

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 913**

51 Int. Cl.:

F02B 41/06 (2006.01)

F02B 33/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2010 E 10812877 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2480768**

54 Título: **Motor de ciclo dividido**

30 Prioridad:

23.09.2009 IT PI20090117

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

28.11.2013

73 Titular/es:

**GREEN ENGINE CONSULTING S.R.L. (100.0%)
Via Maso della Pieve 60/A
39100 Bolzano, IT**

72 Inventor/es:

**GENTILI, ROBERTO;
MUSU, ETTORE y
ROSSI, RICCARDO**

74 Agente/Representante:

LAHIDALGA DE CAREAGA, José Luis

ES 2 431 913 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 ciclo dividido

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un motor de encendido por compresión de "ciclo dividido", con introducción del combustible y fluido comburente en el cilindro de expansión en la fase de combustión.

10 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ANTERIOR

15 Como es bien conocido, los motores de encendido por compresión convencionales pueden realizar el ciclo en un cilindro único, en donde, en primer lugar, hay una admisión de aire, que luego se comprime, a continuación se inyecta y es objeto de ignición combustible debido a la alta temperatura alcanzada por el aire gracias a la compresión; las etapas siguientes son las de expansión y de escape. El modo de combustión peculiar de dichos motores presenta las consecuencias de emisiones de alto nivel de contaminación de polvo carbonáceo y óxidos de nitrógeno.

20 Varias soluciones han sido propuestas para reducir dichas emisiones y están basadas en mejoras del sistema de inyección y también en estrategias particulares de admisión y mezcla del combustible con el aire, en conformidad con el principio de combustión homogénea, entre las cuales son conocidas las técnicas tales como HCCI, PCCI, MK, etc.

25 Sin embargo, en todas estas técnicas, para controlar el progreso de la combustión, es necesaria la presencia en el cilindro de un alto porcentaje de gas quemado, lo que limita la potencia específica disponible. Otros inconvenientes, en particular, debido a algunas de estas técnicas, son el alto gradiente de presión en la fase de combustión, que implica la presencia de ruido y alto esfuerzo mecánico.

30 Asimismo, son conocidas soluciones, que se denominan de "ciclo dividido", en donde las etapas de admisión y de compresión se realizan fuera del cilindro, en donde ocurren las etapas de combustión y de escape (cilindro de expansión). Más concretamente, la cámara en la que ocurren las etapas de admisión y de compresión suelen consistir en un segundo cilindro (cilindro de compresión). Las soluciones de "ciclo dividido" han sido propuestas y aplicadas en los motores de ignición por compresión y en los motores de ignición por bujías con fines diferentes.

35 En los documentos WO2009020488, WO2009020489, WO2009020490, WO2009020491 y WO2009020504 a nombre de Scuderì, se describe un motor de "ciclo dividido" que tiene un bloque de cilindros con un cilindro de compresión y un cilindro de expansión cerrados por una culata de cilindro, en donde se proporcionan uno o más pasos (78), denominados de "cruce", cerrados en los respectivos extremos por una válvula en el lado de la compresión (84) y una válvula en el lado de la combustión (86). Cada paso de cruce define una cámara presurizada (81), en donde se puede acumular gas a presión cuando las válvulas del lado de la compresión y las válvulas del lado de la combustión se cierran. En los pasos (78), la inyección de gasolina se proporciona por un inyector (90) que inyecta gasolina en el aire comprimido presente en los pasos de cruce. Al menos una bujía (92) se proporciona en el cilindro de expansión para la ignición de la mezcla.

45 Aún cuando en los documentos de patentes citados, se menciona la posible aplicación del sistema a los motores de ignición por compresión, se observa que esta aplicación no es viable. De hecho, a diferencia del caso de los motores de ignición por bujía, en el caso de los motores de ignición por compresión la inyección en el cruce daría lugar también a la ignición del combustible. Esto generaría un esfuerzo térmico insoportable de las válvulas en el lado de la combustión. La presencia de lo que antecede daría lugar también a un bajo rendimiento por la caída de presión durante el paso del gas de combustión a través de la válvula.

50 Además, en el motor descrito en los documentos citados, cuando se abre el lado de la combustión, está presente una fuerte diferencia de presión entre el cilindro de compresión y el cilindro de expansión, con la consiguiente pérdida de rendimiento debido a la fuerte pérdida dinámica del fluido.

55 En el documento US6340004 se describe un motor de la misma clase anteriormente descrita que proporciona un paso de cruce que tienen las respectivas válvulas en las aberturas de admisión y de salida. El conducto comprende, además, un regenerador del gas de combustión para acumular parte del calor de un ciclo y su explotación durante un ciclo sucesivo.

60 En los documentos US4157080A y en DE2812199, se describen motores que proporcionan una etapa de sobrealimentación del motor y dos pistones del cilindro de compresión y del cilindro de combustión que están desplazados en un ángulo de 180 grados entre sí.

65

SUMARIO DE LA INVENCION

Es una característica de la presente invención dar a conocer un motor de "ciclo dividido" de ignición por compresión que genera bajas emisiones de polvo.

Otra característica de la presente invención es dar a conocer un motor de ignición por compresión que causa una baja emisión de óxidos de nitrógeno.

Asimismo, otra característica de la presente invención es dar a conocer un motor de ignición por compresión que hace posible obtener altos valores de rendimiento y de potencia específica.

Otra característica de la presente invención es dar a conocer un motor de ignición por compresión para reducir el gradiente de presión en la fase de combustión y luego, el ruido y el alto esfuerzo mecánico que se derivan de dichas presiones.

Otra característica adicional de la presente invención es dar a conocer un motor de ignición por compresión que es estructuralmente fácil y de bajo coste de fabricación.

Estos y otros objetos se consiguen mediante un motor de "ciclo dividido" de ignición por compresión que comprende:

- un bloque de cilindros;
- un cilindro de expansión que tiene un pistón de expansión que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, en dicho cilindro de expansión entre un punto muerto superior (ETDC) y un punto muerto inferior (EBDC) por medio de un mecanismo de cigüeñal, causando siempre dicho mecanismo de cigüeñal una posición predeterminada de dicho pistón de expansión para estar en correspondencia con un ángulo del cigüeñal predeterminado;
- un cilindro de compresión que tiene un pistón de compresión que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, en dicho cilindro de compresión entre un punto muerto superior (CTDC) y un punto muerto inferior (CBDC) en función de un desplazamiento de fase angular predeterminado en retardo con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho cilindro de expansión, estando dicho cilindro de compresión dispuesto adyacente a dicho cilindro de expansión;
- una culata de cilindro que cierra dicho cilindro de compresión y de expansión y en donde al menos está previsto un paso de cruce que conecta dichos cilindros y comprende una abertura en el lado de la compresión y una abertura en el lado de la expansión, comprendiendo dicha culata de cilindro al menos una válvula de admisión que está situada frente a dicho cilindro de compresión para la admisión de un fluido comburente en dicho cilindro de compresión y al menos una válvula de escape que está situada frente a dicho cilindro de expansión para el escape del gas quemado que sale desde dicho cilindro de expansión;
- al menos una válvula de transferencia dispuesta en la abertura del lado de la compresión del paso de cruce;
- un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones;
- un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de escape en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones;
- un medio para inyectar combustible en dicho paso de cruce o en dicho cilindro de expansión en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones, de modo que ocurra una ignición por compresión del combustible inyectado al alcanzar una temperatura de ignición por compresión; caracterizado por cuanto que dicho paso de cruce define una cámara de combustión única en combinación con dicho cilindro de expansión con el que está en comunicación constante, por cuanto que dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia abre dicha válvula de transferencia por anticipado con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho ETDC, con un movimiento de apertura de avance más alto o igual a 20° del ángulo del cigüeñal, de tal manera que:
 - desde la apertura instantánea de dicha válvula de transferencia hasta alcanzar dicho ETDC, existe una importante equalización de presión instantánea entre dicho cilindro de compresión y dicho cilindro de expansión y
 - entre dichos puntos muertos ETDC y CTDC se produce una importante transferencia total de dicho fluido comburente entre dicho cilindro de compresión y dicho cilindro de expansión a través de dicho paso de cruce; y por cuanto que dicho medio para inyectar combustible inyecta dicho combustible comenzando a partir del alcance de dicho punto muerto ETDC por dicho pistón de expansión, de modo que dicha inyección de combustible se produzca simultáneamente con la transferencia de dicho fluido comburente a través de dicho paso de cruce.

De este modo, antes de la apertura de la válvula de transferencia existen prácticamente solo dos cámaras, una definida por el cilindro de compresión y la otra definida por el paso de cruce en combinación con dicho cilindro de expansión. A continuación, cuando se abre dicha válvula de transferencia, lo que se realiza con una anticipación de al menos 20° con respecto al ETDC, no existe una importante transferencia de fluido comburente en dicho paso de cruce, puesto que la presión en el cilindro de expansión es aproximadamente igual a la del cilindro de compresión, con el progreso del ciclo, puesto que los dos cilindros se comunican entre sí a través del paso de cruce, la presión aumenta en una forma idéntica en cualquier lugar, por la carrera de elevación simultánea de ambos pistones, hasta alcanzar el punto ETDC. A continuación, una vez pasado el punto ETDC, el pistón de compresión continúa elevándose y el pistón de expansión comienza a descender, lo que causa una transferencia total de dicho fluido comburente entre los dos cilindros a través del paso de cruce. De forma simultánea a la transferencia, la inyección se realiza y ocurre una posterior combustión de todo el combustible. Puesto que la transferencia causa una alta turbulencia, los fenómenos de evaporación y mezcla entre el combustible y el fluido comburente se producen en una mejor manera que un motor diesel convencional. En particular, la evaporación se realiza de una manera más rápida y la mezcla se obtiene con mucha mayor homogeneidad.

De este modo, se obtiene una combustión muy efectiva y una subsiguiente fracción muy baja de partículas no quemadas está presente en el gas de escape, en particular, polvo carbonáceo.

Además, puesto que las presiones entre el cilindro de compresión y el cilindro de expansión son prácticamente idénticas o muy próximas durante los transitorios de apertura y cierre de la válvula entre el cilindro de expansión y el paso de cruce, las pérdidas por laminación son muy bajas.

En particular, el medio para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de transferencia abre la válvula de transferencia por anticipado con respecto al ángulo del cigüeñal del punto ETDC, en función de un ángulo de avance establecido entre -80° y -25°, en particular, entre -35° y -30°.

En particular, los medios para inyectar combustible están adaptados para inyectar una pequeña cantidad de combustible, así denominadas inyecciones piloto, con anticipación con respecto al punto ETDC en un modo que sea adecuado para calentar el entorno de la combustión. De este modo, las inyecciones piloto permiten garantizar una ignición directa del combustible inyectado comenzando desde el alcance del punto ETDC.

En una forma de realización preferida, dichos medios para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de escape están adaptados para bloquear dicha válvula de escape con una anticipación predeterminada con respecto al alcance por dicho pistón de expansión de dicho punto ETDC, de modo que en dicho cilindro de expansión se produzca una compresión de una parte del gas de escape hasta una presión predeterminada y dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia abre dicha válvula de transferencia cuando dicho pistón de compresión haya comprimido fluido comburente en dicho cilindro de compresión hasta una presión prácticamente igual a la presente en dicho cilindro de expansión, de modo que dicha transferencia de dicho fluido comburente a través de dicho paso de cruce, desde dicho cilindro de compresión a dicho cilindro de expansión y el autoencendido del combustible se realicen prácticamente al mismo tiempo. Lo que antecede hace posible eliminar los problemas mecánicos y de hermeticidad que serían causados por la presencia de una válvula de transferencia en el lado de expansión adicional dispuesta en la abertura del paso de cruce frente al cilindro de expansión.

De este modo, la carga comprimida de combustible y fluido comburente se transfiere al cilindro de combustión en la fase de combustión a través de dicho paso de cruce, después de la apertura de la válvula de transferencia. Por lo tanto, el paso de cruce tiene una función de transferencia pura y no es simplemente un depósito de almacenamiento presurizado del fluido comburente.

Como alternativa, dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia abre dicha válvula de transferencia con anticipación con respecto al cierre de dicha válvula de escape, de modo que, en el cilindro de expansión, se produce un lavado con fluido comburente reciente del gas de escape antes de que se cierre dicha válvula de escape. Incluso en este caso, cuando se cierra la válvula de escape se produce un crecimiento congruente de la presión en los dos cilindros de compresión y de expansión, con posibilidad de alcanzar una mayor potencia.

En una forma de realización preferida, dicho desplazamiento de fase angular entre el ángulo del cigüeñal de dicho pistón de compresión con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho pistón de expansión se establece entre 10° y 45°, preferentemente entre 20° y 30°, y en particular, de 25°. El desplazamiento de fase angular entre dicho pistón de compresión y dicho pistón de expansión tiene el objetivo de causar la transferencia del fluido comburente comprimido por dicho cilindro de compresión a dicho cilindro de expansión.

En otra forma de realización preferida, se da a conocer un medio de ajuste para regular el desplazamiento de fase angular entre dicho pistón de compresión y dicho pistón de expansión frente a las condiciones operativas del motor.

En particular, dicho mecanismo de cigüeñal comprime un eje impulsor único que acciona dicho pistón de compresión y dicho pistón de expansión.

Como alternativa, dicho mecanismo de cigüeñal comprende un primer eje impulsor que acciona dicho pistón de expansión y un segundo eje impulsor que acciona dicho pistón de compresión, estando dichos primero y segundo ejes impulsores conectados entre sí, de modo que mantengan una misma velocidad de rotación.

5 En una posible forma de realización, a modo de ejemplo, dicho mecanismo de cigüeñal de dichos pistones de dicho cilindro de compresión y de dicho cilindro de expansión es del tipo de biela maestra-biela articulada.

10 En particular, dicho medio para realizar la inyección comprende al menos un inyector, en particular, un inyector presurizado, que está frente a dicho paso de cruce o está dispuesto en dicho cilindro de expansión.

15 En otra forma de realización, a modo de ejemplo, del motor, se proporcionan varios pasos de cruce entre dicho cilindro de expansión y dicho cilindro de compresión, en donde cada uno de dichos pasos de cruce tiene al menos una válvula de transferencia respectiva dispuesta en la abertura del lado de la compresión del paso de cruce y está en comunicación constante con dicho cilindro de expansión. Esta solución es viable, a modo de ejemplo, para motores de elevada potencia.

20 En otra forma de realización preferida, dicho motor está asociado con un compresor de sobrealimentación que está adaptado para proporcionar una más alta potencia específica para el motor y también un mejor rendimiento termodinámico.

25 En particular, dicho cilindro de compresión y dicho cilindro de expansión tienen un mismo desplazamiento o un desplazamiento diferente, siendo en este último caso conveniente que el más alto desplazamiento sea el del cilindro de expansión, de modo que se obtenga un ciclo con una expansión más completa.

En una posible forma de realización a modo de ejemplo, dicho motor puede comprender una pluralidad de cilindros de compresión asociados, respectivamente, a una pluralidad de cilindros de expansión dispuestos de forma diversa y en combinación mutua.

30 En otra posible forma de realización, a modo de ejemplo, dicho paso de cruce proporciona un elemento de ajuste que está adaptado para ajustar la sección transversal y/o el volumen de dicho paso de cruce, con el fin de adaptarlo a las diferentes condiciones operativas del motor.

35 En particular, dicho elemento de ajuste puede conformarse como un perno o una paleta.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se hará más evidente con la siguiente descripción de sus formas de realización a modo de ejemplo, pero no limitativa, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- 40
- la Figura 1 es una representación esquemática que ilustra una vista en sección transversal de una forma de realización, a modo de ejemplo, de un motor de ignición por compresión, según la invención, en una fase del ciclo del motor;
 - 45 - la Figura 2 representa esquemáticamente una vista en sección transversal de una forma de realización, a modo de ejemplo, de un motor de ignición por compresión, en una fase sucesiva del ciclo del motor;
 - la Figura 3 es una representación esquemática de presiones sensibles al ángulo del cigüeñal del mecanismo de cigüeñal en donde en la proximidad del punto ETDC se indican los instantes de apertura y cierre de las válvulas y el desplazamiento de fase de la inyección de combustible;
 - 50 - la Figura 4 es una representación esquemática una vista en sección transversal de una forma de realización, a modo de ejemplo, del motor representado en la Figura 1, que tiene un compresor de sobrealimentación.

55 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS, A MODO DE EJEMPLO

Con referencia a las Figuras 1 y 2, se da a conocer un motor de "ciclo dividido" de ignición por compresión 100, según la invención, que comprende un bloque de cilindros 200 con un cilindro de expansión 6 asociado con un pistón de expansión relativo 7 que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, entre un punto muerto superior (ETDC) y un punto muerto inferior (EBDC) en el cilindro de expansión 6, por medio de un mecanismo de cigüeñal 20. En particular, el mecanismo de cigüeñal 20 hace que una posición predeterminada del pistón de expansión 7 esté en correspondencia siempre con un ángulo del cigüeñal predeterminado. En particular, según se ilustra en la Figura 3, el punto ETDC del pistón de expansión 7 corresponde a un ángulo del cigüeñal de 0°.

65 Además, el bloque de cilindros 200 comprende un cilindro de compresión 2 asociado con un pistón de compresión relativo 1 que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, entre un punto muerto superior (ETDC) y un punto

muerto inferior (EBDC) en el cilindro de compresión 2, en función de un retardo predeterminado con respecto al ángulo del cigüeñal del pistón de expansión 7. El pistón de compresión 1 está, a su vez, conectado al mecanismo de cigüeñal 20 mediante un elemento de cigüeñal 7a. El cilindro de expansión 6 está dispuesto cerca del cilindro de compresión 2. En detalle, el cilindro de compresión 2 y el cilindro de expansión 6 presentan un mismo desplazamiento o como alternativa, pueden tener un diferente desplazamiento. En este último caso, es conveniente que el más alto desplazamiento sea el del cilindro de expansión 6.

El bloque de cilindros 200 comprende, además, una culata de cilindro 30 que cierra los cilindros 2 y 6 y en donde al menos se proporciona un paso de cruce 5 que conecta los dos cilindros 2/6 y comprende una abertura en el lado de compresión 5a hacia el cilindro de compresión 2 y una abertura en el lado de expansión 5b hacia el cilindro de expansión 6. La culata de cilindro 30 comprende, además, al menos una válvula de admisión 3 que está situada frente al cilindro de compresión 2 para la admisión de un fluido comburente, a modo de ejemplo, aire, en el cilindro de compresión 2 y una válvula de escape 9 que está situada frente al cilindro de expansión 6 para el escape de los gases quemados a la salida del cilindro de expansión 6. En detalle, la válvula de admisión 3 abre/cierra, de forma selectiva, un conducto de admisión 13, mientras que la válvula de escape 9 abre/cierra, de forma selectiva, un conducto de descarga 19.

En particular, en el paso de cruce 5, una válvula de transferencia 4 está dispuesta en la abertura del lado de compresión 5a, mientras que la abertura en el lado de expansión 5b está en comunicación constante con el cilindro de expansión 6 con el que forma un entorno de combustión único 6a. En el otro lado, el único cilindro de compresión 2 define un segundo entorno 2a. De este modo, entre el cilindro de expansión 6 y el paso de cruce no existe ninguna válvula.

Además, el motor 100 comprende un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de transferencia 4 en momentos predeterminados del ciclo alternativo de los pistones 1/7, en particular en fases respectivamente en la compresión en el cilindro de compresión 2 y en la expansión en el cilindro de expansión 6.

Además, se proporciona un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de escape 9 en momentos predeterminados del ciclo alternativo de pistones 1/7, según se describe a continuación en detalle.

En particular, el medio para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de transferencia 4 y el medio para causar el movimiento de apertura y cierre de la válvula de escape 9 y de la válvula de admisión 3 comprende, a modo de ejemplo, un mecanismo que incluye un eje de levas (no ilustrado) que recibe un movimiento de accionamiento por el mecanismo de cigüeñal 20 y permite una puesta en fase adecuada del movimiento alternado de dos pistones 1/7, con el movimiento de apertura y cierre de las válvulas 3/4 y 9. En particular, el mecanismo de cigüeñal 20 comprende un eje único 21 que acciona por medio de elementos del cigüeñal 1a y 7a los respectivos pistones 1 y 7, según se ilustra en las Figuras 1, 2 y 4. En una posible forma de realización a modo de ejemplo, el mecanismo de cigüeñal 20 de los pistones 1 y 7 es del tipo de biela maestra-biela articulada.

Como alternativa, en un modo no ilustrado, el mecanismo de cigüeñal 20 comprende un primer eje impulsor que acciona el pistón de expansión y un segundo eje impulsor que acciona el pistón de compresión. Los primero y segundo ejes impulsores están conectados entre sí de modo que mantengan una misma velocidad de rotación.

Además, en el paso de cruce 5 se proporciona un medio de inyección 8 para inyectar combustible en el paso de cruce 5 o en el cilindro de expansión 6 en momentos predeterminados del ciclo alternativo de los pistones 1/7, de modo que se produzca una compresión – ignición del combustible inyectado 8a (Figura 2) al alcanzar una temperatura de ignición por compresión. En detalle, el medio de inyección comprende al menos un inyector 8, en particular un inyector presurizado, que está situado frente al paso de cruce 5 o el cilindro de expansión 6.

En particular, en un ciclo del motor, según se ilustra en la Figura 3, la válvula de transferencia 4 se abre con anticipación con respecto al ángulo del cigüeñal del punto ETDC, con un movimiento de apertura anticipado en 20° del ángulo de cigüeñal o más, en particular, con un movimiento de apertura anticipado de 30°, según se ilustra en el diagrama de la Figura 3. Más en particular, la válvula de transferencia 4 se abre con anticipación con respecto al ángulo de cigüeñal del punto ETDC, en función de un ángulo de avance establecido entre -80° y -25°, en particular, entre -35° y -30°. De este modo, entre el instante de apertura de la válvula de transferencia 4 hasta alcanzar el punto ETDC, existe una ecualización importante de presión instantánea entre el cilindro de compresión y el cilindro de expansión y entre los puntos ETDC y CTDC se produce una transferencia prácticamente total del fluido comburente entre el cilindro de compresión 2 el cilindro de expansión 6 a través del paso de cruce 5.

Además, el inyector 8 inyecta el combustible comenzando desde el alcance del punto muerto ETDC por el pistón de expansión 7, de modo que esta etapa de inyección de combustible se produzca simultáneamente con la transferencia del fluido comburente a través del paso de cruce 5.

De este modo, antes de la apertura de la válvula de transferencia 4, existe prácticamente solo dos entornos 2a y 6a, pistón de compresión 1 definido por el cilindro de compresión 2 y el otro definido por el paso de cruce 5 que define un entorno común único 6a junto con el cilindro de expansión 6. A continuación, cuando se abre la válvula de transferencia 4 que se realiza con una anticipación mínima de 20° con respecto al punto ETDC, no existe una transferencia importante del fluido comburente en el paso de cruce 5, puesto que la presión en el cilindro de compresión 2 es aproximadamente

igual a la presión en el cilindro de expansión 6. Con el progreso del ciclo, puesto que los dos cilindros se comunican entre sí a través del paso de cruce 5, la presión aumenta en una magnitud idéntica en cualquier lugar, según se representa en la Figura 3, por la carrera ascendente simultánea de los dos pistones (Figura 2) hasta alcanzar el punto ETDC. A continuación, pasado el punto ETDC, el pistón de compresión 1 continúa elevándose y el pistón de expansión 7 comienza a descender, lo que causa una transferencia total del fluido comburente entre los dos cilindros a través del conducto de paso 5. Simultáneamente con la transferencia, se realiza la inyección 8a (Figura 2) y ocurre la subsiguiente combustión de todo el combustible. Puesto que la transferencia genera una alta turbulencia, los fenómenos de evaporación y de mezcla entre el combustible y el fluido comburente ocurren en una mejor manera que un motor diesel convencional. En particular, la evaporación se realiza en una manera más rápida y la mezcla obtenida es mucho más homogénea. De este modo, se obtiene una combustión muy efectiva y una subsiguiente muy baja fracción de partículas sin quemar, en particular polvo carbonáceo se entrega en el gas de escape.

Además, la inyección puede proporcionarse por el inyector 8 de una pequeña cantidad de combustible en las así denominadas "inyecciones piloto" con anticipación con respecto al punto ETDC, de tal modo que se precalienta el entorno de combustión 6a. De esta forma, las inyecciones piloto permiten garantizar una ignición directa satisfactoria de la carga de combustible que se inyecta comenzando a partir del alcance del punto muerto ETDC.

Según un ciclo preferido del motor, los medios para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de escape están adaptados para bloquear la válvula de escape 9 con una anticipación predeterminada con respecto al alcance por el pistón de expansión del punto ETDC, de modo que en el cilindro de expansión 6 se produzca una compresión de una parte del gas de escape hasta una presión predeterminada y los medios para causar un movimiento de apertura y cierre de la válvula de transferencia 4 abren la válvula de transferencia 4 cuando el pistón de compresión 1 ha comprimido fluido comburente en el cilindro de compresión 2 hasta una presión prácticamente igual a la existente en el cilindro de expansión 6, de modo que la transferencia de fluido comburente se realice a través del paso de cruce 5 por el cilindro de compresión 2 al cilindro de expansión 6 y la auto-ignición del combustible se produce prácticamente al mismo tiempo. De este modo, la mezcla comprimida de combustible y fluido comburente se transfiere al cilindro de expansión 6 durante la fase de combustión a través del paso de cruce 5, después de abrir la válvula de transferencia 4. Por lo tanto, el paso de cruce tiene una función de transferencia pura y no es un depósito de almacenamiento del fluido comburente presurizado. Esta circunstancia operativa hace posible eliminar la pérdida de laminación debida a la presencia de una válvula de transferencia adicional dispuesta en la abertura del paso de cruce 5 hacia el cilindro de expansión 6, como en los motores de tipo conocido.

Además, en el paso de cruce 5 se puede proporcionar un elemento de ajuste, no ilustrado, para ajustar la variación de las condiciones de funcionamiento del motor, en particular, este elemento de ajuste puede conformarse como un perno o una paleta.

Dicho de otro modo, durante el funcionamiento del motor, según se ilustra en la Figura 1, debido al movimiento descendente del pistón de compresión 1, se introduce una cantidad de aire en el cilindro de compresión 2 a través de la válvula de admisión 3 y del conducto de admisión 13.

A continuación, según se ilustra en la Figura 2, la etapa sigue con el cierre de la válvula de admisión 3 y ocurre la compresión del fluido comburente que puede ser aire o aire mezclado con gas de escape, lo que es conocido que permite la reducción de las emisiones de NOx. Puede ser también un gas inerte deseado que está enriquecido con oxígeno.

Debido a la elevación del pistón de compresión 1 y del pistón de expansión 7 con una temporización adecuada según se describió con anterioridad, la válvula de transferencia 4 situada a la salida del cilindro de compresión 2 se abre de modo que el fluido comburente fluya a través del paso de cruce 5 hacia el cilindro de expansión 6, cuyo pistón de expansión 7 se mueve con un desplazamiento de fase angular adecuado en retardo con respecto al pistón de compresión 1.

Durante el descenso del pistón de expansión 7 en el cilindro de expansión 6, con una temporización adecuada según se describió anteriormente, se cierra la válvula de transferencia 4. Debido al descenso del pistón de expansión 7, tiene lugar la etapa de expansión en el cilindro de expansión 6, mientras que en el cilindro de compresión 2 se inicia una etapa de admisión. Una vez terminada la etapa de expansión en el cilindro de expansión 6, la válvula de escape 9 se abre con el fin de abrir el canal de escape 19 a través del que se descarga el gas quemado y la válvula permanece abierta durante un tiempo adecuado durante el que se produce la carrera de elevación del pistón de expansión 7 en el cilindro de expansión 6.

En particular, el desplazamiento de fase angular entre el ángulo del cigüeñal del pistón de compresión 1 con respecto al ángulo del cigüeñal del pistón de expansión 7 se establece entre 10° y 45°, preferentemente entre 20° y 30° y en particular, 25°. El desplazamiento de fase angular entre los pistones 1/7 tiene el objetivo de causar una transferencia completa del fluido comburente comprimido por el cilindro de compresión 2 al cilindro de expansión 6.

Además, se puede proporcionar un medio para ajustar el desplazamiento de fase angular entre el pistón de compresión 1 y el pistón de expansión 7 frente a las condiciones operativas del motor.

Más en particular, según se ilustra en la Figura 3, el desplazamiento de fase angular entre el ángulo del cigüeñal del pistón de compresión 1 y el ángulo del cigüeñal del pistón de expansión 7, es tal que la totalidad o parte de la combustión tiene lugar mientras se transfiere el fluido comburente desde el cilindro de compresión 2 al cilindro de expansión 6.

5 Además, siempre según se ilustra en el diagrama de la Figura 3, es evidente cómo la diferencia de presión entre el cilindro de compresión 2 y el cilindro de expansión 6 es baja durante toda la etapa entre la apertura y cierre de la válvula de transferencia 4 y, en particular, las dos presiones son idénticas también antes de la apertura de la válvula de transferencia 4, debido a la anticipación descrita respecto al cierre de la válvula de escape 9. El avance con presiones muy próximas entre el cilindro de compresión 2 y el cilindro de expansión 6 reduce la pérdida por laminación durante los
10 transitorios de apertura y cierre de la válvula de transferencia 4 entre el paso de cruce 5 y el cilindro de compresión 2.

Como alternativa, en una forma no ilustrada, la válvula de transferencia 4 puede abrirse con anticipación con respecto al cierre de la válvula de escape 9, de modo que, en el cilindro de expansión 6, se efectúa un lavado del gas de escape con aire puro antes del cierre de la válvula de escape 9. Incluso en este caso, cuando se cierra la válvula de escape 9 se produce un crecimiento de la presión en los dos cilindros de expansión 6 y de compresión 2, con posibilidad de alcanzar una mayor potencia.

En particular, el motor 100 utiliza la solución de "ciclo dividido", en función de qué etapas de admisión y de compresión se realicen en un entorno diferente con respecto al existente en el que se producen las etapas de combustión y de escape (cilindro de expansión 6). El motor funciona sobre la base del principio de alimentación gradual en el cilindro de expansión 6, durante la etapa de combustión, con una mezcla de combustible 8a insertada por el inyector 8 y un fluido comburente comprimido para conseguir el resultado de reducir las emisiones de polvo y de óxidos de nitrógeno con respecto a los valores que son típicos de un motor de encendido por compresión convencional. La transferencia de fluido comburente en el cilindro de expansión 6 se realiza solamente a la apertura de la válvula 4, que está frente al cilindro de compresión, y a través del paso de cruce 5 después de que se inyecte el combustible 8a.

Debido a la peculiaridad de la introducción del combustible y del fluido comburente en el cilindro de expansión 6, el motor 100 permite bajas emisiones de polvo de óxido de nitrógeno y puede funcionar con un buen rendimiento de combustión incluso a una velocidad más alta que un máximo admisible en los motores de ignición por compresión convencionales.

30 Además, según se ilustra en la Figura 4, el motor 100 puede estar sobrealimentado, a modo de ejemplo, mediante un turbocompresor 10 que comprende una turbina 10a y un compresor 10b de tipo similar a los utilizados en los motores de ignición por compresión convencionales, para aumentar la potencia específica del mismo motor. En este caso, pueden utilizarse presiones de sobrealimentación que sean más altas que las presiones admisibles máximas en los motores de ignición por compresión convencionales, puesto que en el motor 100 el gradiente de presión, durante la combustión, es más bajo que los típicos en los motores de ignición por compresión convencionales.

En otras formas de realización, a modo de ejemplo, del motor, se puede proporcionar más pasos de cruce 5 entre el cilindro de expansión 6 y el cilindro de compresión 2, en donde cada paso de cruce 5 tiene al menos una válvula de transferencia respectiva 4 dispuesta en la cara de admisión del paso de cruce 5 desde el cilindro de compresión 2 y en comunicación constante con el cilindro de expansión 6. Esta solución es factible, a modo de ejemplo, para los motores de elevada potencia.

45 De la misma manera, para la admisión en el cilindro de compresión, así como para el escape desde el cilindro de expansión, pueden proporcionarse más válvulas de admisión y de escape asociadas con los respectivos conductos de admisión y de escape.

Otra forma de realización, a modo de ejemplo, del motor, no ilustrada, puede comprender una pluralidad de cilindros de compresión, asociados, respectivamente, a una pluralidad de cilindros de expansión, dispuestos y combinados entre sí en distintas configuraciones.

La descripción anterior de una forma de realización concreta dará a conocer completamente la invención desde el punto de vista conceptual, de modo que otros, aplicando el conocimiento actual, serán capaces de modificar y/o adaptar, para diversas aplicaciones, dicha forma de realización sin investigación adicional y sin desviarse por ello de la invención y por lo tanto, ha de entenderse que dichas adaptaciones y modificaciones han de considerarse como equivalentes a la forma de realización concreta. Los medios y los materiales para realizar las diferentes funciones aquí descritas podrían tener una diferente naturaleza sin, por este motivo, desviarse del campo de la invención. Ha de entenderse que la fraseología o terminología aquí empleadas es para los fines de descripción y no de limitación.

60

REIVINDICACIONES

1. Un motor de "ciclo dividido" de ignición por compresión (100) que comprende:

- 5 - un bloque de cilindros (200):
 - un cilindro de expansión (6) que tiene un pistón de expansión (7) que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, en dicho cilindro de expansión (6) entre un punto muerto superior (ETDC) y un punto muerto inferior (EBDC) mediante un mecanismo de cigüeñal (20), dando lugar siempre dicho mecanismo de cigüeñal (20) a una posición predeterminada de dicho pistón de expansión (7) para estar en correspondencia con un ángulo de cigüeñal predeterminado;
 - un cilindro de compresión (2) que tiene un pistón de compresión que está adaptado para desplazarse, de forma alternativa, en dicho cilindro de compresión (2) entre un punto muerto superior (CTDC) y un punto muerto inferior (CBDC) en función de un desplazamiento de fase angular predeterminado, en retardo con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho cilindro de expansión (6), estando dicho cilindro de compresión (2) dispuesto adyacente a dicho cilindro de expansión (6);
 - una culata de cilindro (30) que cierra dichos cilindros de compresión y de expansión (6) y en donde al menos se proporciona un paso de cruce (5) que conecta dichos cilindros y que comprende una abertura en el lado de la compresión y una abertura en el lado de la expansión, incluyendo dicha culata de cilindro (30) al menos una válvula de admisión (3) que está situada frente a dicho cilindro de compresión (2) o introduciendo un fluido comburente en dicho cilindro de compresión (2) y al menos una válvula de escape (9) que está situada frente a dicho cilindro de expansión (6) para el escape de los gases quemados que salen desde dicho cilindro de expansión (6);
 - al menos una válvula de transferencia (4) dispuesta en la abertura del lado de compresión del paso de cruce (5);
 - un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia (4) en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones (1, 7);
 - un medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de escape (9) en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones (1, 7);
 - un medio de inyección de combustible en dicho paso de cruce (5) o en dicho cilindro de expansión (6) en momentos predeterminados del ciclo alternativo de dichos pistones (1, 7) de modo que se produzca una ignición por compresión del combustible inyectado por medio de la compresión hasta alcanzar una temperatura de auto-ignición; caracterizado por cuanto que dicho paso de cruce (5) define una cámara de combustión única en combinación con dicho cilindro de expansión (6) con el que está en comunicación constante, por cuanto que dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia (4) abre dicha válvula de transferencia (4) con anticipación con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho punto ETDC, con un movimiento de apertura anticipado más alto o igual a 20° del ángulo del cigüeñal, de tal manera que:
 - desde el instante de apertura de dicha válvula de transferencia (4) hasta el alcance de dicho punto ETDC exista una importante ecualización de presión instantánea entre dicho cilindro de compresión (2) y dicho cilindro de expansión (6) y entre dicho punto ETDC y dicho punto CTDC se produce una transferencia prácticamente total de dicho fluido comburente entre dicho cilindro de compresión (2) y dicho cilindro de expansión (6), a través de dicho paso de cruce (5); y por cuanto que dicho medio de inyección de combustible inyecta dicho combustible comenzando desde el alcance de dicho punto ETDC por dicho pistón de expansión (7), de modo que dicha inyección de combustible se produzca simultáneamente con la transferencia de dicho fluido comburente a través de dicho paso de cruce (5).

2. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia (4) abre dicha válvula de transferencia (4) con anticipación con respecto al ángulo del cigüeñal de dicho punto ETDC, con un movimiento de apertura avanzado, que se establece entre 80° y -25°, en particular entre -35° y -30°.

3. Un motor según la reivindicación 1, en donde dicho medio de inyección de combustible está adaptado para inyectar una pequeña cantidad de combustible, así denominadas inyecciones piloto, con anticipación con respecto al punto ETDC para el precalentamiento del entorno de combustión.

4. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de escape (9) está adaptada para bloquear dicha válvula de escape (9) con un ángulo de avance predeterminado con respecto al alcanzado por dicho pistón de expansión (7) de dicho punto ETDC, de modo que en dicho cilindro de expansión (6) se produzca una compresión de una parte del gas de escape hasta una presión predeterminada y dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia (4) abre dicha válvula de transferencia (4) cuando dicho pistón de compresión haya comprimido fluido comburente en dicho cilindro de compresión (2) hasta una presión prácticamente igual a la presente en dicho cilindro de expansión (6), de modo que dicha

transferencia de dicho fluido comburente se realice a través de dicho paso de cruce (5) desde dicho cilindro de compresión (2) a dicho cilindro de expansión (6) y la auto-ignición del combustible se produzca prácticamente al mismo tiempo, en particular dicho cierre del ángulo de avance determinado de dicha válvula de escape (9) con respecto a dicho punto ETDC sea de al menos 40°.

5
5. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho desplazamiento de fase angular entre el ángulo del cigüeñal de dicho pistón de compresión con respecto al ángulo de cigüeñal de dicho pistón de expansión (7) se establece entre 10° y 45°, preferentemente entre 20° y 30°, en particular es de 25°, en particular un medio de ajuste se proporciona para regular dicho desplazamiento de fase angular entre dicho pistón de compresión y dicho pistón de expansión (7) teniendo en cuenta las condiciones operativas del motor.

10
6. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho medio para causar un movimiento de apertura y cierre de dicha válvula de transferencia (4) abre dicha válvula de transferencia (4) con anticipación con respecto al cierre de dicha válvula de escape (9), de modo que, en el cilindro de expansión (6) se produce un lavado con fluido comburente reciente del gas de escape antes del cierre de dicha válvula de escape (9), de modo que cuando se cierre la válvula de escape (9) exista un crecimiento de la presión en los dos cilindros de expansión y de compresión (2) con el fin de alcanzar una mayor potencia.

15
7. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho mecanismo de cigüeñal (20) comprende un eje impulsor único que acciona dicho pistón de compresión (1) y dicho pistón de expansión (7).

20
8. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho mecanismo de cigüeñal (20) comprende al menos un eje impulsor que acciona dicho pistón de expansión (7) y un segundo eje impulsor que acciona dicho pistón de compresión (1), estando dichos primero y segundo ejes impulsores conectados entre sí, manteniendo una misma velocidad de rotación.

25
9. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho mecanismo de cigüeñal (20) de dichos pistones de dicho cilindro de compresión (2) y de dicho cilindro de expansión (6) es del tipo de biela maestra-biela articulada.

30
10. Un motor, según la reivindicación 1, en donde se proporcionan varios pasos de cruce (5) entre dicho cilindro de expansión (6) y dicho cilindro de compresión (2), en donde cada uno de dichos pasos de cruce (5) tiene al menos una válvula de transferencia respectiva (4) dispuesta en la abertura del lado de compresión del paso de cruce (5) y en comunicación constante con dicho cilindro de expansión (6).

35
11. Un motor, según la reivindicación 1, en donde para la admisión en el cilindro de compresión (2), así como para el escape desde el cilindro de expansión (6), se proporcionan más válvulas de admisión y de escape (9) asociadas con los respectivos conductos de admisión y de escape.

40
12. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho motor está asociado con un compresor de sobrealimentación que está adaptado para obtener una más alta potencia específica del motor y también un mejor rendimiento termodinámico.

45
13. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho cilindro de compresión (2) y dicho cilindro de expansión presenta un mismo desplazamiento o un diferente desplazamiento, en particular, en el caso de un desplazamiento diferente, el más alto desplazamiento está en el cilindro de expansión (6).

50
14. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho motor comprende una pluralidad de cilindros de compresión (2) asociados, respectivamente, a una pluralidad de cilindros de expansión (6) dispuestos y combinados entre sí en una forma determinada.

55
15. Un motor, según la reivindicación 1, en donde dicho paso de cruce (5) proporciona un elemento de ajuste que está adaptado para ajustar la sección transversal y/o el volumen de dicho paso de cruce (5) con el fin de adaptarse a las diferentes condiciones operativas del motor, en particular dicho elemento de ajuste puede estar conformado como un perno o una paleta.

Fig. 1

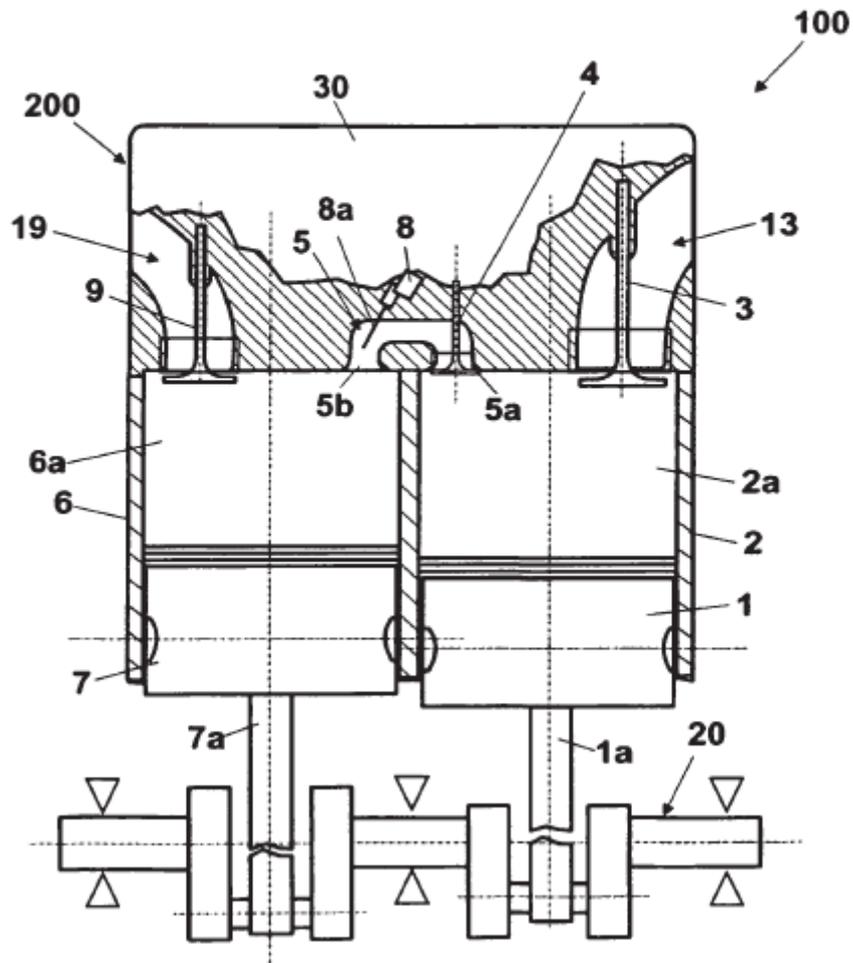


Fig. 2

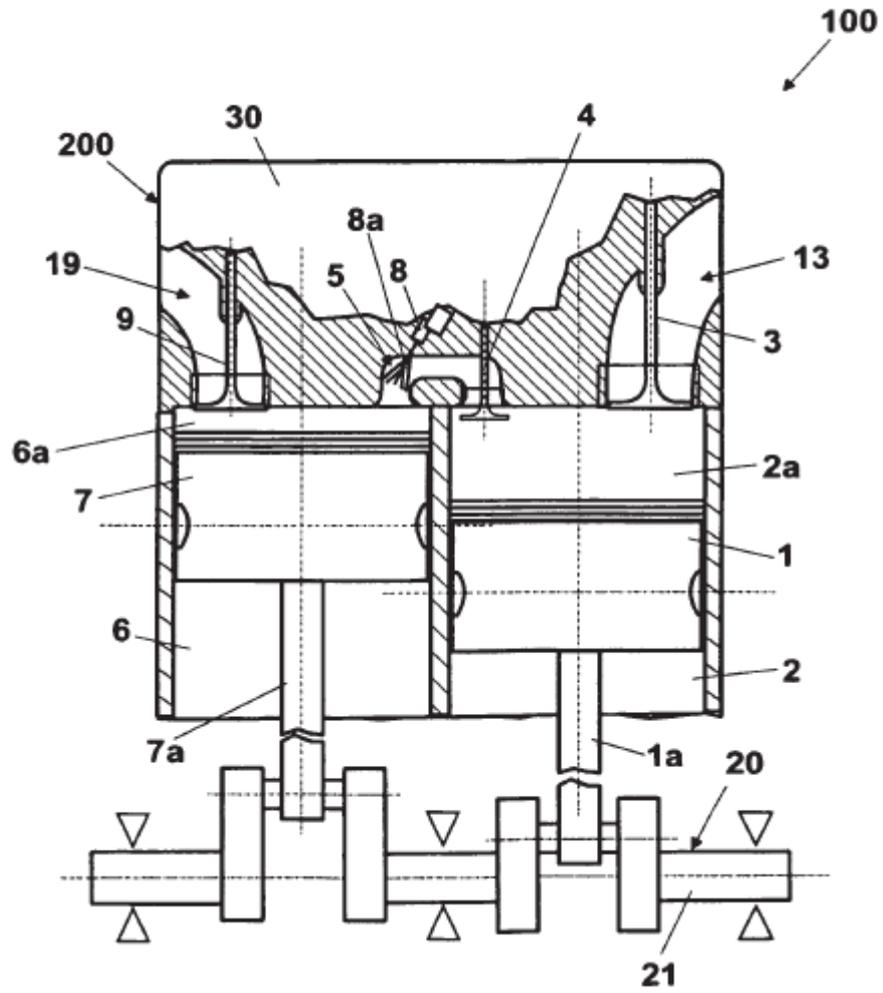


Fig. 3

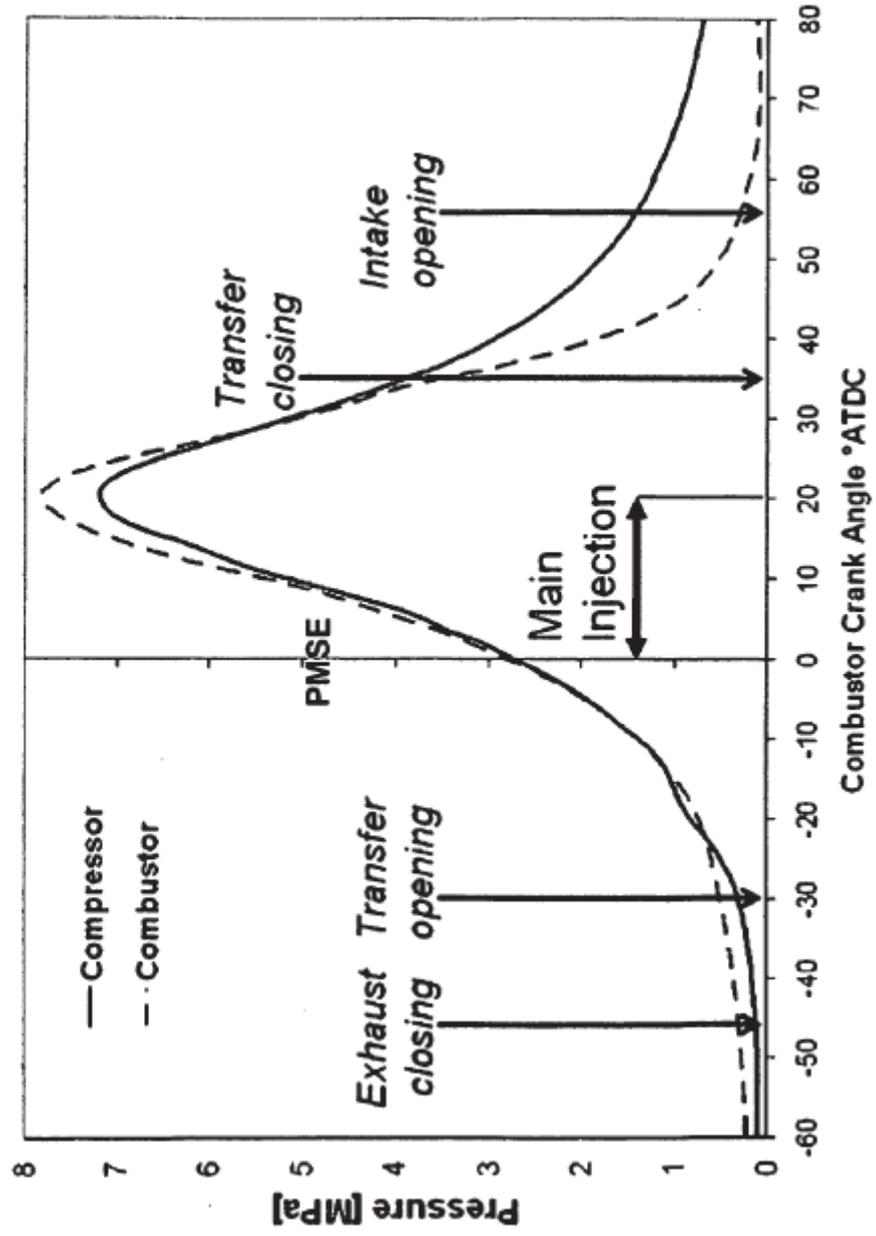


Fig. 4

