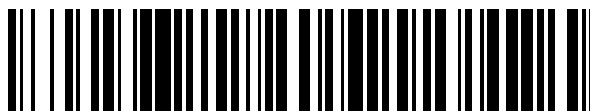


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 256**

51 Int. Cl.:

F02B 33/06 (2006.01)

F02B 41/06 (2006.01)

F02B 29/04 (2006.01)

F02B 33/20 (2006.01)

F02B 33/22 (2006.01)

F02B 41/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2017 E 17202109 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 3327267**

54 Título: **Motor de gasolina con cilindros secundarios**

30 Prioridad:

28.11.2016 DE 102016122855

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

13.02.2020

73 Titular/es:

**BAUER, GERD (100.0%)
115 Douglas Road
Chappaqua, NY 10514, US**

72 Inventor/es:

BAUER, GERD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 742 256 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 gasolina con cilindros secundarios

- 5 La presente invención se refiere a un motor de combustión interna en forma de un motor con varios cilindros de trabajo que tienen válvulas y/o boquillas para la alimentación e inyección de combustible y aire y para la salida de gases de escape. Un motor de este tipo se conoce sobre todo en forma de un motor de gasolina convencional y, en particular, como un motor de automóvil.
- 10 La invención también se refiere a un procedimiento para operar un motor según la invención.
- Una desventaja de casi todos los motores de combustión interna y en particular del motor de gasolina radica en la conversión muy moderada de la energía utilizada en la energía cinética. Normalmente, un motor de gasolina convierte alrededor del 10 al 20 por ciento de la energía química utilizada en energía de locomoción mecánica. La mayor parte de la energía utilizada se pierde en forma de calor residual y escape no utilizado de la presión residual de los gases de escape expulsados del cilindro del motor.
- 15 La baja eficiencia de los motores de gasolina depende, entre otras cosas, de una relación de compresión relativamente baja de la mezcla de aire y combustible y las temperaturas máximas tolerables y así como de la combustión incompleta del combustible en el ciclo de trabajo.
- 20 Sin embargo, no es posible aumentar fácilmente la relación de compresión, ya que las temperaturas en el cilindro aumentan en consecuencia y existe un riesgo de fallos de encendido incontrolados que pueden provocar la destrucción de un motor en poco tiempo.
- 25 La presente invención se basa, por lo tanto, en el objetivo de proporcionar un motor y un procedimiento para su funcionamiento, o bien de rediseñar de tal manera que el combustible se use de manera mucho más eficiente sin temperaturas excesivamente altas, lo que conlleva el riesgo de fallos de encendido.
- 30 Este objetivo se logra con respecto al motor porque cada cilindro de trabajo del motor está acoplado a un cilindro secundario, que es impulsado por una combustión parcial y la presión residual de los gases de escape calientes quemados de forma incompleta del cilindro de trabajo y porque, por otro lado, al cilindro de trabajo se alimenta aire de combustión precomprimido, con un dispositivo de refrigeración, que enfría el gas precomprimido, un dispositivo para la transformación del gas enfriado precomprimido en el cilindro de trabajo y una válvula de transferencia que transfiere al cilindro siguiente el gas de escape bajo presión para un nuevo ciclo del cilindro secundario.
- 35 De acuerdo con la invención, el motor tiene así al menos dos cilindros, a saber, un cilindro de trabajo, que esencialmente corresponde a un cilindro convencional, y un cilindro secundario, que efectivamente representa una extensión del cilindro de trabajo, ya que por un lado ya realiza una precompresión del aire de combustión y, por otro lado, sirve también como espacio de expansión para gas de trabajo quemado de manera incompleta (mezcla de gas de escape y gas de combustión quemado de manera incompleta) del cilindro de trabajo, de modo que debido al aumento de la expansión el gas de trabajo puede enfriarse y descomprimirse esencialmente mucho mejor, pudiendo reducirse drásticamente la presión del gas de escape del cilindro de trabajo hasta la salida del cilindro secundario en comparación con la presión residual en el cilindro de los motores convencionales. Por lo tanto, el gas de escape tiene una presión residual más baja y también una temperatura más baja, lo que necesariamente se acompaña de un uso más efectivo del combustible.
- 40 La relación de compresión efectiva es esencialmente mucho más alta que en un motor convencional, ya que el aire de combustión alimentado al cilindro de trabajo, dado el caso también una mezcla de aire de combustión y combustible, ya está precomprimido por el cilindro secundario, pero se enfría antes de transferirlo al cilindro de trabajo, de modo que con compresión adicional moderada no se supera un límite de temperatura crítico. Al mismo tiempo, sin embargo, la relación de compresión efectiva aumenta porque resulta como un producto de las relaciones de compresión del cilindro secundario y del cilindro de trabajo. Con una relación de compresión del cilindro secundario de 3 y una relación de compresión del cilindro de trabajo de 8 resulta una relación de compresión efectiva, un valor de 24, que no se puede lograr con motores convencionales, sino que en el caso del motor según la invención es posible mediante la precompresión en el cilindro secundario y el enfriamiento posterior antes de la transferencia al cilindro de trabajo.
- 50 El procedimiento según la invención se caracteriza, por lo tanto, por el uso de un motor del tipo descrito anteriormente, en el que, en un primer ciclo de un cilindro secundario se aspira aire ambiente, este aire se comprime en un segundo ciclo del cilindro secundario y se transfiere al cilindro de trabajo después del enfriamiento intermedio, en donde según los ciclos de compresión y trabajo correspondientes del cilindro de trabajo el gas de trabajo bajo presión residual y no completamente quemado del cilindro de trabajo se transfiere al cilindro secundario, admitiendo el cilindro secundario de nuevo en un tercer ciclo el gas de escape caliente, se descomprime y el cilindro secundario expulsa en un cuarto ciclo el gas de escape con una presión residual reducida. Los motores correspondientes son conocidos por los documentos WO 99/06682 A2 y EP 0 126 463 A1.
- 60
- 65

- 5 En contraste con la técnica anterior conocida, el cilindro secundario según la invención está conectado a una turbina inversa aguas abajo, y en concreto con una etapa de entrada para una expansión por debajo de la presión ambiente, a un refrigerador intermedio aguas abajo de la etapa de entrada (que se requiere para alcanzar la presión más baja al final de la etapa de entrada) con una posterior etapa de compresión para la compresión subsiguiente a la presión ambiente. Por lo tanto, el cilindro secundario está conectado aguas arriba del cilindro en un ciclo para la precompresión del aire de combustión y aguas abajo del cilindro de trabajo para un ciclo de trabajo, de modo que el gas de escape completamente quemado se expulsa del cilindro secundario y se transfiere desde allí a una turbina inversa.
- 10 Para aumentar aún más la eficiencia del motor se pueden concebir varias medidas. Por un lado tiene sentido que el cilindro secundario tenga un volumen mayor que el cilindro de trabajo, alcanzando el volumen del cilindro secundario preferiblemente de 1,2 a 4 veces el volumen del cilindro de trabajo. Esto permite una descompresión del gas de trabajo hasta una presión residual en el intervalo de la presión ambiental, en particular cuando el volumen de aire fresco aspirado por el cilindro secundario es limitado y es más pequeño que el volumen del cilindro secundario en el punto muerto inferior.
- 15 Además, en realizaciones preferidas, la relación de compresión del cilindro secundario está entre 2 y 5.
- 20 Como ya se mencionó se proporciona además un dispositivo de refrigeración para el gas precomprimido convenientemente entre la salida del cilindro secundario y la entrada correspondiente del cilindro de trabajo.
- En una realización adicional, el motor tiene además una recirculación de los gases de escape.
- 25 El motor puede equiparse, en particular, como un motor de cuatro cilindros con cuatro cilindros de trabajo y cuatro cilindros secundarios y dos cigüeñales, uno de los cuales está asociado con los cilindros de trabajo y el otro a los cilindros secundarios, estando acoplados convenientemente los cigüeñales entre sí y preferiblemente acoplados de manera ajustable entre sí, de modo que el ángulo relativo entre los puntos muertos superiores del cilindro de trabajo y el cilindro secundario puede cambiar. También se puede plantear conectar todos los cilindros con un cigüeñal común, lo que, sin embargo, determinaría la desviación angular entre el cilindro de trabajo y el cilindro secundario, que podría ser ajustable de forma variable y posiblemente de forma dinámica al usar dos cigüeñales separados y de acoplamiento ajustable.
- 30 La relación de compresión del cilindro de trabajo debe estar convenientemente entre 5 y 10, lo que da como resultado el aumento de la relación de compresión efectiva, ya que el aire de combustión suministrado al cilindro de trabajo está precomprimido por un factor entre 2 y 5.
- 35 En una realización, los cilindros están dispuestos en forma de V con una pata de la forma de V formada por los cilindros de trabajo y la otra pata de la forma de V por los cilindros secundarios. Esta variante es particularmente ventajosa en el caso de una precompresión más alta, ya que puede configurarse precompresión más alta del cilindro secundario con el cilindro de trabajo para que sea comparativamente mayor.
- 40 En una realización, el uno o más cilindros secundarios están diseñados como un cilindro de 4 tiempos. A cada uno de los cilindros de trabajo se asigna un cilindro secundario, que tiene ciclos de trabajo escalonados en relación con el cilindro de trabajo y toma tanto la precompresión del aire de combustión suministrado al cilindro de trabajo como también el gas de escape aún no completamente quemado del cilindro de trabajo como su gas de trabajo.
- 45 En otra variante, el cilindro o cilindros secundarios pueden configurarse como un cilindro de 2 tiempos, siendo el número de cilindros secundarios la mitad del número de cilindros de trabajo y a cada cilindro secundario se asigna dos cilindros de trabajo diferentes, cuyos ciclos de trabajo están desplazados sustancialmente 180° entre sí. El cilindro secundario funciona de manera tan sincrónica respecto a los cilindros de trabajo como en el caso de 4 tiempos, pero requiere solo la mitad de los ciclos (es decir, 2) para un ciclo de precompresión y combustión (residual) y puede funcionar en 4 (2x2) ciclos sucesivos para dos cilindros de trabajo como cilindro secundario.
- 50 En todas las variantes es preferible seleccionar los parámetros para que el volumen de expansión total sea mayor que el volumen del aire fresco aspirado. Esto se puede lograr, por ejemplo, cerrando prematuramente una válvula de entrada para el cilindro secundario.
- 55 Con respecto al procedimiento según la invención, los parámetros del motor se ajustan convenientemente de modo que la presión residual reducida en la salida del cilindro secundario corresponda aproximadamente a la presión ambiente. La presión residual en la salida del cilindro secundario depende principalmente del volumen disponible, la relación de compresión, la temperatura del gas de escape y el grado de combustión de los gases en la transición al cilindro secundario.
- 60 El cilindro de trabajo funciona de la misma manera que el cilindro de un motor de gasolina convencional, pero con la modificación de que el aire de combustión que ingresa al cilindro o, dado el caso, el aire de combustión ya mezclado
- 65

con combustible se precomprime y se enfría en el cilindro de trabajo después de la precompresión o durante la misma, y se comprime en este adicionalmente en un primer ciclo del cilindro de trabajo. Luego, en el siguiente ciclo de trabajo, se enciende la mezcla de gas combustible, que acciona el pistón del cilindro de trabajo, que, a diferencia de un motor de gasolina convencional, se puede abrir la válvula de salida del cilindro de trabajo ya se encuentra en una etapa relativamente temprana, por ejemplo, de 30° a 60° después de alcanzar el punto muerto superior del cilindro de trabajo. En consecuencia, los gases de escape o bien los gases que se van a quemar ya pueden pasar al cilindro secundario, para realizar un trabajo adicional allí y para impulsar el pistón del cilindro secundario, conduciendo el mayor volumen del cilindro secundario a una expansión y enfriamiento correspondientemente fuertes y a una combustión correspondientemente más completa. Los datos anteriores en grados "°" se refieren al ciclo de carrera de un pistón y, por lo tanto, también a la posición angular durante la rotación del(de los) cigüeñal(es).

Mientras que la combustión de la gasolina convencional con aire tiene lugar primero a temperaturas muy altas, solo hasta el CO y el H₂O, la combustión completa hasta CO₂ tiene lugar solo de forma retardada y solo a una temperatura inferior a 2000°C, de modo que no se alcanza en un motor convencional en el cilindro de trabajo la combustión completa a CO₂ antes de la expulsión de los gases de escape. Sin embargo, en el motor según la invención tiene lugar, debido a la mayor descompresión y enfriamiento, la combustión hasta el CO₂ casi por completo y, en cualquier caso, mucho más que la convencional, y el gas de trabajo hace que, hasta entonces, funcione no solo en el cilindro de trabajo sino también en el cilindro secundario.

Según la invención, el calor residual que sigue presente del gas de escape expulsado desde el cilindro secundario se convierte mediante una turbina inversa en trabajo mecánico. Con una turbina inversa se entiende a este respecto una turbina cuya etapa de entrada no es un compresor, sino una etapa de expansión. Esto es posible enfriando los gases de escape en un refrigerador intermedio ubicado entre la etapa de entrada y la etapa de salida de la turbina inversa. Debido al enfriamiento, el gas de escape aún caliente que ingresa a la etapa de entrada de la turbina inversa puede enfriarse y expandirse a una presión inferior a la presión ambiente, de modo que la etapa de salida posterior de la turbina inversa se configura como un compresor y comprime el gas de escape enfriado a presión ambiente y luego lo expulsa.

Además, en el procedimiento según la invención se proporciona una ignición retardada o bien postergada es decir, la ignición de la mezcla de aire y combustible tiene lugar solo en un rango de hasta 10 grados, en particular entre 20° y 10° antes de alcanzar el punto muerto superior del cilindro de trabajo. Esto se debe al calentamiento retardado asociado en la zona después del punto muerto superior a una temperatura de llama más baja y una distribución de temperatura más uniforme durante el ciclo de trabajo, de modo que la expansión en el cilindro de trabajo es una expansión sustancialmente isotérmica. Esto se combina a la vez con una combustión más eficiente y distribuida a lo largo del ciclo de trabajo, lo que también tiene lugar por su parte en el cilindro secundario. A temperaturas muy altas el combustible (gasolina) se quema en CO y gas hidrógeno. La etapa de combustión adicional es la combustión a monóxido de carbono y agua y solo en la última etapa, que puede tener lugar solo a temperaturas más bajas alrededor de los 1000 grados y por debajo, la combustión completa tiene lugar dando CO₂ y al agua. La última etapa de combustión, cuyo uso incluye un mayor rendimiento energético, puede tener lugar solo a temperaturas más bajas y el gas combustible debe poder realizar un trabajo efectivo incluso en ese caso, es decir, aún debe estar en el cilindro de trabajo o en el cilindro secundario. Un desplazamiento angular de 30° a 60° entre el cilindro de trabajo y el cilindro secundario extiende la expansión en el cilindro secundario también temporalmente y da como resultado la mencionada utilización más completa de energía del combustible.

Otras ventajas, características y posibles aplicaciones de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización preferida y las figuras asociadas. Estas muestran:

La Figura 1 muestra una vista en planta esquemática de un bloque de cilindros, cada uno con una fila de 4 cilindros de trabajo indicados y 4 cilindros secundarios asignados a cada uno de los cilindros de trabajo.

La Figura 2 muestra una vista esquemática en sección vertical a través de un cilindro de trabajo y un cilindro secundario asociado,

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo que muestra la trayectoria del aire de combustión a través de los cilindros secundarios hasta la salida de una turbina inversa,

La Figura 4 muestra la instantánea al comienzo del ciclo de trabajo del cilindro de trabajo con un cilindro secundario en retardo, que expulsa el aire precomprimido a un refrigerador intermedio 17 y

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo alternativo con cilindros secundarios diseñados como motores de dos tiempos.

Puede apreciarse en la vista esquemática en planta de la Figura 1, un bloque motor 10 con una serie de cuatro cilindros de trabajo 1 y cuatro cilindros secundarios 11, en donde en cada caso un cilindro de trabajo 1 está acoplado a un cilindro secundario 11, específicamente a través de las válvulas 16, 9 y los correspondientes canales de transferencia 6, 7 conectados entre sí. En un ciclo de compresión, el cilindro secundario se conecta a través de la conexión 7 con un refrigerador intermedio 17, desde donde se envía aire de combustión precomprimido al cilindro de trabajo 1 asociado. En el curso de un ciclo de trabajo del cilindro 1, la conexión al cilindro secundario 11 se produce a través de la válvula 16, que facilita la potencia correspondiente al ciclo de trabajo a través de la biela 12 a un segundo cigüeñal 22, mientras que el cilindro de trabajo 1 a través de la biela 2 impulsa un cigüeñal 8. Los

cigüeñas 8, 22 están acoplados preferiblemente entre sí a través de una transmisión no ilustrada, de modo que los movimientos de carrera del(de los) cilindro(s) de trabajo 1 y del(de los) cilindro(s) seguidor(es) 11 están cada uno en una relación fija pero dado el caso ajustable. Después del ciclo de expulsión del gas de escape del cilindro secundario 11 este puede aspirar aire nuevamente y luego comprimir. (Véase también la Figura 2).

5 Los cilindros secundarios 11 tienen un diámetro mayor y un volumen mayor que el cilindro de trabajo 1. La Figura 2 muestra esencialmente una sección longitudinal a través de un cilindro de trabajo 1 y un cilindro secundario 11 asociado, pero no se muestran todas las válvulas y canales.

10 La Figura 4 es una vista en sección ampliada de un detalle de un bloque de motor 10 con una culata de cilindro 3. Esta sección comprende un cilindro de trabajo 1 y un cilindro secundario 11 adyacente, en donde la operación del cilindro de trabajo 1 y del cilindro secundario 11 se describirán con más detalle a continuación. La Figura 4 muestra un momento en el segundo ciclo de trabajo del cilindro secundario, es decir, el ciclo en el que el cilindro secundario empuja aire de combustión pre-comprimido a través de una válvula 9 (véase la Figura 4) en un refrigerador intermedio. En esta representación, el pistón 5 del cilindro de trabajo 1 está en la región de su punto muerto superior con la compresión máxima del gas contenido en él y luego (dado el caso después de la inyección del combustible) un ciclo de trabajo con la expansión de la mezcla de combustible y aire de combustión.

20 Después de la ignición de una mezcla de aire y combustible en el cilindro de trabajo 1, el pistón del cilindro de trabajo se mueve hacia abajo, mientras la mezcla de aire y combustible se quema y genera una presión correspondiente. Tan pronto como el pistón del cilindro de trabajo 1 se haya alejado 30 a 60° del punto muerto superior, la válvula 16 se abre al cilindro secundario, la válvula de salida 9 se cierra, de modo que se transfieren los gases de combustión calientes en el cilindro de trabajo también en el cilindro secundario 11 y acciona el pistón 15 del cilindro secundario, lo que significa movimiento hacia abajo en las Figuras 2 y 4.

25 Cuando el cilindro secundario ha alcanzado su punto muerto inferior, la válvula 16 se cierra y se abre otra válvula de escape del cilindro secundario, que no se muestra, de modo que en el movimiento hacia arriba renovado del pistón 15 del cilindro secundario 11 se expulsa el gas de escape. El pistón 5 del cilindro de trabajo 1 en avance respecto al pistón 15 se mueve hacia abajo nuevamente en el tercer ciclo, absorbiendo a este respecto el aire de combustión precomprimido del refrigerador intermedio 17. A continuación, con cierto retardo, el pistón 15 del cilindro secundario 11 aspira en su próximo ciclo después de cerrar y abrir las válvulas correspondientes, aire de combustión o bien aire fresco.

35 Después de que el pistón 5 del cilindro de trabajo 1 haya superado el punto muerto inferior, comprime el aire aspirado (precomprimido) o la correspondiente mezcla de aire y combustible, inyectando el combustible dado el caso ya o poco antes de alcanzar el punto muerto superior en la zona de la culata de cilindro 3. El pistón 15 del cilindro secundario 11 comprime luego el aire de combustión aspirado previamente con la válvula 9 cerrada y luego lo empuja hacia un refrigerador intermedio 17 (véanse las Figuras 1 y 3) y luego puede con el movimiento hacia abajo del pistón 5 en el cilindro de trabajo 1 superar el punto muerto y repetir el encendido del mismo proceso.

40 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo para el motor según la invención, y la serie de cilindros secundarios 11 se muestra aquí solo para ilustrar la secuencia del esquema de flujo y de los ciclos individuales una vez antes y una vez detrás de la serie de cilindros de trabajo 1. Además, se entiende que, a título de ilustración simplificada, solo se muestra aquí el recorrido a través del refrigerador 17, mientras que el aire precomprimido se transfiere desde cada uno de los cilindros secundarios 11 a través de un refrigerador 17 y desde allí hacia un cilindro de trabajo asociado. Sin embargo, el refrigerador intermedio 17 puede ser un refrigerador de uso compartido para todos los cilindros secundarios 11 en la ruta de transferencia desde el cilindro secundario al cilindro de trabajo.

50 La alimentación de aire fresco 18 tiene lugar en un cilindro secundario 11, donde el aire fresco se precomprime y se enfría en un refrigerador 17. El aire fresco enfriado precomprimido se alimenta a un cilindro de trabajo 1, donde posteriormente se lleva a cabo el ciclo de trabajo descrito, en el cual el cilindro secundario 11 está nuevamente involucrado, que es el mismo cilindro secundario 11, que previamente aspiró en un ciclo diferente el aire fresco y lo comprimió.

55 Después de que el cilindro secundario haya realizado el ciclo de trabajo correspondiente, el gas de escape que se expande casi hasta la presión ambiental en el cilindro secundario 11 se alimenta a través de un catalizador 50 a una turbina inversa 30 cuya etapa de entrada 31 es una etapa de expansión, seguida de un refrigerador intermedio 33. Esto provoca que la expansión tenga lugar a un nivel por debajo de la presión ambiental, de modo que luego se produce una compresión de la presión ambiente en la etapa del compresor 32. Debido a la expansión y al enfriamiento intermedio, la energía cinética se puede obtener adicionalmente a partir de la energía térmica contenida en los gases de escape mediante la turbina 30. Debido al enfriamiento intermedio, el trabajo de compresión en la etapa del compresor 32 es menor que la energía ganada por la expansión y el enfriamiento en la etapa de expansión 31.

65 La Figura 5 muestra un diagrama de flujo similar a una variante simple, los cilindros secundarios están diseñados aquí como de dos tiempos, de modo que cada cilindro secundario suministra cada uno dos cilindros de trabajo de un

5 motor de cuatro tiempos alternativamente con aire precomprimido y puede ser accionado por la presión de escape del cilindro de trabajo. El flujo de gases de trabajo y de escape se indica mediante flechas correspondientes. Aquí no se proporciona un enfriamiento intermedio real, pero tiene lugar al menos parcialmente ya por disipación de calor en el cilindro secundario y durante la transferencia del aire de combustión precomprimido al cilindro de trabajo. Además del diagrama de flujo análogo a la Figura 3, la Figura 5 también muestra una recirculación de gases de escape 40 que tiene lugar en la salida del compresor 32 hacia la alimentación de aire fresco 18.

10 La recirculación de gas de escape, por supuesto, puede implementarse en otras variantes de motor según la invención y, en general, proporciona una combustión estequiométrica mejorada para reducir las emisiones de contaminantes con menos uso de energía.

15 Debido al mejor aprovechamiento de la energía en todas las variantes, el cilindro de trabajo 1 se puede hacer relativamente pequeño, de modo que la suma de los volúmenes del cilindro de trabajo 1 y del cilindro secundario 11 toma al menos aproximadamente el mismo volumen que un cilindro de trabajo convencional (con el mismo rendimiento general).

20 La mayor relación de compresión y la expansión prolongada en condiciones aproximadamente isotérmicas y la expansión a la presión ambiente mejoran el rendimiento energético, que se ve reforzado por una turbina inversa que utiliza el calor residual del gas de escape.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Motor que comprende al menos un cilindro de trabajo (1), que tiene válvulas (16) y/o boquillas para la alimentación e inyección de combustible y aire y para la salida de gases de escape, cada cilindro de trabajo (1) está acoplado con un cilindro secundario (11), que es impulsado por la presión de los gases de escape calientes del cilindro de trabajo (1) y que está diseñado y dispuesto para suministrar aire de combustión precomprimido al cilindro de trabajo (1), con un dispositivo de refrigeración (17), que enfría el gas precomprimido, un dispositivo (9, 7) para transferir el gas precomprimido enfriado al cilindro de trabajo (1) y una válvula de transferencia (16), que durante un ciclo adicional del cilindro secundario (1) transfiere gas de escape presurizado del cilindro de trabajo (1) al cilindro secundario (11), **caracterizado por que** al cilindro secundario prosigue aguas abajo una turbina inversa, con una etapa de entrada para una expansión a presión ambiente, un refrigerador intermedio adicional conectado a una de las etapas de entradas y una etapa de compresión para la compresión final a presión ambiente como la etapa de salida.
- 15 2. Motor según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el cilindro secundario tiene un volumen mayor que el cilindro de trabajo.
- 20 3. Motor según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el volumen del cilindro secundario es de 1,2 a 4 veces el volumen del cilindro de trabajo.
4. Motor según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la relación de compresión (ϵ) del cilindro secundario está entre 2 y 5.
- 25 5. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** se proporciona como dispositivo de refrigeración (17) entre la salida del cilindro secundario y la entrada del cilindro de trabajo, un refrigerador intermedio.
- 30 6. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el motor presenta una recirculación de los gases de escape.
- 35 7. Motor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está diseñado como un motor de cuatro cilindros, cada uno con cuatro cilindros de trabajo y cuatro cilindros continuadores y dos cigüeñales (8, 22), uno de los cuales está asociado con los cilindros de trabajo y el otro con los cilindros secundarios.
8. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** según 7, los cigüeñales (8, 22) están acoplados preferiblemente entre sí de manera ajustable.
- 40 9. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la relación de compresión del cilindro de trabajo se encuentra entre 6 y 10.
- 45 10. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los cilindros están dispuestos en forma de V, en donde una pata de la forma de V está formada por el cilindro de trabajo y la otra pata de la forma de V por el cilindro secundario.
- 50 11. Motor según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el uno o más cilindros secundarios están diseñados como cilindros de 4 tiempos.
12. Motor según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** el o los cilindros secundarios están diseñados como cilindros de 2 tiempos, en donde el número de cilindros secundarios es la mitad del número de cilindros de trabajo y cada cilindro secundario está asignado a dos cilindros de trabajo diferentes cuyos ciclos de funcionamiento están sustancialmente 180° desplazados entre sí.
- 55 13. Un procedimiento para operar un motor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que en un primer ciclo de un cilindro secundario (11) succiona aire ambiente, este se comprime en un segundo ciclo y se transfiere a un cilindro de trabajo (1) tras refrigeración intermedia, después o durante un ciclo de trabajo correspondiente del cilindro de trabajo (1) el gas de escape que se encuentra bajo la presión residual del cilindro de trabajo al cilindro secundario (11), el cual recibe el gas de escape caliente en un tercer ciclo, se descomprime y expulsa en un cuarto ciclo del cilindro secundario (11) con una presión residual reducida, **caracterizado por que** el calor residual de los gases de escape descargados del cilindro secundario se transforma mediante una turbina inversa en trabajo mecánico.
- 60 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** la presión reducida en la salida del cilindro secundario corresponde aproximadamente a la presión ambiente.
- 65 15. Procedimiento según una de los 13 ó 14, **caracterizado por que** la mezcla de gas y combustible se enciende

en el cilindro de trabajo a más de 30°, preferiblemente a más de 25° y hasta 10°, con especial preferencia entre 20° y 10° antes del punto muerto superior.

- 5 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado por que** la cámara de combustión del cilindro de trabajo está conectada en un rango entre 30 y 60° después del punto muerto superior con el volumen de trabajo del cilindro secundario.

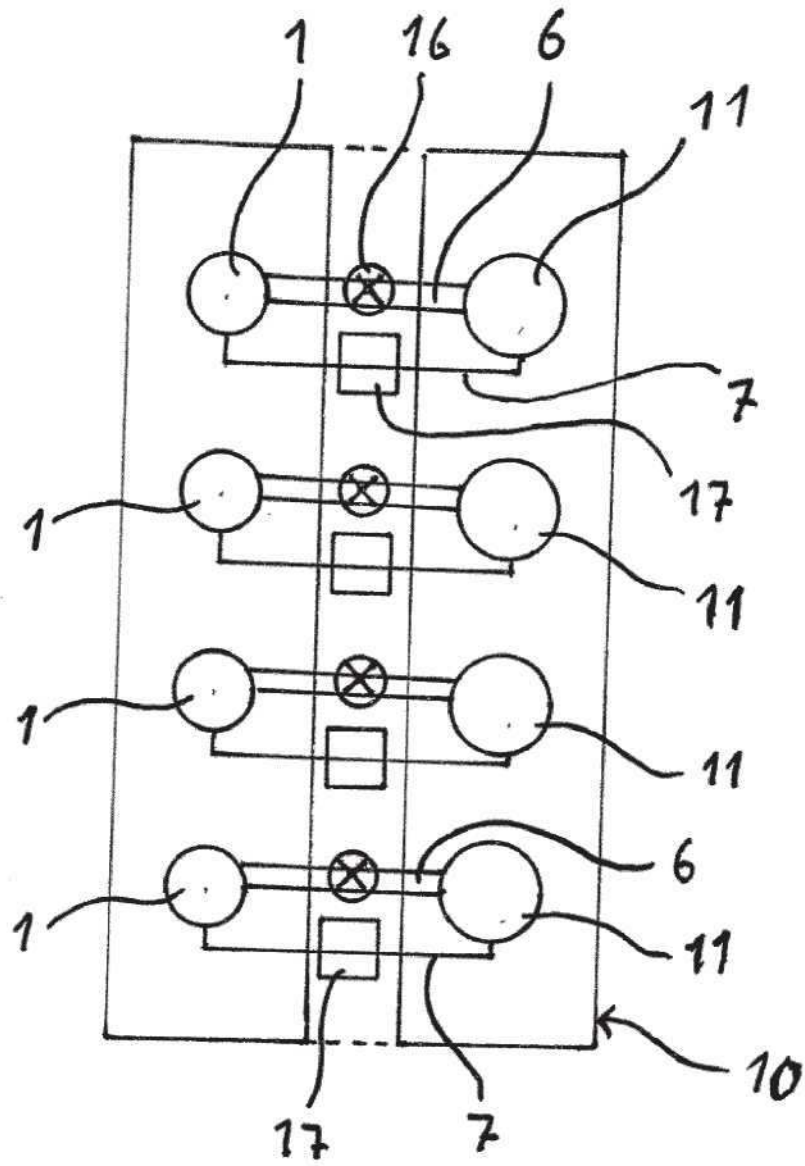


Fig. 1

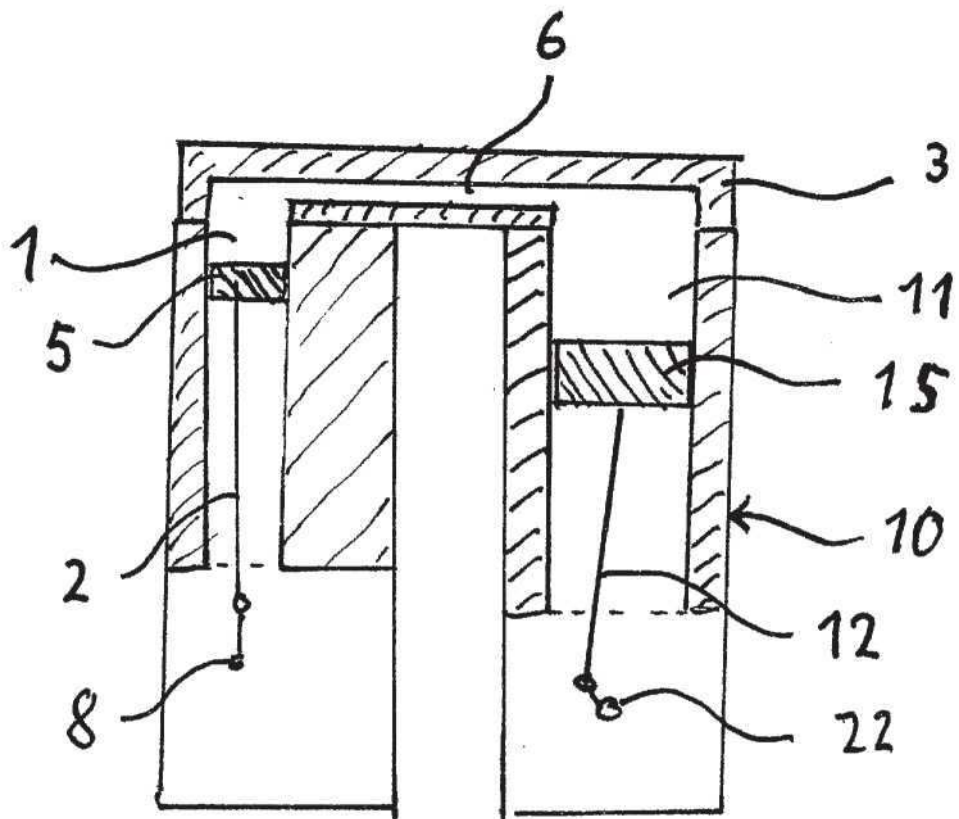


Fig. 2

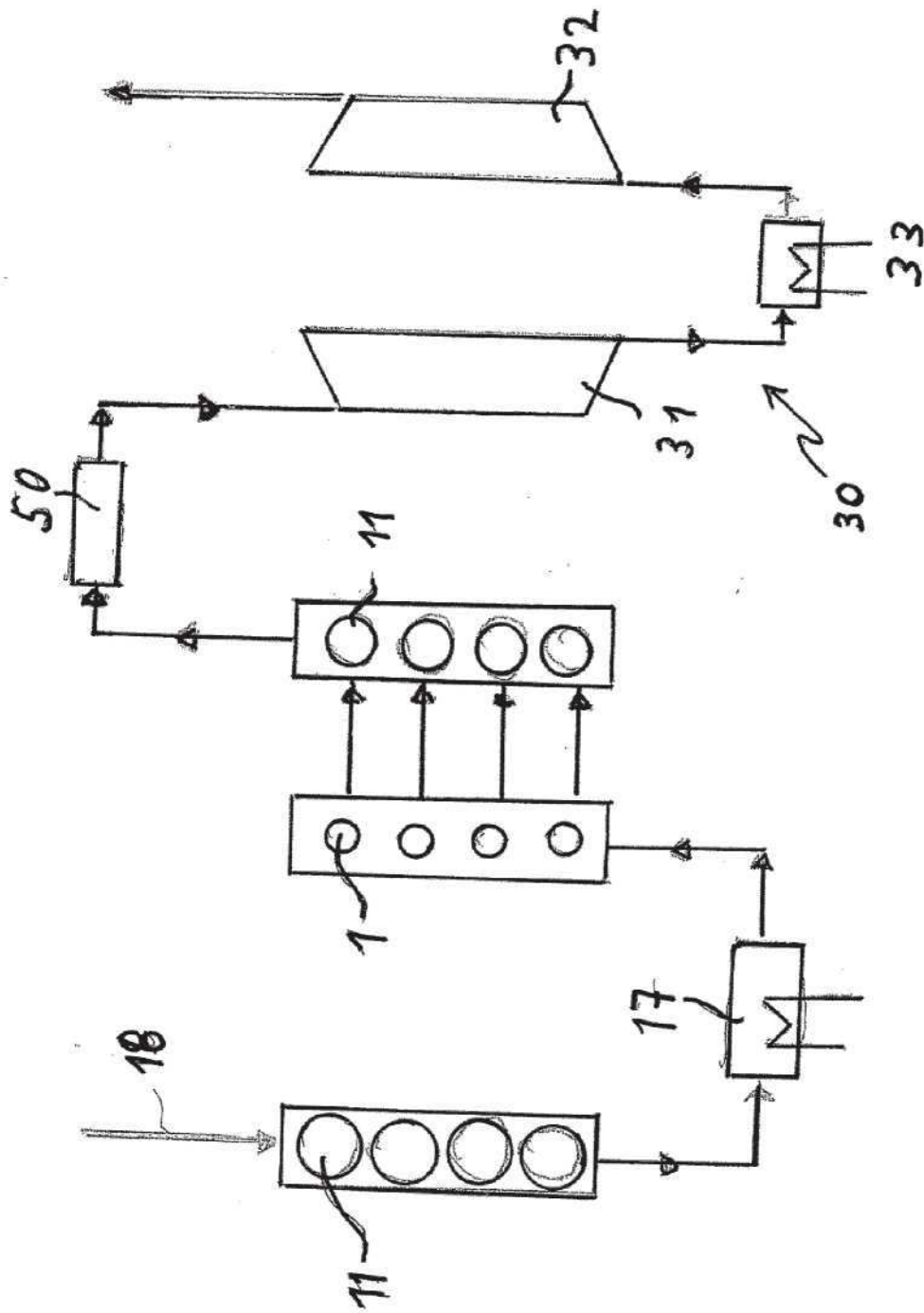


Fig. 3

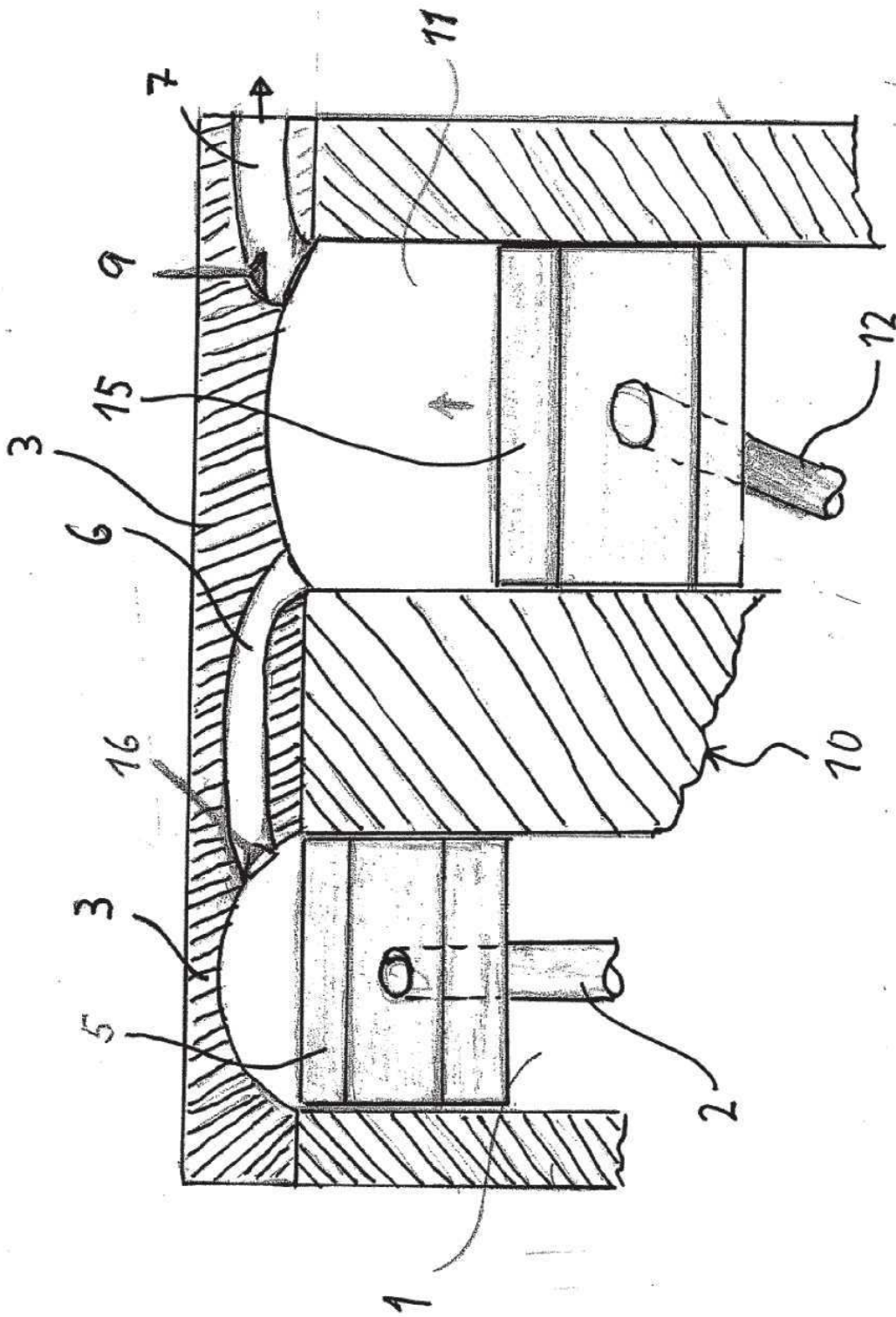


Fig. 4

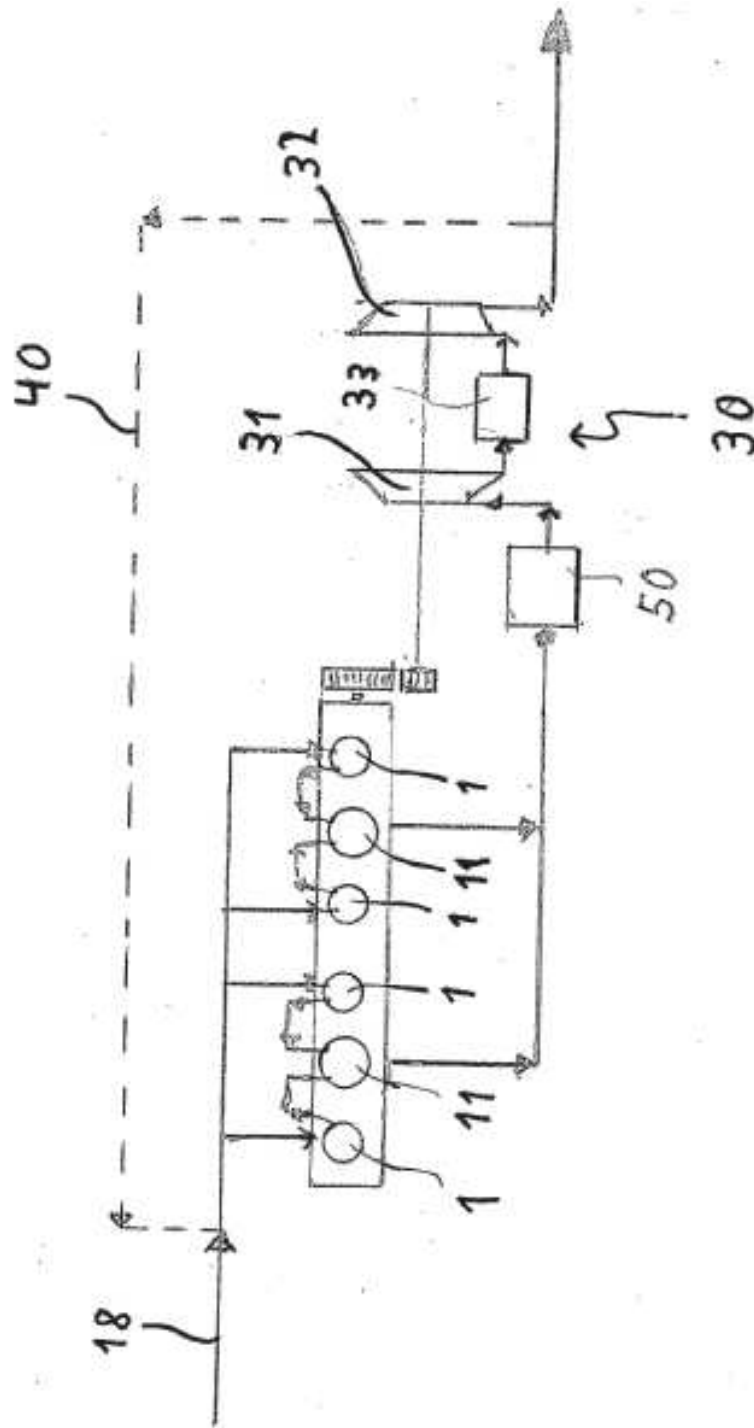


Fig. 5