cámara **108** en la **Fig. 2**), una carrera de potencia (o expansión) (mostrada para la cámara **108** en la **Fig. 3**), y una carrera de escape (mostrada para la cámara **108** en la **Fig. 4**). Unos inyectores **110** y **112** primero y segundo están situados para inyectar cargas de combustible al interior de una cámara **108** durante su carrera de admisión (**Fig. 1**) y/o su carrera de compresión (**Fig. 2**). El motor **100** opera en un modo diésel (ignición por compresión), en el que la cámara con el número **108** introduce o si no recibe un suministro de aire desde un puerto **114** de admisión durante su carrera de admisión (**Fig. 1**), acepta también cualquier carga de combustible inyectada durante la carrera de admisión (**Fig. 1**); el aire y el combustible inyectados en la cámara con referencia **108** son comprimidos, a continuación, durante su carrera de compresión (en el que el combustible es inyectado durante la carrera de admisión anterior y/o la carrera de compresión actual), en el que la compresión incrementa el calor y la presión dentro de la cámara **108** de manera que la mezcla de aire/combustible se auto-inflama (**Fig. 2**); la mezcla en combustión en el interior de la cámara con referencia **108** se expande (**Fig. 3**), proporcionando la potencia de salida; y los subproductos de combustión quemados son expulsados a continuación desde un puerto **116** de escape durante la carrera de escape (**Fig. 4**).

25 Con referencia particular a la **Fig. 1**, el motor **100** ejemplar varía entonces de manera más significativa con relación a los motores diésel rotativos convencionales en el sentido de que tiene un primer depósito **118** que contiene un primer material (por ejemplo, gasolina) que tiene una primera reactividad, y un segundo depósito **120** que contiene un segundo material (por ejemplo, combustible diésel o un aditivo modificador de la reactividad) que tiene una segunda reactividad diferente de la primera reactividad. Estos depósitos se representan de manera esquemática en la **Fig. 1**, y se omiten en los dibujos restantes en aras de la simplicidad. (La reactividad es una propiedad correspondiente a la tendencia de un combustible a inflamarse de manera espontánea bajo condiciones operativas diésel, es decir, bajo altas presiones y temperaturas: un combustible con alta reactividad es más probable que se auto-inflame a temperaturas y presiones incrementadas que un combustible con baja reactividad. De esta manera, la reactividad corresponde en general a un índice de cetano del combustible, o al contrario del índice de octano del combustible). Durante las carreras de admisión y/o de compresión (**Fig. 1A** y **1B**, respectivamente), una primera carga de combustible es suministrada a la cámara **108** y, a continuación, una segunda carga de combustible es suministrada a continuación a la cámara **108**, teniendo las cargas de combustible una reactividad diferente. Una de las cargas de combustible podría incluir simplemente el material desde uno de los depósitos, por ejemplo, el primer inyector **110** podría inyectar una carga de combustible que consiste en gasolina desde el primer depósito **118**. La otra de las cargas de combustible podría incluir entonces el material desde el otro depósito, por ejemplo, el segundo inyector **112** podría inyectar una carga de combustible que consiste en diésel desde el segundo depósito **120** o, por el contrario, podría incluir un material desde ambos depósitos, por ejemplo, podría suministrar gasolina desde el primer depósito **118** (suministrada por la línea **122** de suministro, mostrada en líneas de trazos/discontinuas en la **Fig. 1**) mezclada con un aditivo modificador de la reactividad desde el segundo depósito **120**.

30 La temporización y la cantidad de las cargas de combustible inyectadas es tal que se consigue una distribución estratificada de la reactividad del combustible dentro de la cámara **108**, con las regiones de reactividad de combustible más alta separadas de las regiones de reactividad de combustible más baja dentro de la cámara **108** durante su carrera de compresión (**Fig. 2**). Durante la carrera de compresión (**Fig. 2**) y/o la carrera de expansión (**Fig. 3**), a medida que las cargas de combustible se inflaman dentro de la cámara **108**, la combustión comienza en la región o las regiones de alta reactividad, y se expande a la región o las regiones de reactividad más baja por medio de mecanismos tales como la liberación de energía volumétrica y/o la propagación de la llama. Con un ajuste adecuado de la temporización, las cantidades y las reactividades de las cargas de combustible, la combustión puede ser ajustada para comenzar en un tiempo deseado y avanzar a una tasa deseada (un tiempo y una tasa que resultan en una liberación de calor controlada,

5 resultando en una potencia de salida óptima), mientras se impiden rápidos incrementos de presión y altas temperaturas de la cámara **108** (que promueven la producción de NOx y reducen la economía del combustible), y con una baja producción de hollín (debido a un consumo sustancialmente completo de todo el combustible inyectado al interior de la cámara **108**). Brevemente, el ajuste de la distribución de reactividad dentro de la cámara **108** puede permitir el ajuste de la naturaleza del procedimiento de combustión. Una estratificación/graduación menor de la reactividad (mayor uniformidad en la reactividad en toda la cámara **108** de combustión) tiende a resultar en una tasa de combustión más alta, ya que cada ubicación en el interior de la cámara **108** tiene una posibilidad aproximadamente igual de inflamarse primero, y las que no se inflaman primero se inflamarán rápidamente por sus vecinas. Por el contrario, una mayor estratificación/graduación de la reactividad tiende a resultar en una tasa de combustión más baja.

10 Preferiblemente, la primera carga de combustible tiene una reactividad más baja que la segunda carga de combustible, y es inyectada suficientemente pronto durante la duración de la carrera de admisión (**Fig. 1**) y/o la carrera de compresión (**Fig. 2**) de manera que la carga de combustible inicial se mezcle previamente en gran medida con el aire en la cámara **108** durante una parte principal de la carrera de compresión (**Fig. 2**). Por ejemplo, la primera carga de combustible podría ser introducida a la cámara **108** después del comienzo de la carrera de admisión de la **Fig. 1** (es decir, cuando el puerto **114** de admisión se abre a la cámara **108**), y dentro de aproximadamente 90 grados de la rotación del rotor **104** después de que el puerto **114** de admisión se cierra a la cámara **108**. La segunda carga de combustible de reactividad más alta puede ser inyectada a continuación al interior de la matriz de aire-combustible de baja reactividad, altamente mezclada, al interior de la cámara **108**, generando la región o las regiones de alta reactividad en la región o las regiones en las que se iniciará la combustión. La segunda carga de combustible podría ser inyectada durante aproximadamente la primera mitad de la carrera de compresión, tal como entre el cierre del puerto **114** de admisión a la cámara **108** y aproximadamente 90 grados de la rotación del rotor **104** antes del "punto muerto superior", es decir, el tiempo al final de la carrera de compresión (**Fig. 2**) y el comienzo de la carrera de potencia (**Fig. 3**) cuando la cámara **108** tiene un tamaño mínimo. Más preferiblemente, las cargas de combustible son proporcionadas a la cámara **108** de manera que la presión pico de la cámara se obtenga en el punto muerto superior, o en los 30 grados de la rotación posterior del rotor **104**, ya que esto tiende a proporcionar la potencia de trabajo más alta.

Los inyectores **110** y **112** primero y segundo para inyectar las cargas primera y segunda pueden estar provistos en una relación separada alrededor de la circunferencia interior de la cámara **108**, tal como se muestra en la **Fig. 1**, en la que el primer inyector **110** es expuesto a la cámara **108** antes que el segundo inyector **112** a medida que el rotor **104** rota dentro de la carcasa **102**. Sin embargo, no es necesario que el primer inyector **110** esté situado dentro de la cámara **108** y, por ejemplo, podría ser proporcionado como un inyector **124** de puerto situado aguas arriba del puerto **114** de admisión (por ejemplo, dentro del puerto **114**, el colector de admisión y/o dentro de la corredera de admisión que se extiende desde el mismo). De manera alternativa, los inyectores **110** y **112** primero y segundo podrían ser el mismo inyector, es decir, las cargas de combustible primera y segunda podrían ser suministradas por el mismo inyector. También es posible inyectar cargas de combustible adicionales, que tengan la misma reactividad o una reactividad diferente que la primera carga de combustible (y procediendo estas cargas de combustible adicionales del mismo inyector o de inyectores diferentes), siempre que consigan los mismos objetivos de reactividad estratificada y de combustión controlada. Dichas cargas de combustible adicionales pueden ser inyectadas por uno cualquiera o ambos de entre los inyectores **110** y **112** primero y segundo, y/o por uno o más inyectores adicionales (no mostrados).

40 Las cargas de combustible pueden ser combustibles convencionales suministrados desde depósitos separados, por ejemplo, gasolina (que tiene una reactividad más baja) desde el primer depósito **118** (**Fig. 1**) y combustible diésel (que tiene una reactividad más alta) desde el segundo depósito **120**. De manera alternativa o adicional, la reactividad del combustible desde un depósito puede ser modificada entre niveles más altos y más bajos mediante la adición de un modificador de reactividad apropiado. A modo de ejemplo, el primer inyector **110** podría proporcionar una carga inicial de reactividad más baja a la cámara **108** que simplemente contiene combustible de gasolina o diésel desde el primer depósito **118**, y el segundo inyector **112** podría proporcionar una carga de combustible de reactividad más alta posterior a la cámara **108** que contiene combustible de gasolina o diésel desde el primer depósito **118** (a través de la línea **122** de suministro) más una pequeña cantidad de aditivo potenciador de la reactividad, por ejemplo, peróxido de di-terc-butilo (DTBP), nitrato de 2-etil hexilo u otro potenciador de índice de cetano desde el segundo depósito **120**. Dicha disposición es útil debido a que muchos modificadores de reactividad solo se necesitan en cantidades muy diluidas y, de esta manera, podría proporcionarse un pequeño depósito que contenga un modificador de reactividad junto con un depósito de combustible convencional, y con una disposición de medición que proporcione una cantidad deseada de modificador de reactividad al interior de la línea de combustible (o al interior de una línea de combustible de alta reactividad separada de una línea de combustible de baja reactividad). Otra disposición que podría ser usada consiste en proporcionar depósitos **118** y **120** que estén llenos del mismo combustible, y en los que se añaden, manual o automáticamente, uno o más modificadores de reactividad a uno o más de entre los depósitos para conseguir las reactividades deseadas.

Otras ventajas, características y objetivos de la invención serán evidentes a partir del resto del presente documento, junto con los dibujos asociados.

**Breve descripción de los dibujos**

La **Fig. 1** es un diagrama esquemático de una sección transversal de un motor **100** giratorio ejemplar durante su carrera de admisión, en el que el rotor **104** está rotando para aspirar aire al interior de la cámara **108**, desde el puerto **114** de admisión abierto. En versiones preferidas de la invención, uno de los inyectores **124** y/o **110** ha inyectado preferiblemente una o más cargas de combustible de baja reactividad al interior de la cámara **108** suficientemente pronto durante la carrera de admisión, de manera que las cargas están bien dispersadas en el interior de la cámara **108** y una carga de combustible de alta reactividad es inyectada más tarde por el inyector **112** durante la última parte de la carrera de admisión, o durante la carrera de compresión (**Fig. 2**), para proporcionar una o más regiones dentro de la cámara **108** en las que comenzará la combustión.

La **Fig. 2** es un diagrama esquemático del motor **100** de la **Fig. 1** mostrado sin los inyectores **124**, **110** y **112** de la **Fig. 1** y sus depósitos **118** y **120** y líneas de suministro asociados, en el que el motor **100** está en su carrera de compresión en la que el aire y el combustible dentro de la cámara **108** están siendo comprimidos, induciendo de esta manera las condiciones para la combustión.

La **Fig. 3** es un diagrama esquemático del motor **100** de la **Fig. 1** mostrado durante su carrera de potencia (expansión), en el que el contenido de la cámara **108** se está expandiendo a medida que se queman el aire y el combustible en su interior, proporcionando de esta manera salida de potencia al rotor **104**.

La **Fig. 4** es un diagrama esquemático del motor **100** de la **Fig. 1** mostrado durante su carrera de escape, en el que el contenido quemado de la cámara **108** es expulsado a través del puerto **116** de escape abierto.

**Descripción detallada de las versiones ejemplares de la invención**

Profundizando en el análisis anterior, la invención permite las ventajas de los motores rotativos (por ejemplo, motores compactos y livianos que proporcionan potencia a altas rpm con poca vibración) mientras reduce, al menos parcialmente, sus desventajas, tales como la baja eficiencia y las altas emisiones. Debido al tamaño compacto, al bajo nivel de ruido y a la sencillez de los motores rotativos que pueden usarse en la invención, la invención es muy adecuada para su uso en vehículos híbridos, por ejemplo, para alimentar los vehículos cuando el nivel de carga de sus baterías eléctricas es bajo, y/o para recargar estas baterías. La invención es adecuada también para su uso en cualquier otra disposición en la que se usan motores de combustión interna, por ejemplo, en vehículos convencionales como su fuente principal de potencia motriz, y/o en herramientas e instrumentos energizados por motores de combustión interna, por ejemplo, generadores, cortadoras de césped, motosierras y similares.

Tal como se ha indicado anteriormente, la invención se basa en gran medida en la provisión de cargas de combustible a la cámara **108** con temporizaciones, cantidades y otras cualidades (por ejemplo, patrón de pulverización y grado de penetración) de manera que la cámara **108** contiene una matriz al menos sustancialmente homogénea de una mezcla de baja reactividad, y de manera que una o más cargas de alta reactividad posteriores resulten en una combustión controlada que tiene una liberación de trabajo temporizada para una salida de potencia óptima, y que tiene también una temperatura más baja y una combustión completa con el fin de controlar emisiones no deseadas y de potenciar la eficiencia del motor. Este tipo de metodología, conocida como ignición por compresión de reactividad controlada (Reactivity-Controlled Compression Ignition, RCCI), se describe para motores diésel convencionales en las solicitudes de patente anteriores de los inventores (solicitudes de patente US 12/793.808 y 13/077.378, que se incorporan por referencia a la presente memoria de manera que su contenido debería considerarse como parte de este documento), y los conceptos derivados de estas solicitudes anteriores pueden llevarse a cabo también en la presente invención. Para una salida de trabajo óptima, las cargas de combustible son suministradas, preferiblemente, a la cámara de combustión para conseguir una presión de pico del cilindro en o después del punto muerto superior, más preferiblemente ligeramente después del punto muerto superior (por ejemplo, entre 3 y 30 grados de rotación del rotor después del punto muerto superior). De manera similar, para evitar la formación de NOx y la pérdida de calor que lastra la eficiencia, es preferible que se produzca un CA50 (es decir, un 50% de la masa de combustible total quemada) entre aproximadamente 0 a 15 grados de rotación del rotor después del punto muerto superior.

Preferiblemente, la inyección de combustible está configurada y temporizada también de manera que el combustible inyectado no incida (o incida mínimamente) sobre la cara **106** del rotor y/o sobre otras paredes de la cámara **108**, en particular, sobre los "vértices" en los bordes de la cámara **108** en los que el rotor **104** se apoya contra la carcasa **102**. Idealmente, cuando el motor **100** está configurado como en los dibujos adjuntos, cada inyector **110** y **112** está configurado y situado alrededor de la carcasa **102** de manera que pueda inyectar su carga o sus cargas cuando está al menos sustancialmente alineado con el centro de la cara **106** del rotor, en el que el patrón de pulverización está diseñado para extenderse por toda la cámara **108** sin incidir sobre el rotor **104**, y extendiéndose no más de aproximadamente el 90% del radio del rotor de manera que el combustible no sea dirigido a los vértices de la cámara **108**.

Se hace hincapié en que las versiones de la invención descritas anteriormente son simplemente ejemplares, y la invención

5 puede ser modificada en numerosos aspectos. Inicialmente, aunque la descripción anterior se ha enfocado en general en el uso del motor rotativo de tipo Wankel en la invención, también es posible el uso de otros tipos de motores rotativos, por ejemplo, los motores rotativos de la patente US 6.164.263 de Saint-Hilaire et al, la patente US 6.659.065 de Renegar, la patente US 6.722.321 de Kim, la patente US 6.983.729 de Schapiro et al., la patente US 7.178.502 de Okulov, la patente US 7.913.663 de Cobbs, y las patentes citadas en, y que citan a, estas patentes. Por lo tanto, la invención podría variar de manera significativa con respecto a la forma ejemplar mostrada en los dibujos adjuntos.

10 Además, las cargas de combustible no se limitan al uso de combustible de gasolina y diésel, o al uso de combustible de gasolina o diésel con un aditivo modificador de reactividad y, por el contrario, podría usarse una amplia variedad de combustibles distintos (con o sin aditivos), por ejemplo, etanol, metanol, metano, propano u otras sustancias. La reactividad de un combustible puede ser modificada también por medios distintos de la adición de un aditivo (u otro combustible), tal como alterando la composición de un combustible y/o separando un combustible en componentes de reactividad más baja y reactividad más alta, mediante el uso de dispositivos a bordo de un vehículo para realizar un craqueo, calentamiento, destilación y/o catálisis a lo largo de la línea de combustible del vehículo. La reactividad puede ser modificada eficazmente también alterando la reactividad del aire existente dentro de la cámara, tal como mediante el uso de EGR (Exhaust Gas Recirculation, recirculación de gas de escape) o medidas similares, ya que el gas de escape recirculado puede perturbar la combustión.

15 Además, al igual que la invención no está limitada al uso de solo dos cargas de combustible, la invención tampoco está limitada al uso de solo dos niveles de reactividad. A modo de ejemplo, cada una de tres o más cargas de combustible puede tener una reactividad diferente a la de las otras cargas.

20 La invención es compatible también con el uso de pos-tratamiento de escape y otras estrategias de manipulación de la combustión y de reducción de emisiones. Estas estrategias podrían reducir adicionalmente las emisiones y, debido a que las emisiones resultantes de la invención se reducen con respecto a las de los sistemas anteriores, el equipamiento usado para implementar las estrategias podría tener una vida operativa más larga y/o podría ser modificado para un menor coste.

25 En resumen, la invención no pretende limitarse a las versiones preferidas de la invención descritas anteriormente, sino que, por el contrario, pretende estar limitada solo por las reivindicaciones presentadas a continuación. De esta manera, la invención abarca todas las versiones diferentes que están incluidas literalmente o que son equivalentes dentro del alcance de estas reivindicaciones.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de combustión por encendido por compresión para un motor (100) rotativo que tiene:

I. una carcasa (102),

II. un rotor (104):

5 A. que rota dentro de la carcasa (102),

B. que tiene una circunferencia con dos o más caras (106) de rotor sobre la misma, en el que una cámara (108) está definida entre cada cara (106) de rotor y la carcasa (102) durante la rotación (104) del rotor;

en el que el procedimiento Incluye las etapas de:

10 a. proporcionar una primera carga de combustible a una de las cámaras (108) en un primer tiempo durante el tiempo entre:

(1) la apertura de un puerto (114) de admisión a la cámara (108), y

(2) dentro de 90 grados de rotación del rotor después de que el puerto (114) de admisión se cierra a la cámara (108); y

en el que la primera carga de combustible tiene una primera reactividad;

15 b. proporcionar posteriormente una segunda carga de combustible a la cámara (108);

(1), mientras la cámara (108) contiene la primera carga de combustible, y

(2) durante el tiempo entre:

(a) el cierre del puerto (114) de admisión a la cámara (108), y

(b) dentro de 90 grados de rotación del rotor antes de que la cámara (108) tenga un tamaño mínimo,

20 en el que la segunda carga de combustible tiene una segunda reactividad diferente de la primera reactividad,

en el que la segunda carga de combustible es suministrada a la cámara (108) para obtener una distribución estratificada de la reactividad del combustible dentro de la cámara (108), con las regiones de reactividad del combustible más alta separadas de las regiones de reactividad del combustible más baja, al comienzo de la ignición.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la combustión es iniciada dentro de la cámara por la una de entre las cargas de combustible primera y segunda que tiene reactividad más alta.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la cámara (108) que recibe las cargas de combustible primera y segunda carece de una bujía u otra fuente de chispas.

30 4. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que las cargas de combustible son proporcionadas a la cámara (108) de manera que la presión máxima del cilindro se obtenga cuando la cámara (108) tiene un tamaño mínimo o más tarde.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que las cargas de combustible son proporcionadas a la cámara (108) de manera que la presión máxima del cilindro se obtenga:

35 a. cuando la cámara (108) tiene un tamaño mínimo, o

b. después de 30 grados de rotación del rotor.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera carga de combustible tiene una reactividad más baja que la segunda carga de combustible.

40 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera carga de combustible tiene una reactividad más baja que la segunda carga de combustible.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:

- a. la primera carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) por un primer inyector (110) en la carcasa (102), y
  - b. la segunda carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) por un segundo inyector (112) separado del primer inyector (110).
- 5 9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el segundo inyector está situado dentro de la cámara de manera que el primer inyector (110) es expuesto a la cámara antes que el segundo inyector (112) a medida que el rotor rota dentro de la carcasa.
10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:
- a. la primera carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) a través de un puerto (114) de admisión que se abre a la cámara (108), y
  - b. la segunda carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) mediante un segundo inyector (112) en la carcasa (102).
- 10 11. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:
- a. una de las cargas de combustible primera y segunda contiene gasolina; y
  - b. la otra de entre las cargas de combustible primera y segunda contiene combustible diésel.
- 15 12. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:
- a. una de las cargas de combustible primera y segunda contiene un primer combustible; y
  - b. la otra de las cargas de combustible primera y segunda contiene una mezcla del primer combustible y un aditivo.
- 20 13. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que:
- a. la primera carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) desde un primer depósito (118); y
  - b. la segunda carga de combustible es proporcionada a la cámara (108) desde un segundo depósito (120):
    - (1) sola, o
    - (2) en combinación con el material desde el primer depósito (118).

