

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 528**

51 Int. Cl.:

**F02B 19/12** (2006.01)

**F02B 43/12** (2006.01)

**F02M 25/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2013 E 13000705 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2631448**

54 Título: **Método de funcionamiento de un motor de combustión interna provisto de al menos una cámara de precombustión barrida**

30 Prioridad:

**21.02.2012 AT 2172012**

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

**13.06.2017**

73 Titular/es:

**GE JENBACHER GMBH & CO OG (100.0%)  
Achenseestrasse 1-3  
6200 Jenbach, AT**

72 Inventor/es:

**WINTER, HUBERT;  
FIMML, WOLFGANG y  
SCHAUMBERGER, HERBERT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 616 528 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

Método de funcionamiento de un motor de combustión interna provisto de al menos una cámara de precombustión barrida

5 La invención se refiere a un método de funcionamiento de un motor de combustión interna provisto de al menos una cámara de precombustión barrida, en el que la o las cámaras de precombustión están conectadas con una cámara de combustión principal del motor de combustión interna y - durante una fase de compresión inmediatamente precedente al encendido en la cámara de combustión principal -, una vez producido el encendido en la cámara de precombustión, en una primera fase de transferencia se transfiere gas desde la cámara de precombustión a la cámara de combustión principal, introduciéndose durante la fase de compresión un medio incompresible al menos bifásico - preferiblemente agua - en la cámara de precombustión.

10 En caso de motores de combustión interna que funcionan como motores Otto, en particular en caso de motores de gas, en los que se enciende una mezcla de gas combustible-aire, en los volúmenes de cámara de combustión más grandes se aplica el concepto de empobrecimiento. Esto significa que hay un exceso de aire relativamente grande, con lo que, con una densidad de potencia máxima y al mismo tiempo un alto rendimiento del motor, las emisiones contaminantes y la carga térmica de los componentes se mantienen en el nivel más bajo posible. El encendido y la combustión de mezclas de combustible-aire muy empobrecidas constituyen un reto considerable para el desarrollo o el funcionamiento de motores de gas de gran potencia modernos.

15 A partir de un tamaño constructivo determinado de los motores de gas (por regla general aproximadamente por encima de seis litros de cilindrada) es necesario utilizar amplificadores de encendido para recorrer en el menor tiempo posible los caminos de llama correspondientemente grandes en las cámaras de combustión de los cilindros. Normalmente, como amplificadores de encendido se utilizan cámaras de precombustión, con lo que la mezcla de combustible-aire, altamente comprimida al final de la carrera de compresión, se enciende en un espacio contiguo relativamente pequeño separado de la cámara de combustión principal del cilindro. Una cámara de combustión principal está delimitada por el émbolo de trabajo, la camisa del cilindro y la base de la culata, estando conectado el espacio contiguo (la cámara de precombustión) con la cámara de combustión principal a través de uno o más taladros de transferencia. Con frecuencia, durante la fase de cambio de carga, estas cámaras de precombustión se barren o llenan con gas combustible para enriquecer la mezcla de combustible-aire y por lo tanto mejorar las propiedades de encendido y combustión. Para ello, desde la alimentación de gas combustible que conduce a la cámara de combustión principal se desvía una pequeña cantidad de gas combustible, que se introduce en la cámara de precombustión a través de un dispositivo de alimentación adecuado, provisto de una válvula de retención. Esta cantidad de gas combustible barre la cámara de precombustión durante el cambio de carga, por lo que frecuentemente se designa como gas de barrido.

20 Durante la fase de compresión, la mezcla de combustible-aire muy empobrecida de la cámara de combustión principal fluye a través de los taladros de transferencia a la cámara de precombustión, donde se mezcla con el gas de barrido. La proporción entre el combustible y el aire en la mezcla se indica en forma del índice de exceso de aire  $\lambda$ . Un índice de exceso de aire  $\lambda = 1$  significa que la cantidad de aire presente en una mezcla corresponde exactamente a la cantidad necesaria para posibilitar una combustión completa de la cantidad de combustible. En este caso, la combustión tiene lugar de forma estequiométrica. Los motores de gas grandes a plena carga funcionan normalmente de forma empobrecida con un  $\lambda$  de aproximadamente 1,9 a 2,0, es decir, la cantidad de aire en la mezcla corresponde aproximadamente al doble de la cantidad de aire estequiométrica. Mediante el barrido de la cámara de precombustión con gas combustible, después de que éste se mezcle con la mezcla de gas combustible-aire de la cámara de combustión principal resulta un  $\lambda$  medio en la cámara de precombustión de aproximadamente 0,8 a 0,9. De este modo resultan unas condiciones de encendido óptimas y unas antorchas de encendido intensas debido a la densidad de energía, que salen a la cámara de combustión principal y que conducen a una combustión rápida de la mezcla de combustible-aire en la cámara de combustión principal. Sin embargo, con estos valores  $\lambda$ , la combustión se produce a un nivel de temperatura máximo, de modo que las temperaturas de las paredes en el área de la cámara de precombustión también son correspondientemente altas. Esto conduce, por un lado, a una carga térmica correspondientemente alta de la cámara de precombustión y los componentes dispuestos dentro de la misma (por ejemplo bujías, válvulas) y, por otro lado, a altas emisiones de nitrógeno no deseables.

25 Por el documento JP 07-127453 ya se conoce un método consistente en inyectar agua en una cámara de precombustión para disminuir las emisiones de nitrógeno mediante la reducción de temperatura que esto implica. Esto tiene la desventaja de que el agua se inyecta antes del encendido o durante el mismo, con lo que se reduce el rendimiento de la cámara de precombustión como amplificador de encendido.

30 El documento JP2001164955 muestra un método en el que, para enfriar el dispositivo de encendido dispuesto en una cámara de precombustión, se inyecta agua en la cámara de precombustión. De acuerdo con dicho documento, la inyección puede tener lugar en la carrera de admisión, en la fase de compresión o en la carrera de expulsión. Esto tiene la desventaja de que una inyección tal como se muestra en el documento JP2001164955 somete la bujía a una fuerte carga térmica. Además no está asegurada una distribución homogénea del medio.

5 El objetivo de la invención consiste en indicar un método mejorado para el funcionamiento de un motor de combustión interna, con el que se reduzcan los óxidos de nitrógeno formados en la cámara de precombustión y por la cámara de precombustión y no disminuya el rendimiento de la cámara de precombustión como amplificador de encendido.

10 Este objetivo se resuelve según la invención introduciendo el medio después de la primera fase de transferencia, estando la cámara de precombustión conectada con la cámara de combustión principal a través de un canal de transferencia, e introduciéndose el medio a través de al menos un canal de inyección que desemboca en el canal de transferencia. De este modo se aprovechan ventajosamente de forma automática las relaciones de compresión predominantes y, en cada segunda fase de transferencia durante la introducción del medio, éste es empujado automáticamente a la cámara de precombustión. Debido a la evaporación del medio, en el canal de transferencia se forma un colchón de evaporación que, a modo de barrera, impide que el gas de retorno salga de la cámara de combustión principal. Esto conduce a una reducción adicional de la formación de óxido de nitrógeno.

15 Dado que una gran parte de la formación de óxidos de nitrógeno tiene lugar después de la combustión propiamente dicha, un objetivo de la invención consiste en reducir la temperatura del gas quemado. Por ello, después del encendido en la cámara de precombustión y después de la primera fase de transferencia, y en caso dado todavía antes del encendido en la cámara de combustión principal, en el mismo ciclo de combustión se introduce en la cámara de precombustión un medio al menos bifásico, preferiblemente en su estado líquido.

20 El medio consiste preferiblemente en agua, que se inyecta en la cámara de precombustión. Mediante la evaporación del medio o del agua en la cámara de precombustión, el contenido de la cámara de precombustión se enfría, con lo que se forman menos óxidos de nitrógeno.

25 Dado que el medio no se introduce en la cámara de precombustión hasta después de la primera fase de transferencia, el rendimiento de la cámara de precombustión como amplificador de encendido no resulta afectado, es decir, el encendido en la cámara de precombustión y también en la cámara de combustión principal puede tener lugar a las altas temperaturas usuales y, por lo tanto, también con la energía de encendido usual. Además, dado que el medio no se introduce en la cámara de precombustión hasta después del encendido, solo se requieren cantidades relativamente pequeñas del medio para lograr un enfriamiento correspondiente y, con ello, una reducción correspondiente de las emisiones de óxido de nitrógeno.

30 De acuerdo con una variante de realización preferente puede estar previsto introducir el medio en la cámara de precombustión antes de alcanzar el valor máximo de compresión en la cámara de combustión principal. El valor máximo de compresión en la cámara de combustión principal se alcanza después de superar el punto muerto superior de un émbolo que delimita la cámara de combustión principal. Debido a las relaciones de compresión predominantes en la cámara de precombustión y en la cámara de combustión principal durante el intervalo de tiempo entre la primera fase de transferencia y el momento en que se alcanza el valor máximo de compresión en la cámara de combustión principal, la introducción del medio en la cámara de precombustión en dicho intervalo de tiempo resulta especialmente ventajosa. Durante este intervalo de tiempo, debido a la compresión por cilindro en la cámara de combustión principal, al menos temporalmente el gas de retorno es empujado desde la cámara de combustión principal hasta la cámara de precombustión. Por consiguiente, resulta especialmente favorable si, al menos en una segunda fase de transferencia, un gas de retorno fluye de la cámara de combustión principal de vuelta a la cámara de precombustión, introduciéndose el medio al menos temporalmente durante la o las segundas fases de transferencia.

35 Con frecuencia, los procesos de combustión en un motor de combustión interna se controlan en función de la posición del cigüeñal o en función del ángulo de cigüeñal. Por consiguiente, en una configuración ventajosa del método propuesto puede estar previsto introducir el medio en un intervalo del ángulo de cigüeñal entre aproximadamente 15 grados de ángulo de cigüeñal delante de un punto muerto superior de un émbolo que delimita la cámara de combustión principal y aproximadamente 10 grados de ángulo de cigüeñal detrás del punto muerto superior del émbolo que delimita la cámara de combustión principal.

40 De acuerdo con una realización especialmente preferente puede estar previsto introducir el medio a una presión de al menos 100 bar, de forma preferible aproximadamente 200 bar. En caso de grandes cargas, en las cámaras de combustión (cámara de combustión principal y cámara de precombustión) pueden predominar presiones de cilindro de aproximadamente 30 bar a 70 bar. Mediante una presión de inyección correspondientemente alta se puede asegurar la posibilidad de introducir el medio en la cámara de precombustión a pesar de estas altas presiones de cilindro.

45 Por medio de la siguiente descripción de las figuras se explican otros detalles y ventajas de la presente invención. Se muestra o muestran:

La figura 1, muestra evoluciones de la presión en la cámara de precombustión y la cámara de combustión principal en función del ángulo de cigüeñal en el área del punto muerto superior de un émbolo que delimita la cámara de combustión principal,  
 la figura 2, muestra una cámara de precombustión con una inyección de agua propuesta y  
 la figura 3, muestra una vista ampliada de un área de detalle de la figura 2.

La figura 1 muestra dos diagramas. El diagrama superior muestra la evolución de una presión diferencial  $\Delta p_{VH}$  en función del ángulo de cigüeñal KW. En este contexto, la presión diferencial  $\Delta p_{VH}$  se ha de considerar como la diferencia entre la presión  $p_V$  en la cámara de precombustión y la presión  $p_H$  en la cámara de combustión principal. El intervalo del ángulo del cigüeñal KW representado se extiende a lo largo de una fase de compresión completa y una fase de expansión completa de un motor de gas de encendido por chispa que funciona como un motor Otto, comenzando en el punto muerto inferior BDC de un émbolo 7 que delimita la cámara de combustión principal 3 (ángulo de cigüeñal KW de -180 grados) y terminando igualmente en el punto muerto inferior BDC del émbolo 7 (ángulo de cigüeñal KW de +180 grados). También está dibujado, con línea discontinua, el punto muerto superior 6 (TDC) del émbolo 7 que delimita la cámara de combustión principal 3 (ángulo de cigüeñal KW de 0 grados).

El diagrama inferior de la figura 1 muestra las evoluciones de presión absolutas de la presión de la cámara de precombustión  $p_V$  y la presión  $p_H$  en la cámara de combustión principal. Durante el intervalo designado con la referencia numérica 4 (primera fase de transferencia 4) se produce el encendido en la cámara de precombustión 1 (por ejemplo mediante una chispa de encendido de una bujía), con lo que la presión  $p_V$  en la cámara de precombustión 1 aumenta por el gas en expansión en mayor medida que la presión  $p_H$  en la cámara de combustión principal 3, que también aumenta debido a la compresión mediante el émbolo 7. Como se desprende de la evolución de la presión diferencial  $\Delta p_{VH}$ , durante este intervalo del ángulo del cigüeñal 4 (primera fase de transferencia 4), en la cámara de precombustión 1 reina una sobrepresión con respecto a la cámara de combustión principal 3. De este modo, la mezcla de combustible-aire encendida y las antorchas de encendido que se producen son empujadas desde la cámara de precombustión 1 a la cámara de combustión principal 3 a través de uno o más canales de transferencia 8 (véase la figura 2).

En el método propuesto, después de esta primera fase de transferencia 4 se introduce un medio M incompresible al menos bifásico - preferiblemente agua - en la cámara de precombustión 1, para enfriar el contenido de la cámara de precombustión 1 y reducir correspondientemente la formación de óxidos de nitrógeno. Debido a las relaciones de compresión  $p_V$ ,  $p_H$  predominantes en la cámara de precombustión 1 y en la cámara de combustión principal 3, después de la primera fase de transferencia 4 se producen una o más segundas fases de transferencia 5, durante las cuales el gas de retorno G es empujado desde la cámara de combustión principal 3 de vuelta a la cámara de precombustión 1. Estas segundas fases de transferencia 5 son adecuadas en particular para introducir el medio M o el agua en la cámara de precombustión 1, ya que en dichas segundas fases de transferencia 5 el gas de retorno G fluye hacia la cámara de precombustión 1. Sin embargo, a más tardar después de alcanzar la presión máxima  $p_{max}$  en la cámara de combustión principal 3, las relaciones de compresión  $p_V$ ,  $p_H$  son tales que ya no se produce ninguna corriente de retorno a la cámara de precombustión 1. Por ello, el intervalo más favorable para la introducción del medio M o el agua en la cámara de precombustión 1 es el intervalo entre después de finalizar la primera fase de transferencia 4 y antes de alcanzar la presión máxima  $p_{max}$  en la cámara de combustión principal 3. Este intervalo de inyección favorable está marcado en la figura 1 con un rectángulo dibujado con líneas discontinuas y está provisto de la referencia numérica 10.

Se ha de señalar que los diagramas presentados en la figura 1 muestran las evoluciones de la presión correspondientes sin la introducción propuesta de un medio M al menos bifásico en la cámara de precombustión 1. Si se introduce o inyecta un medio M o agua en una segunda fase de transferencia 5 de acuerdo con el método propuesto, la presión  $p_V$  en la cámara de precombustión 1 disminuye debido a la evaporación del medio M en la cámara de precombustión 1 y al enfriamiento correspondiente del contenido de la cámara de precombustión, con lo que se produce una caída de presión adicional en dirección a la cámara de precombustión 1. Por lo tanto, las relaciones de compresión  $p_V$ ,  $p_H$  resultantes favorecen adicionalmente la introducción del medio M en la cámara de precombustión 1.

La figura 2 muestra una cámara de precombustión 1 de un motor de combustión interna 2. En este ejemplo, la cámara de precombustión 1 está conectada con una cámara de combustión principal 3 del motor de combustión interna 2 a través de un canal de transferencia 8, con lo que resulta en conjunto un volumen unido que incluye el volumen de la cámara de precombustión y el volumen de la cámara de combustión principal sin ninguna válvula interpuesta. En esta representación, la cámara de combustión principal 3 está delimitada lateralmente por una camisa de cilindro 11, por arriba por la base de una culata 12 y por abajo por la superficie frontal del émbolo 7. En el canal de transferencia 8 desemboca un canal de inyección 9, a través del cual se puede introducir o inyectar un medio M - preferiblemente agua - en la cámara de precombustión 1 de acuerdo con el método propuesto. Adicionalmente, este canal de inyección 9 también se puede considerar de forma general como un canal de refrigeración para la cámara de precombustión 1.

5 La figura 3 muestra una representación ampliada del área marcada con un círculo en la figura 2. En esta  
representación, la cámara de precombustión 1 en cuestión del motor de combustión interna 2 se encuentra en una  
segunda fase de transferencia 5 (véase la figura 1). En este contexto, debido a las relaciones de compresión  $p_v$ ,  $p_H$   
predominantes en la cámara de precombustión 1 y en la cámara de combustión principal 3, el gas de retorno G es  
empujado desde la cámara de combustión principal 3 hasta la cámara de precombustión 1. Durante esta segunda  
fase de transferencia 5, el medio M o el agua se introduce favorablemente en el canal de transferencia 8 a través del  
10 canal de inyección 9, con lo que acaba llegando a la cámara de precombustión 1, donde puede producir un  
enfriamiento del contenido de la cámara de precombustión. Preferiblemente, el medio M o el agua se inyecta a una  
presión de al menos 100 bar, de forma preferente aproximadamente 200 bar. Por regla general, por cada ciclo de  
combustión y cámara de precombustión 1 se pueden introducir entre aproximadamente  $2 \text{ mm}^3$  y aproximadamente  $5$   
 $\text{mm}^3$  de medio M o agua.

15 En la desembocadura del canal de inyección 9 en el canal de transferencia 8 también puede estar dispuesta una  
válvula de retención, que por ejemplo solo se abre al alcanzar una diferencia de presión de aproximadamente 10 bar  
a 20 bar entre la presión en el canal de inyección 9 y la presión en el canal de transferencia 8, para introducir el  
medio M o el agua en el canal de transferencia 8. También puede estar previsto que en la desembocadura del canal  
de inyección 9 en el canal de transferencia 8 esté dispuesta una boquilla a través de la cual se puede inyectar el  
20 medio M o el agua en el canal de transferencia 8. Mediante la introducción del medio M o el agua en el canal de  
transferencia 8 se puede reducir adicionalmente la entrada de gases quemados de la cámara de combustión  
principal 3 en la cámara de precombustión 1. Mediante la evaporación del medio M se puede formar un colchón de  
evaporación en el canal de transferencia 8 que, a modo de barrera, impide que el gas de retorno salga de la cámara  
de combustión principal 3. Esto conduce a una reducción adicional de la formación de óxido de nitrógeno.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de funcionamiento de un motor de combustión interna (2) provisto de al menos una cámara de precombustión (1) barrida, en el que la o las cámaras de precombustión (1) están conectadas con una cámara de combustión principal (3) del motor de combustión interna (2) y - durante una fase de compresión inmediatamente precedente al encendido en la cámara de combustión principal (3) -, una vez producido el encendido en la cámara de precombustión (1), en una primera fase de transferencia (4) se transfiere gas desde la cámara de precombustión (1) a la cámara de combustión principal (3), introduciéndose durante la fase de compresión un medio (M) incompresible al menos bifásico - preferiblemente agua - en la cámara de precombustión (1), introduciéndose el medio (M) después de la primera fase de transferencia (4), y estando conectada la cámara de precombustión (1) con la cámara de combustión principal (3) a través de un canal de transferencia (8), **caracterizado por que** el medio (M) se introduce a través de al menos un canal de inyección (9) que desemboca en el canal de transferencia (8).
- 10
- 15 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el medio (M) se introduce en la cámara de precombustión (1) antes de alcanzar la presión máxima  $p_{max}$  en la cámara de combustión principal (3).
- 20 3. Método según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado por que**, al menos en una segunda fase de transferencia (5), el gas de retorno (G) fluye desde la cámara de combustión principal (3) de vuelta a la cámara de precombustión (1), introduciéndose el medio (M) al menos temporalmente durante la o las segundas fases de transferencia (5).
- 25 4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el medio (M) se introduce en un intervalo del ángulo de cigüeñal entre aproximadamente 15 grados de ángulo de cigüeñal (KW) delante de un punto muerto superior (6) de un émbolo (7) que delimita la cámara de combustión principal (3) y aproximadamente 10 grados de ángulo de cigüeñal (KW) detrás del punto muerto superior (6) del émbolo (7) que delimita la cámara de combustión principal (3).
5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el medio (M) se introduce a una presión de al menos 100 bar, de forma preferente aproximadamente 200 bar.



