

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 842 447**

51 Int. Cl.:

F02B 19/10 (2006.01)

F02B 19/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2011** **PCT/DE2011/002090**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.07.2012** **WO12095071**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2011** **E 11822885 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020** **EP 2649282**

54 Título: **Procedimiento de encendido de combustible en un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión**

30 Prioridad:

08.12.2010 DE 102010054384

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

14.07.2021

73 Titular/es:

HINKEN, FRANZ-JOSEF (100.0%)

Robertskamp 20

49186 Bad Iburg, DE

72 Inventor/es:

HINKEN, FRANZ-JOSEF

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 842 447 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

Procedimiento de encendido de combustible en un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión

5 La invención se refiere a un procedimiento para encender combustible en un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Los grados de eficacia de los motores de combustión interna y sus emisiones contaminantes siguen siendo insatisfactorios en la actualidad, aunque se utilizan recursos considerables y se llevan a cabo investigaciones intensivas para remediarlo.

15 La creciente difusión del motor de combustión interna, así como el creciente número de matriculaciones de vehículos de motor, llevaron a las legislaciones de todo el mundo a reducir cada vez más las emisiones de escape. Básicamente, hay dos conceptos de motor diferentes.

El motor Otto se caracteriza por la combustión de una mezcla de aire y combustible dentro de una zona de llama turbulenta, que, iniciada por una chispa de encendido, se mueve a través de la mezcla.

20 En el motor diésel, sin embargo, se forma una mezcla no homogénea inyectando combustible líquido en aire caliente altamente comprimido, que se enciende por sí mismo.

25 El objetivo de la construcción moderna de motores es lograr una formación de mezcla lo más homogénea posible para optimizar el consumo y los valores de los gases de escape. Un ejemplo de esto es el encendido por compresión de carga homogénea (Homogeneous Charge Compression Ignition, HCCI, por sus siglas en inglés), que describe un concepto para un motor en el que la combustión de una mezcla homogénea comienza simultáneamente en toda la cámara del cilindro. El objetivo principal de este desarrollo es reducir las emisiones contaminantes. El encendido se activa por el aumento de temperatura durante la compresión y por los radicales que quedan en la cámara del cilindro. En el motor HCCI, sin embargo, la composición de la carga debe ser lo más uniforme posible para que la combustión comience simultáneamente en todo la cámara del cilindro. Esto es particularmente cierto cuando se usa combustible diésel, pero desafortunadamente aún conduce a los diversos problemas no resueltos de este proceso de combustión.

35 Una desventaja muy significativa de los motores de combustión interna actualmente en uso es, por ejemplo, que se aplica combustible a la pared cuando se forma la mezcla. Esto se debe a las condiciones de baja presión (100° CA antes del punto muerto superior (PMS)) en el cilindro y la distancia insuficiente entre la boquilla de inyección de la corona del pistón y la pared del cilindro y provoca la formación de una mezcla no homogénea, que conduce a una autoignición no controlada. Además, las emisiones contaminantes aumentan de manera desproporcionada y el consumo de combustible aumenta.

40 También se llevan a cabo investigaciones exhaustivas para determinar el punto de encendido óptimo o para lograr un control del punto de encendido con una eficiencia óptima mediante compresión en todos los intervalos de carga. Desafortunadamente, los resultados siguen siendo insatisfactorios hasta el día de hoy, ya que a menudo se producen picos de presión y oscilaciones de presión en la cámara del cilindro y se siguen registrando altas emisiones de HC y CO. Un problema particular con el proceso de HCCI es el mal comportamiento de arranque en frío y ralentí.

45 Además, la presión pronunciada aumenta y las oscilaciones de la presión de la cámara del cilindro en el intervalo de carga superior, que son registradas por el autoignición inducida por compresión, no son aceptables.

50 Del documento DE-PS 967752 ya se conoce un motor de combustión interna como motor de pistón alternativo en el que un pistón conectado a través de una biela a un cigüeñal es movable en traslación, en donde una culata forma el límite superior de una cámara del cilindro en el cilindro. En esta realización, la cámara del cilindro está diseñada de tal manera que tiene una extensión en el lado de la culata que es cónica o paraboloide y la boquilla de inyección está dispuesta en su lado superior opuesto a la cabeza del pistón. De acuerdo con el contenido de la divulgación del documento, el combustible debe rociarse a través de la boquilla de inyección en un cono de chorro sobre el fondo caliente del pistón hacia el final de la carrera de compresión, de modo que rebote parcialmente otra vez y se refleje en una zona de vórtice creada en la cámara del cilindro. La zona de vórtice se alcanza a través de hendiduras en la corona del pistón. La ignición real del combustible tiene lugar aquí mediante una combinación del calor desprendido por las paredes de la culata y la corona del pistón y el calor de compresión de la mezcla aire-combustible. En una realización de este tipo, incluso se requiere explícitamente una aplicación de combustible en la pared para encender el combustible, lo que, sin embargo, trae consigo las desventajas ya mencionadas al principio y, por lo tanto, debe evitarse.

60 Un motor de precámara clásico, como se describe por ejemplo en los documentos DE-PS 967752, WO 99/42718 A1, WO 2007/006062 A1 o GB 204551 A, presenta estas desventajas.

65

La invención se basa en el objetivo de aumentar la eficiencia de un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión reduciendo al mismo tiempo las emisiones contaminantes, y proporcionar un procedimiento mediante el cual el combustible pueda encenderse con el máximo rendimiento energético.

5 La invención resuelve este problema con las características de la reivindicación 1 de patente independiente.

Otros perfeccionamientos de la invención son objeto de las subsecuentes reivindicaciones subordinadas.

10 Se ha desarrollado un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión, como motor de pistón alternativo, con al menos un cilindro, en el que un pistón conectado mediante una biela a un cigüeñal se puede mover traslacionalmente, con una culata que forma el límite superior de una cámara de cilindro en el cilindro, se ha desarrollado de tal manera que la culata tiene un tubo de compresión que está abierto a la cámara del cilindro y está equipado con al menos una boquilla de inyección.

15 La autoignición inducida por compresión de una mezcla homogénea de combustible/aire que tiene lugar según la invención se produce casi en condiciones espaciales constantes. Se ha demostrado que con la autoignición homogénea inducida por compresión, no solo se pueden reducir casi a cero las emisiones contaminantes, sino que la eficiencia del motor de combustión interna también aumenta considerablemente.

20 Es de particular importancia que la mezcla de combustible y aire se mezcle proporcionalmente en la cámara del cilindro y en el tubo de compresión. Durante la carrera de compresión, el combustible se inyecta parcialmente a través del tubo de compresión en la cámara del cilindro sin que se moje la pared.

25 En el tubo de compresión, se registra un fuerte aumento de presión en la fase de compresión, que resulta de la pequeña área de la sección transversal del tubo de compresión en relación con el área del pistón, razón por la cual el término "tubo" también se usa para mayor claridad. Sin embargo, esto también significa que la compensación de presión entre el tubo de compresión y la cámara del cilindro (12° antes del PMS a 12° después del PMS) es tan lenta que el aumento de presión en la cámara del cilindro es muy moderado en todos los intervalos de carga y velocidad.

30 Además, el pistón produce un efecto de cierre del tubo de compresión en el área del punto muerto superior (PMS), de modo que se produce un aumento de presión retardado en la cámara del cilindro. La presión máxima en el pistón solo se alcanza después del PMS.

35 Otras ventajas de la invención son que se puede lograr una reducción demostrable en las emisiones de HC y Co. En el caso de un proceso de inyección controlado, también se puede lograr que no se registre acumulación de mezcla de combustible-aire en la cámara del cilindro, en el área de la banda y las cámaras de válvulas.

40 Una primera realización de la invención es que el área de la sección transversal del tubo de compresión es del 4% al 10% del área del pistón.

En otras palabras, es de fundamental importancia que el área de la sección transversal del tubo de compresión se mantenga lo más pequeña posible en relación con el área del pistón. Esta medida contribuye significativamente al éxito según la invención, porque la onda de presión que se produce cuando la mezcla de combustible y aire se enciende golpea menos de una décima parte del área original del pistón.

45 También se ha encontrado que una relación longitud-diámetro del tubo de compresión entre 2 y 6 tiene efectos muy ventajosos sobre el curso de la inyección, la compresión y la propagación de la onda de presión después del encendido de la mezcla de combustible/aire.

50 Por consiguiente, de acuerdo con este concepto adicional de la invención, el tubo de compresión debería tener, en términos generales, una longitud mayor que la cantidad de su ancho o su diámetro, es decir, debería ser largo y estrecho.

55 Para evitar la aplicación del chorro de combustible a la corona del pistón, también se propone que la boquilla de inyección esté dispuesta en el extremo superior del tubo de compresión alejado de la cámara del cilindro.

Por ejemplo, en un motor de combustión interna que ya ha sido probado en experimentos, la boquilla de inyección se colocó a 4 a 8 cm de la cámara del cilindro en el tubo de compresión, lo que ha llevado a una combustión extremadamente baja en contaminantes y que ahorra combustible.

60 Un desarrollo particularmente preferido de la invención prevé además que el tubo de compresión esté diseñado como un cuerpo tubular con una superficie interior cilíndrica circular de la camisa. La forma cilíndrica circular del tubo de compresión tiene la ventaja de que el chorro de combustible arrastra menos aire durante el proceso de inyección. Como resultado, se forma una mezcla más rica en la sección superior del tubo de compresión que tiene la boquilla de

inyección, lo que promueve significativamente el proceso de encendido en el tubo de compresión. También es posible equipar el tubo de compresión con una geometría ligeramente cónica o paraboloide.

El diseño simple del motor de combustión interna y, en particular, del tubo de compresión permite no solo equipar nuevos motores con este dispositivo, sino también reequipar unidades ya en uso. A estos efectos, se propone diseñar el tubo de compresión con la boquilla de inyección dispuesta en el mismo como una unidad estructural reequipable.

Para evitar la humectación de las superficies de las paredes de la cámara del cilindro con combustible y por lo tanto un aumento del consumo de combustible y para evitar la influencia negativa resultante sobre las emisiones de gases de escape, una realización de la invención prevé que el pistón tenga una cabeza de pistón plana.

Una cabeza de pistón plana evita turbulencias no controlables dentro de la cámara del cilindro, como las generadas por depresiones en la cabeza del pistón. La experiencia ha demostrado que esta turbulencia conduce a que la mezcla de aire y combustible en desarrollo se distribuya en todas las áreas de la cámara del cilindro y también golpee las paredes. Además, el pistón es más fácil de fabricar y, por lo tanto, más rentable.

Una alternativa a esto se puede ver en el hecho de que el tubo de compresión está diseñado en dos partes y una primera parte del tubo de compresión está dispuesta en la culata del cilindro y la segunda parte del tubo de compresión se introduce en la cabeza del pistón. En este caso, la cabeza del pistón está provista consecuentemente de una escotadura que forma la segunda parte del tubo de compresión. Esta variante particular de la invención conduce a un diseño muy compacto del cilindro del motor.

En particular para el procesamiento de combustible diésel, es ventajoso que el tubo de compresión tenga un precalentamiento. Sin embargo, el calentamiento del tubo de compresión también puede tener un efecto positivo en el proceso de combustión de un motor de gasolina. En cualquier caso, las propiedades de arranque en frío del motor de combustión interna mejoran significativamente con esta medida.

En el procedimiento de la invención para encender combustible en un motor de combustión interna, se inyecta un chorro de combustible a través de la boquilla de inyección mientras se evita el mojado de la pared interna del tubo de compresión cuando el pistón está en una posición entre 20° CA y 180° CA antes del PMS.

La solución al problema antes mencionado es conseguir una introducción muy temprana del combustible líquido en la carrera de compresión, de modo que haya tiempo suficiente para una completa evaporación y mezcla del combustible con el aire presente en la cámara del cilindro y tenga lugar una óptima homogeneización de la mezcla de combustible y aire. Este procedimiento se puede utilizar para los motores de combustión interna conocidos en la actualidad.

Las características especiales de la combustión de combustible diésel significan que una realización especial de este procedimiento es que el chorro de combustible se inyecta cuando el pistón está en una posición entre 20° CA y 60° CA antes del PMS. Se han obtenido resultados óptimos en esta área.

La peculiaridad de la introducción del combustible en el tubo de compresión se puede ver en el hecho de que la boquilla de inyección genera un chorro de combustible fino y puntiagudo dirigido en la dirección de la cámara del cilindro a alta presión, que tiene poca dispersión. Como resultado de estas medidas, es posible evitar mojar la pared con combustible. Hoy en día, se pueden generar presiones de más de 1000 bar a través de la boquilla de inyección y, por lo tanto, son comunes. La alineación del chorro de combustible se puede controlar mediante el diseño estructural de la boquilla de inyección. En el presente caso, serán especialmente ventajosas las boquillas de un solo orificio.

El curso adicional del procedimiento según la invención es tal que el combustible se inyecta durante la carrera de compresión del pistón y luego todo el volumen de compresión de la mezcla de combustible-aire generada se presiona en el tubo de compresión.

Con esta medida se puede lograr que el autoignición y la combustión de la mezcla de combustible y aire y un fuerte aumento asociado de la presión en el tubo de compresión tengan lugar mientras el pistón está en el PMS o poco después del PMS.

Dado que el pistón cierra más o menos la salida del tubo de compresión en el intervalo entre 12° antes del PMS y 12° después del PMS, el encendido por compresión y la conversión de energía tienen lugar íntegramente en el tubo de compresión, que es el objeto de la invención. La ignición por compresión de la mezcla de combustible-aire puede tener lugar en el intervalo de 15° antes del PMS a 15° después del PMS. Las fluctuaciones de un ciclo a otro no tienen efectos negativos sobre el comportamiento de funcionamiento del motor.

Una medida adicional consiste en que el autoignición inducida por compresión se inicia de manera controlada mediante encendido externo en el tubo de compresión cuando la mezcla se forma interna y/o externamente.

La ignición externa de la mezcla homogénea de combustible/aire conduce a través del frente de llama y el aumento asociado de temperatura y presión en el tubo de compresión controla una autoignición inducida por compresión de la mezcla homogénea restante.

- 5 También debe tenerse en cuenta que, cuando el motor de combustión interna está en ralentí, la carga estratificada puede tener lugar en la parte superior del tubo de compresión.

Para mejorar el comportamiento del arranque en frío, también se propone que se lleve a cabo un arranque en frío del motor de combustión interna de una manera conocida per se con la ayuda de una bujía incandescente/bujía.

- 10 Una ventaja particular del procedimiento según la invención es que se puede utilizar inyección en bloque y/o múltiple.

- 15 Para combustibles de alto octanaje y poco inflamables, también se puede utilizar la formación de una mezcla externa, la mezcla de combustible y aire también se presiona a través del pistón hacia el tubo de compresión y, dependiendo de la carga y la relación de combustible y aire, se puede inducir por compresión o encender por encendido externo en la parte superior del tubo de compresión.

- 20 La invención se explica con más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos. Los ejemplos de realización mostrados no representan una restricción a las variantes mostradas, sino que simplemente sirven para explicar un principio de la invención. Los mismos componentes o componentes similares se indican con los mismos números de referencia. Para poder ilustrar el modo de funcionamiento según la invención, las figuras muestran sólo representaciones esquemáticas muy simplificadas en las que se ha prescindido de los componentes que no son esenciales para la invención. Sin embargo, esto no significa que tales componentes no estén presentes en una solución según la invención.

- 25 Figura 1: muestra una sección esquemáticamente simplificada a través de un cilindro de una primera realización de un motor de combustión interna durante la carrera de compresión,

Figura 2: muestra una vista en sección según la Figura 1, con una compresión creciente y, por tanto, una posición del pistón modificada,

- 30 Figura 3: muestra una vista en sección a través de un cilindro en el que el pistón está justo antes del punto muerto superior,

Figura 4: muestra una vista en sección con el pistón en el punto muerto superior,

Figura 5: muestra una vista en sección de un cilindro con una posición del pistón durante la carrera de expansión y Figura 6: muestra otra variante de un motor de combustión interna con tubo de compresión de dos partes.

- 35 En las Figuras 1-5, se muestran varias etapas de un proceso de combustión dentro de un cilindro 1 de un motor de combustión interna.

- 40 La Figura 1 muestra en principio una sección esquemáticamente muy simplificada a través de un cilindro 1 de un motor de combustión interna durante la carrera de compresión del pistón 2, que se puede mover traslacionalmente en el cilindro 1, en una primera posición. El pistón 2 dispone de un cojinete de biela 10 que se utiliza para conectar a una biela, no mostrada aquí por razones de simplicidad, que, a su vez, convierte el movimiento de traslación del pistón en una rotación del cigüeñal del motor de combustión interna. En la zona de la cabeza del pistón 8, el pistón 2 tiene varios aros de pistón 9, que sirven para sellar la cámara del cilindro 4 dentro del cilindro 1. El extremo superior del cilindro 1 está formado por una culata 3, que tiene un tubo de compresión 6 como característica especial según la invención. En el extremo superior del tubo de compresión 6 opuesto a la cámara del cilindro 4, se inserta una boquilla de inyección 5 en el tubo de compresión 6, que se utiliza para inyectar el combustible. Es de particular importancia que el tubo de compresión 6 tenga una geometría cilíndrica circular, siendo la longitud del tubo de compresión 6 significativamente mayor que su diámetro.

- 50 En la Figura 2, en comparación con la representación de la Figura 1, el pistón 2 se ha movido más en la dirección del punto muerto superior. Durante este movimiento, el aire atrapado en la cámara del cilindro 4 se comprime y se produce la introducción de un chorro de combustible 7 a través de la boquilla de inyección 5. La geometría del chorro de potencia 7 evita la deposición de la pared en el tubo de compresión 6, en la pared interior del cilindro y en la cabeza del pistón 8. El chorro de combustible 7 tiene un curso puntiagudo y se inyecta a alta presión. En este caso, el chorro de combustible 7 se mezcla con el aire presente en la cámara del cilindro 4, parcialmente en el tubo de compresión 6 y parcialmente en la cámara del cilindro 4.

- 60 En la ilustración de la Figura 3, el pistón 2 se ha movido una pieza más en la dirección del punto muerto superior. Este movimiento transporta la mezcla de combustible y aire 11 al interior del tubo de compresión 6, en el que ahora se encuentra en forma comprimida todo el volumen de la mezcla de combustible y aire 11. El curso de la inyección se controla de tal manera que ya no haya acumulación de la mezcla de combustible y aire 11 en la cámara del cilindro 4. Una acumulación de este tipo conduciría concretamente a una mayor formación de emisiones de HC y CO, que, sin embargo, deberían y pueden evitarse mediante la solución según la invención.

- 65

En el siguiente paso, que se muestra en la Figura 4, el pistón 2 cierra la salida del tubo de compresión 6, que está abierto a la cámara del cilindro 4, casi completamente, lo que ocurre aproximadamente entre 10° antes del PMS y 10° después del PMS. Como la temperatura de la mezcla de combustible y aire 11 continúa aumentando durante la carrera de compresión, la autoignición inducida por compresión tiene lugar poco antes del PMS o poco después del PMS dentro del tubo de compresión 6, en el que también tiene lugar toda la conversión de energía. El encendido por compresión tiene lugar en el área de la posición del pistón entre 12° antes del PMS y 12° después del PMS. El tiempo de combustión muy corto de la mezcla de combustible y aire 11 y el aumento abrupto de presión resultante, incluidas las oscilaciones de presión de la cámara del cilindro que se producen, tienen lugar en el tubo de compresión 6 y, por tanto, permanecen encerrados en el tubo de compresión 6 o se compensan.

Dado que el área de la sección transversal del tubo de compresión 6 es solo del 4 al 10% del área del pistón, la onda de presión resultante golpea menos de 1/10 del área del pistón. La presión máxima en el pistón 2 siempre actúa después del punto muerto superior (PMS), de modo que aquí es posible una salida de potencia máxima.

Como puede verse en la ilustración de la Figura 5, siguiendo los procesos descritos anteriormente, el pistón 2 se mueve durante su carrera de expansión hacia abajo en la dirección del punto muerto inferior (PMS) y acciona el cigüeñal mientras se expulsan los residuos de combustión formados.

Otra variante del motor de combustión interna se muestra en la ilustración de la Figura 6. El cilindro 1 y la culata 3 son de construcción idéntica a la variante de realización ya descrita anteriormente. El pistón 2 se muestra aquí durante la carrera de compresión, es decir, durante su movimiento en la dirección PMS. También en esta solución hay un tubo de compresión 6, que, sin embargo, en el presente caso consta de dos partes 6.1 y 6.2. Una primera parte 6.1 del tubo de compresión 6 se dispuso en la culata 3 de cilindro y la segunda parte 6.2 se dispuso exactamente opuesta a la primera parte 6.1 en la cabeza del pistón 8. Una medida de este tipo evita una humectación no deseada de la pared del espacio cilíndrico 4 con combustible de una manera mejorada, porque el chorro de combustible 7 se introduce directamente en la segunda parte 6.2 del tubo de compresión 6.

Lista de símbolos de referencia:

- 1 cilindro
- 2 pistón
- 3 culata de cilindro
- 4 cámara del cilindro
- 5 boquilla de inyección
- 6 tubo de compresión
- 6.1 primera parte del tubo de compresión
- 6.2 segunda parte del tubo de compresión
- 7 chorro de combustible
- 8 cabeza del pistón
- 9 aros de pistón
- 10 cojinete de biela
- 11 mezcla de aire y combustible

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para encender combustible en un motor de combustión interna con autoignición inducida por compresión, que está diseñado como un motor de pistón alternativo y presenta al menos un cilindro (1) en el que un pistón (2) conectado a un cigüeñal mediante una biela puede moverse en traslación, en donde una culata de cilindro (3) forma el límite superior de una cámara del cilindro (4) en el cilindro (1), y la culata (3) presenta un tubo de compresión (6) que está abierto a la cámara del cilindro (4) y está equipado con al menos una boquilla de inyección (5), en donde, mediante un movimiento del pistón (2) en la dirección de un punto muerto superior (PMS), se transporta una mezcla de combustible-aire (11) al tubo de compresión (6) y se comprime, de modo que a medida que la temperatura de la mezcla de combustible y aire (11) aumenta durante esta carrera de compresión poco antes, en o poco después del punto muerto superior (OT) se produce una autoignición inducida por compresión dentro del tubo de compresión (6), caracterizado porque se inyecta un chorro de combustible (7) a través de la boquilla de inyección (5) evitando mojar la pared interior del tubo de compresión (6), de modo que, durante la carrera de compresión, el combustible se inyecta parcialmente a través del tubo de compresión (6) en la cámara del cilindro (4), y el pistón (2) en la zona del punto muerto superior (PMS) produce un efecto de cierre del tubo de compresión (6), de modo que se produce un aumento retardado de presión en la cámara del cilindro (4).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el área de la sección transversal del tubo de compresión (6) es del 4% al 10% del área del pistón.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la relación de longitud-diámetro del tubo de compresión (6) está comprendido entre 2 y 6.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la boquilla de inyección (5) está dispuesta en el extremo superior del tubo de compresión (6) alejado de la cámara del cilindro (4).
5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo de compresión (6) es tubular y presenta una superficie lateral interior cilíndrica circular, cónica o paraboloide.
6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo de compresión (6) con la boquilla de inyección (5) están diseñados como una unidad estructural reequipable.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el pistón (2) presenta una cabeza de pistón plana (8).
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el tubo de compresión (6) está diseñado en dos partes y una primera parte (6.1) del tubo de compresión (6) está dispuesta en la culata de cilindro (3) y la segunda parte (6.2) del tubo de compresión (6) está introducida en la cabeza del pistón (8) del pistón (2).
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde en el caso de formación de mezcla interna y/o externa, la autoignición inducida por compresión se inicia de manera controlada mediante encendido externo en el tubo de compresión (6).
10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, cuando se usa combustible diésel, el chorro de combustible (7) se inyecta cuando el pistón (2) está en una posición entre 20° CA y 60° CA antes del PMS.
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la boquilla de inyección (5) genera un chorro de combustible (7) fino, puntiagudo y dirigido en la dirección de la cámara del cilindro (4) a alta presión, que presenta una baja dispersión.
12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la inyección del combustible tiene lugar durante la carrera de compresión del pistón (2) y luego todo el volumen de compresión de la mezcla de combustible y aire generada se presiona en el tubo de compresión (6).
13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la autoignición y la combustión de la mezcla de combustible y aire y un aumento pronunciado asociado de la presión en el tubo de compresión (6) tiene lugar mientras el pistón (2) está en PMS o poco después del PMS.
14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, cuando el motor de combustión interna está en ralentí, tiene lugar una carga estratificada en la parte superior del tubo de compresión (6).

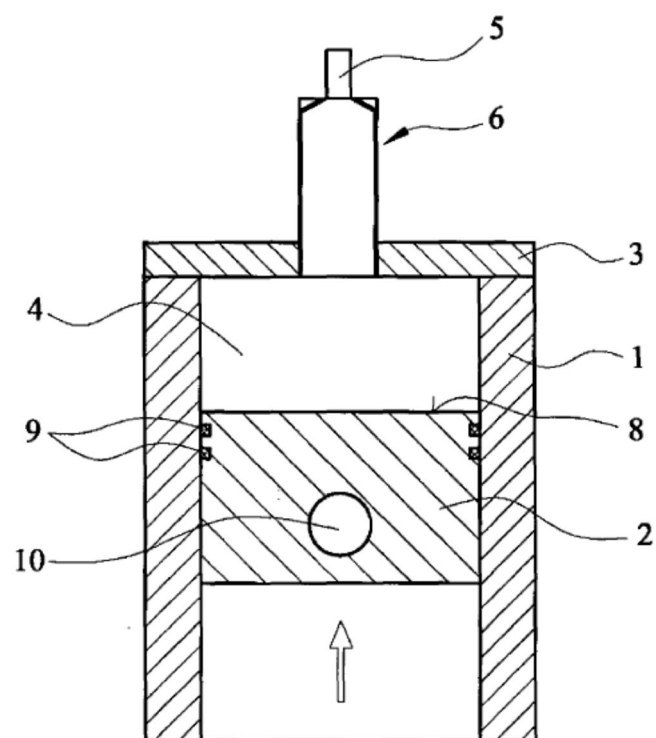


Fig. 1

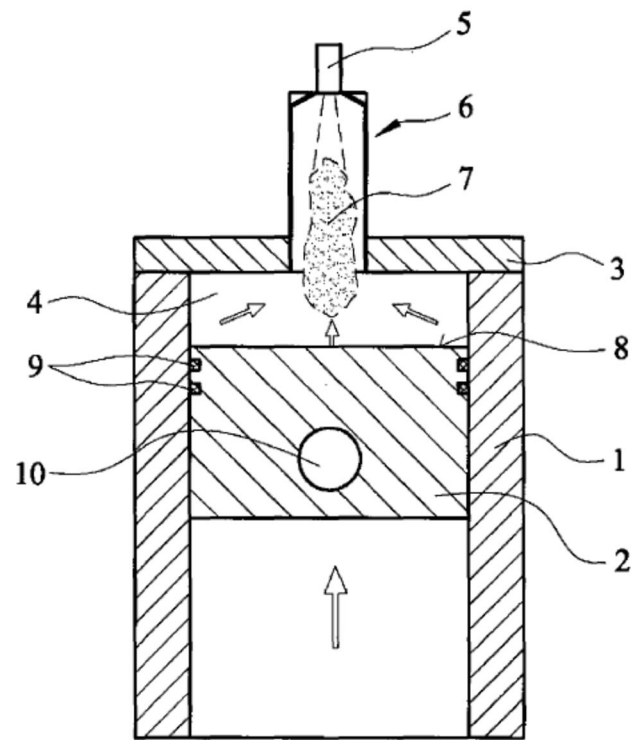


Fig. 2

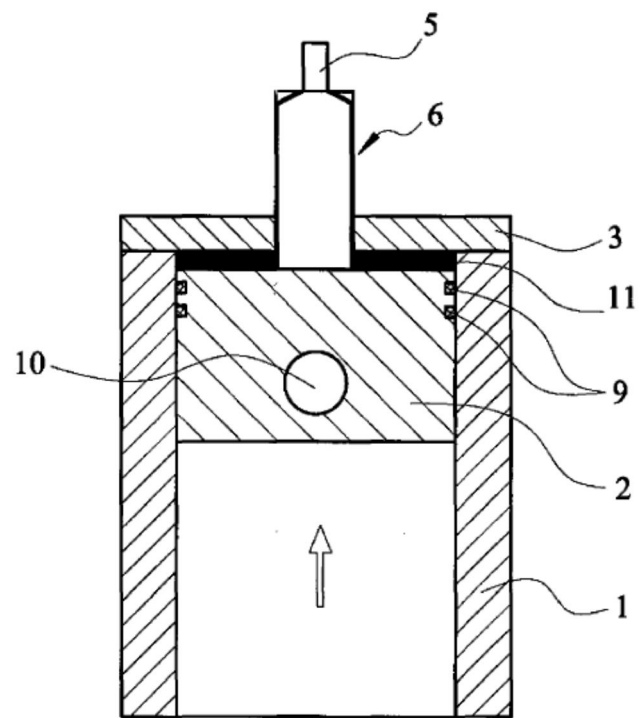


Fig. 3

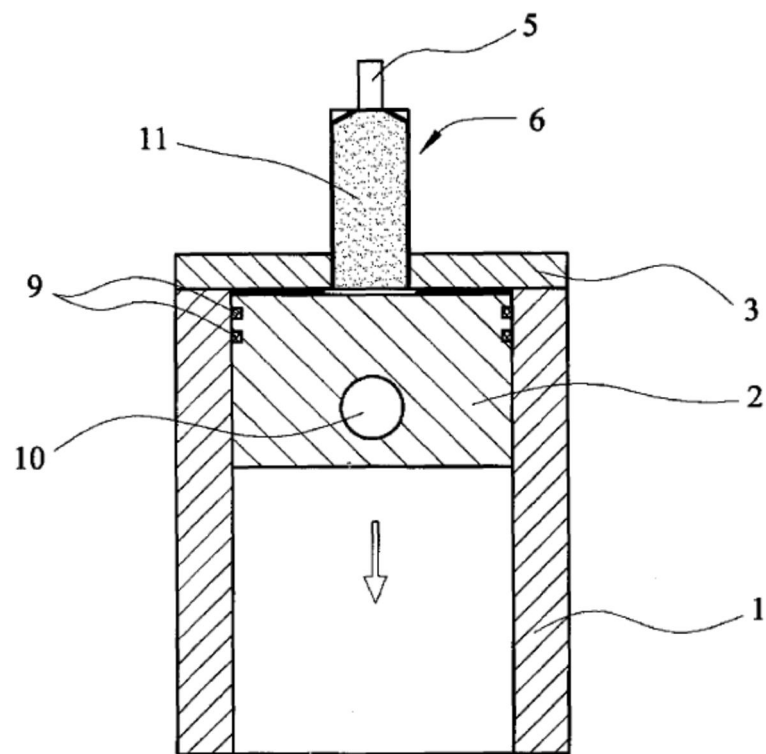


Fig. 4

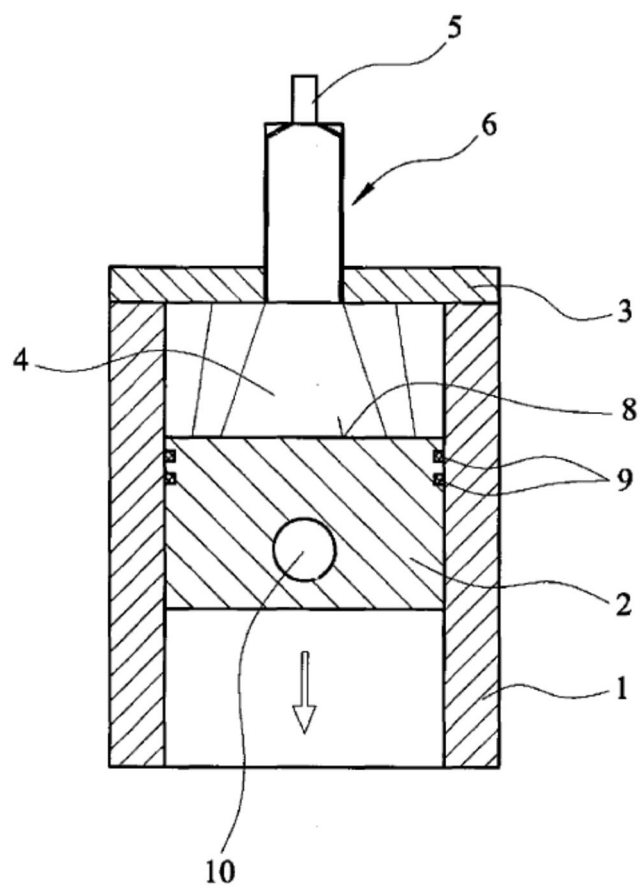


Fig. 5

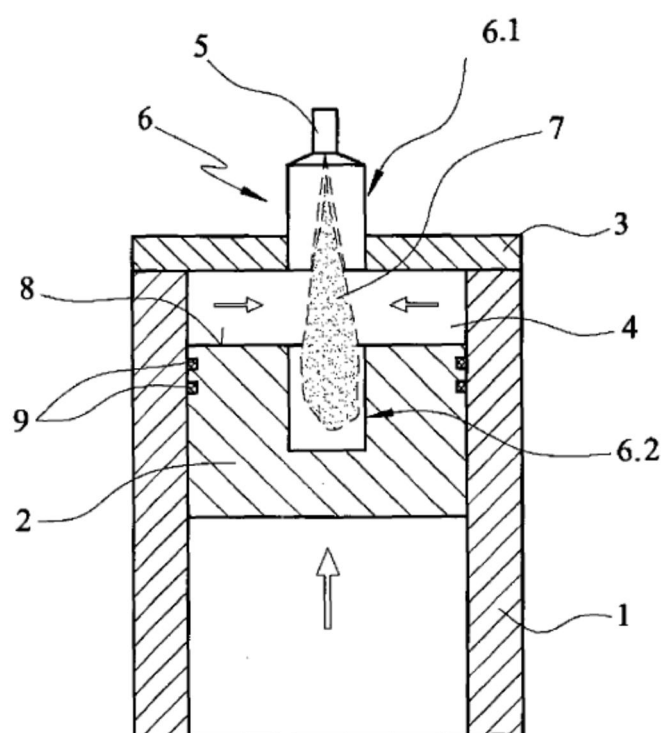


Fig. 6