

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 003 889**

51 Int. Cl.:

F02B 53/10 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

F02B 19/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2018** **E 18151791 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2024** **EP 3351763**

54 Título: **Método de funcionamiento de un motor rotativo**

30 Prioridad:

18.01.2017 US 201715408784

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

11.03.2025

73 Titular/es:

PRATT & WHITNEY CANADA CORP. (100.00%)
1000 Marie-Victorin (01BE5)
Longueuil, Québec J4G 1A1, CA

72 Inventor/es:

JULIEN, ANDRE y
SCHULZ, EDWIN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 3 003 889 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de funcionamiento de un motor rotativo

5 Campo técnico

La solicitud se refiere en general a motores de combustión interna y, más particularmente, a la inyección de combustible en tales motores.

10 Antecedentes de la técnica

Es de conocimiento general desactivar por completo algunos cilindros de un motor de combustión interna alternativo para reducir el consumo de combustible en carga parcial. Además, el sistema "dynamic skip fire" permite detener y reiniciar rápidamente la inyección dentro de un cilindro de modo que el cilindro no reciba combustible y no experimente combustión, por ejemplo, en un solo evento de combustión. Esto a menudo va acompañado de modificaciones de alta velocidad en el tren de válvulas para reducir la pérdida de bombeo durante las inyecciones omitidas. Sin embargo, detener completamente la combustión en un cilindro puede crear una carga térmica en el motor e impedir la capacidad del motor de volver a encenderse rápidamente cuando se requiere mayor potencia.

20 El documento US 9528434 divulga un motor rotativo no Wankel que tiene un inserto en la pared periférica del cuerpo exterior, que tiene una subcámara definida en el mismo y que tiene una superficie interior que bordea la cavidad, comunicándose la subcámara con la cavidad a través de al menos una abertura definida en la superficie interior, un inyector de combustible piloto que tiene una punta recibida en la subcámara, un elemento de ignición que tiene una punta recibida en la subcámara y un inyector de combustible principal que se extiende a través de la carcasa y que tiene una punta que se comunica con la cavidad en una ubicación separada del inserto.

Sumario

30 La presente invención proporciona un método de funcionamiento de un motor rotativo que incluye un rotor acoplado a un eje y recibido rotativamente en una carcasa para definir una pluralidad de cámaras de trabajo de volumen variable, como se define en la reivindicación 1.

35 La presente invención proporciona además un método de funcionamiento de un motor rotativo que incluye conjuntos de rotor primero y segundo y un eje, incluyendo los conjuntos de rotor primero y segundo un rotor acoplado al eje y recibido rotativamente en una carcasa para definir una pluralidad de cámaras de trabajo de volumen variable, y una cavidad piloto en comunicación sucesiva con las cámaras de trabajo, como se define en la reivindicación 3.

Descripción de los dibujos

40 Ahora se hace referencia a las figuras adjuntas en las que:

45 La Fig. 1 es una vista esquemática parcial en sección transversal de un conjunto de rotor según una realización particular;

La Fig. 2 es una vista esquemática de un motor según una realización particular, que puede incluir conjuntos de motor tal como se muestra en la Fig. 1;

50 La Fig. 3 es una vista esquemática en sección transversal de un conjunto de pistón alternativo según una realización particular, que se puede usar en el motor de la Fig. 2; y

Las Fig. 4 a 6 son vistas esquemáticas en sección transversal de conjuntos de rotor según otras realizaciones particulares, que pueden utilizarse en el motor de la Fig. 2.

55 Descripción detallada

60 Con referencia a la Fig. 1, se muestra de forma esquemática y parcial un conjunto de rotor configurado como motor rotativo de combustión interna intermitente 10. El conjunto de rotor 10 se conoce como motor Wankel y comprende un cuerpo exterior 12 que tiene paredes de extremo 14 separadas axialmente con una pared periférica 18 que se extiende entre ellas para formar una cavidad interna 20. La superficie interior 19 de la pared periférica 18 de la cavidad 20 tiene un perfil que define dos lóbulos, que es preferiblemente un epitrocoide.

65 Un cuerpo interior o rotor 24 es recibido dentro de la cavidad interna 20, con el eje geométrico del rotor 24 estando desplazado desde y en paralelo al eje del cuerpo exterior 12. El rotor 24 tiene caras de extremo 26 separadas axialmente adyacentes a las paredes de extremo 14 del cuerpo exterior, y una cara 28 periférica que se extiende entre ellas. La cara periférica 28 define tres porciones de vértice 30 separadas circunferencialmente (solo se

muestra una de ellas), y un perfil generalmente triangular con lados arqueados hacia fuera. Las porciones de vértice 30 están en acoplamiento estanco con la superficie interna de la pared periférica 18 para formar tres cámaras de trabajo rotativas 32 (solo dos de las cuales se muestran parcialmente) entre el rotor interior 24 y el cuerpo exterior 12. Se define un rebajo 38 en la cara periférica 28 del rotor 24 entre cada par de porciones de vértice 30 adyacentes, para formar parte de la cámara 32 correspondiente.

Las cámaras de trabajo 32 están selladas. Cada porción de vértice 30 del rotor tiene un sello de vértice 52 que se extiende desde una cara extrema 26 a la otra y que sobresale radialmente desde la cara periférica 28. Cada sello de vértice 52 está desviado radialmente hacia fuera contra la pared periférica 18 a través de un resorte respectivo. Un sello de extremo 54 se acopla a cada extremo de cada sello de vértice 52, y es desviado contra la pared de extremo 14 respectiva a través de un resorte adecuado. Cada cara extrema 26 del rotor 24 tiene al menos un sello frontal 60 en forma de arco que va desde cada porción de vértice 30 a cada porción de vértice 30 adyacente, adyacente pero hacia dentro de la periferia del rotor a lo largo de su longitud. Un resorte impulsa cada sello frontal 60 axialmente hacia fuera de modo que el sello frontal 60 sobresalga axialmente de la cara extrema 26 adyacente del rotor, hacia el acoplamiento sellado con la pared extrema 14 adyacente de la cavidad interna 20. Cada sello frontal 60 está en acoplamiento sellado con el sello de extremo 54 adyacente a cada extremo del mismo.

Aunque no se muestra en la Fig. 1, el rotor 24 se desplaza en una porción excéntrica de un eje 22 (Fig. 2) e incluye un engranaje de fase coaxial con el eje del rotor, que está engranado con un engranaje de fase del estator fijo sujeto al cuerpo exterior coaxialmente con el eje. El rotor 24 rota el eje 22 y los engranajes engranados guían al rotor 24 para realizar revoluciones orbitales dentro de la cavidad interna 20. El eje 22 realiza tres rotaciones por cada revolución orbital del rotor 24 en la cavidad interna 20. Se proporcionan sellos de aceite alrededor del engranaje de fase para impedir el flujo de fuga de aceite lubricante radialmente hacia fuera del mismo entre la respectiva cara extrema 26 del rotor y la pared de extremo 14 del cuerpo exterior.

Al menos un puerto de entrada (no se muestra) se define a través de una de las paredes de extremo 14 o la pared periférica 18 para admitir aire (atmosférico o comprimido) en una de las cámaras de trabajo 32, y al menos un puerto de escape (no se muestra) se define a través de una de las paredes de extremo 14 o la pared periférica 18 para la descarga de los gases de escape desde las cámaras de trabajo 32. Los puertos de entrada y escape están colocados uno con respecto al otro y con respecto al ignitor y a los inyectores de combustible (que se describen más adelante) de tal manera que durante cada revolución orbital del rotor 24, cada cámara 32 se mueve alrededor de la cavidad interna 20 con un volumen variable para someterse a las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape, siendo similares estas fases a los tiempos en un motor de combustión interna de tipo alternativo que tiene el ciclo de cuatro tiempos.

En una realización particular, estos puertos están dispuestos de modo que el conjunto de rotor 10 funciona bajo el principio del ciclo de Miller o Atkinson, con su relación de compresión volumétrica menor que su relación de expansión volumétrica. En otra realización, los puertos están dispuestos de tal manera que las relaciones de expansión y compresión volumétrica son iguales o similares entre sí.

Se define una cavidad piloto en el cuerpo exterior 12, para la inyección de combustible piloto y la ignición. En el ejemplo de realización mostrado, la cavidad piloto tiene la forma de una subcámara piloto 72, dispuesta en un inserto 34 recibido en una abertura de inserto correspondiente definida a través de la pared periférica 18 del cuerpo exterior 12 y en comunicación con la cavidad interna 20, para la inyección de combustible piloto y la ignición. En una realización particular, el inserto 34 está hecho de un material que tiene una mayor resistencia al calor que el de la pared periférica 18, que puede estar hecho, por ejemplo, de aluminio. Por ejemplo, el inserto 34 puede estar hecho de un tipo apropiado de cerámica o de un tipo apropiado de superaleación, tal como, una superaleación a base de níquel. También son posibles otras configuraciones, incluidas configuraciones en las que la cavidad piloto (por ejemplo, la subcámara piloto 72) está definida directamente en el cuerpo exterior 12, por ejemplo en la pared periférica 18.

La subcámara piloto 72 está en comunicación con la cavidad interna 20. En la realización mostrada, la subcámara piloto 72 tiene una sección transversal circular; también son posibles formas alternativas. La subcámara piloto 72 comunica con la cavidad interna 20 a través de una abertura 74, y tiene una forma que define una sección transversal reducida adyacente a la abertura 74, de tal manera que la abertura 74 define una restricción al flujo entre la subcámara piloto 72 y la cavidad interna 20. La abertura 74 puede tener varias formas y/o estar definida por un patrón de múltiples orificios.

La pared periférica 18 tiene un orificio alargado de inyector piloto 76 definido en la proximidad de la subcámara piloto 72, y en comunicación con la subcámara piloto 72. Un inyector de combustible piloto 78 es recibido y retenido dentro del orificio 76 correspondiente, con la punta 80 del inyector piloto 78 en comunicación con la subcámara piloto 72.

El inserto 34 y/o la pared periférica 18 tiene un orificio alargado del ignitor 82 definido en el mismo, también en comunicación con la subcámara piloto 72. Un ignitor o elemento de ignición 84 se recibe y se retiene dentro del orificio correspondiente, con la punta del ignitor 84 comunicándose con la subcámara piloto 72, por ejemplo,

haciendo que el ignitor 84 se extienda fuera de la subcámara piloto 72 y el orificio alargado del ignitor se comunice con la subcámara piloto 72 a través de una abertura o paso 86 alineado con la punta del ignitor. En la realización que se muestra, el ignitor 84 es una bujía incandescente. Tipos alternativos de ignitores 84 que pueden usarse incluyen, pero no se limitan a, ignición de plasma, ignición de láser, bujía, microondas, etc.

Se entiende que la subcámara piloto 72 puede omitirse; en una realización particular que no se muestra, la subcámara piloto 72 se reemplaza por cualquier otro tipo adecuado de cavidad piloto formada en el cuerpo exterior 12, por ejemplo un rebajo definido en la pared periférica 18. El inyector de combustible piloto 78 y el ignitor 84 tienen puntas recibidas o que se comunican con la cavidad piloto para realizar la ignición del combustible en la misma.

La pared periférica 18 también tiene un orificio alargado del inyector principal 40 definido a través de la misma, en comunicación con la cavidad interna 20 y separada de la cavidad piloto y del inyector piloto 78. Un inyector de combustible principal 42 es recibido y retenido dentro de este orificio correspondiente 40, con la punta 44 del inyector principal 42 en comunicación con la cavidad interna 20 en un punto separado de la comunicación entre la cavidad piloto y la cavidad interna 29 (por ejemplo, de la abertura de la subcámara 74). El inyector principal 42 está ubicado hacia la parte trasera de la abertura de la subcámara 74 con respecto a la dirección R de la rotación y revolución del rotor, es decir, aguas abajo de la comunicación 74 entre la subcámara piloto 72 y las cámaras de trabajo 32 y forma un ángulo para dirigir el combustible hacia adelante e introducirlo en cada una de las cámaras rotativas 32 secuencialmente con una configuración del orificio de punta diseñado para lograr una pulverización adecuada.

El inyector piloto 78 y el inyector principal 42 inyectan combustible, que en una realización particular es combustible pesado, por ejemplo, diésel, queroseno (combustible para aviones), biocombustible equivalente, etc., en las cámaras 32. Como otra posibilidad, el combustible puede ser cualquier otro tipo adecuado de combustible adecuado para la inyección como se describe, incluidos combustibles no pesados como, por ejemplo, gasolina o combustible líquido de hidrógeno. En una realización particular, el inyector piloto 78 y el inyector principal 42 suministran el mismo tipo de combustible, por ejemplo de una fuente de combustible común; alternatively, el inyector piloto 78 y el inyector principal 42 pueden suministrar diferentes tipos de combustible. En una realización particular, hasta el 20% de un flujo máximo de combustible (suma del flujo máximo del inyector piloto 78 y del inyector principal 42) se inyecta a través del inyector piloto 78 cuando se utiliza; también son posibles otros valores, por ejemplo, que el inyector piloto 78 suministre hasta el 10%, o hasta el 5%, del flujo máximo de combustible cuando se utiliza. El inyector principal 42 inyecta el combustible de tal manera que, cada cámara rotativa 32, durante la fase de combustión, contiene una mezcla de apoyo de aire y combustible.

La subcámara piloto 72 puede ayudar a crear una zona de ignición estable y potente para encender la cámara de trabajo de apoyo general 32 para crear la combustión de carga estratificada. La subcámara piloto 72 puede mejorar la estabilidad de la combustión, en particular, pero no exclusivamente, para un conjunto de rotor que funciona con combustible pesado por debajo del punto de autoignición del combustible. El inserto 34 hecho de un material resistente al calor puede crear ventajosamente una pared caliente alrededor de la subcámara piloto 78 que puede ayudar más a la estabilidad de la ignición.

En una realización particular, el conjunto de rotor 10 se hace funcionar según lo siguiente. Una cantidad piloto de combustible se suministra a la subcámara piloto 72 y se enciende dentro de la subcámara piloto 72, y una cantidad principal de combustible se suministra a las cámaras de trabajo 32 aguas abajo de su comunicación con la subcámara piloto 72. Cuando el conjunto de rotor 10 funciona a carga máxima, tanto la cantidad piloto como la cantidad principal pueden corresponder a un flujo de combustible de inyección piloto y principal máximo, respectivamente. Sin embargo, cuando el conjunto del rotor 10 funciona con carga parcial, algunas de las inyecciones piloto y/o principales se reducen o se omiten, a fin de reducir el consumo de combustible, el ruido y/o las vibraciones en el conjunto del rotor 10. En consecuencia, una o ambas de la cantidad piloto y principal se varían entre rotaciones sucesivas del eje 22, es decir, entre cámaras de trabajo sucesivas 32 (dado que el eje 22 realiza tres rotaciones por cada revolución completa del rotor 24, cada rotación del eje corresponde a la inyección de combustible en una de las cámaras de trabajo 32). Por ejemplo, la cantidad de inyección piloto y/o principal puede ser cero (inyección omitida) para al menos una de las rotaciones sucesivas del eje 22, y mayor que cero (por ejemplo, valor máximo) para al menos otra de las rotaciones sucesivas del eje 22.

Se pueden utilizar varios patrones de inyección para variar la cantidad de combustible inyectada por el inyector(es) piloto(s) y/o principal(es) 78, 42 entre las rotaciones sucesivas del eje 22. En una realización particular, el patrón de inyección se repite para cada conjunto de primera, segunda y tercera rotaciones sucesivas del eje 22 y, en consecuencia, cada una de las tres cámaras de trabajo 32 tiene sus condiciones de inyección particulares. Por ejemplo, para la primera rotación del eje (primera cámara de trabajo 32), la cantidad principal es cero y la cantidad piloto es mayor que cero, es decir, se omite la inyección principal mientras se realiza una inyección piloto; para la segunda rotación (segunda cámara de trabajo 32), las cantidades principal y piloto son ambas cero, es decir, se omiten tanto la inyección principal como la piloto; y para la tercera rotación (tercera cámara de trabajo 32), las cantidades principal y piloto son ambas mayores que cero, es decir, se realizan tanto una inyección piloto como una principal.

Se pueden utilizar varios otros patrones de inyección. Los siguientes son algunos ejemplos no limitantes, donde x es un número natural mayor que 1:

- 5 – La inyección piloto se omite (cantidad piloto de cero) para una de x rotaciones sucesivas del eje 22, y se realiza (cantidad piloto mayor que cero) para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, la inyección piloto se omite cada segunda rotación del eje, o cada tercera rotación del eje, o cada cuarta rotación del eje, etc.;
- 10 – la inyección piloto se realiza (cantidad piloto mayor que cero) para una de x rotaciones sucesivas del eje 22, y se realiza (cantidad piloto de cero) para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, la inyección piloto se realiza solamente cada segunda rotación del eje, o solamente cada tercera rotación del eje, o solamente cada cuarta rotación del eje, etc.;
- 15 – la inyección piloto se omite (cantidad principal de cero) para una de x rotaciones sucesivas del eje 22, y se realiza (cantidad principal mayor que cero) para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, la inyección principal se omite cada segunda rotación del eje, o cada tercera rotación del eje, o cada cuarta rotación del eje, etc.;
- 20 – la inyección principal se realiza (cantidad principal mayor que cero) para una de x rotaciones sucesivas del eje 22, y se omite (cantidad principal de cero) para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, la inyección principal se realiza solamente cada segunda rotación del eje, o solamente cada tercera rotación del eje, o solamente cada cuarta rotación del eje, etc.;
- 25 – la inyección principal incluye dos pulsos de inyección secuenciales para cada cámara de trabajo 32 (por ejemplo, pulso principal y pulsos posteriores a la inyección), y uno de estos pulsos se omite (se salta) para una de las x rotaciones sucesivas del eje 22, y se realiza para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, uno de los pulsos se omite cada segunda rotación del eje, o cada tercera rotación del eje, o cada cuarta rotación del eje, etc. El otro pulso puede permanecer constante, tener una cantidad variable u omitirse utilizando un patrón similar o diferente;
- 30 – con la inyección principal incluye dos pulsos de inyección secuenciales, y uno de los pulsos se realiza para una de x rotaciones sucesivas del eje 22, y se omite (se salta) para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje 22. Por ejemplo, uno de los pulsos se realiza solamente cada segunda rotación del eje, o solamente cada
- 35 tercera rotación del eje, o solamente cada cuarta rotación del eje, etc. El otro pulso puede permanecer constante, tener una cantidad variable u omitirse utilizando un patrón de inyección similar o diferente;

Se entiende que los ejemplos de patrones de inyección para la inyección piloto por el inyector piloto 78 se pueden combinar con una inyección principal por el inyector principal 42 que se mantiene a lo largo de las x rotaciones sucesivas del eje, ya sea con una cantidad principal fija o variable, o se omite siguiendo cualquier patrón de inyección adecuado, y que los ejemplos de patrones de inyección para la inyección principal por el inyector principal 42 se pueden combinar con una inyección piloto por el inyector piloto 78 que se mantiene a lo largo de las x rotaciones sucesivas del eje, ya sea con una cantidad piloto fija o variable, o se omite siguiendo cualquier patrón de inyección adecuado. La inyección piloto también puede realizarse en dos o más pulsos, y la inyección principal puede realizarse en más de dos pulsos; cada pulso puede variarse, por ejemplo como se indicó anteriormente, sin o con variación de los otros pulsos.

En una realización particular, una unidad de control del motor 16 (véase la Fig. 2), por ejemplo formando parte de un control de motor (o electrónica) digital de autoridad completa (FADEC), controla los inyectores de combustible piloto y principal 78, 42, por ejemplo a través del accionamiento de válvulas electrónicas dentro de los inyectores de combustible 78, 42 para controlar los pulsos de inyección. La flexibilidad del software de control del motor permite elegir entre activar u omitir todas las oportunidades de inyección. Por ejemplo, se puede crear un algoritmo de control para controlar la inyección y aplicar patrón(es) de inyección basados en la demanda de potencia en el conjunto de rotor 10, de modo de implementar un patrón de inyección (por ejemplo, incluyendo omisión de inyección piloto y/o principal) cuando la demanda de potencia es inferior a un valor umbral, o seleccionar entre múltiples patrones de inyección, cada uno correspondiente a un rango respectivo en la demanda de potencia.

En una realización particular, la capacidad de mantener uno de los inyectores piloto y principal 78, 42 encendidos mientras se omite el otro de los inyectores piloto y principal 78, 42, permite que el conjunto de rotor 10 se mantenga siempre caliente y reduzca la carga térmica, y facilita el reencendido del motor cuando sea necesario.

En una realización particular, un motor incluye un solo conjunto de rotor 10, es decir, el conjunto de rotor 10 puede denominarse motor de combustión interna intermitente rotativo. En otra realización, se utilizan múltiples conjuntos de rotor 10 juntos para definir un motor de combustión interna intermitente. Haciendo referencia a la Fig. 2, se muestra esquemáticamente un motor de combustión interna intermitente 8, que incluye cuatro (4) conjuntos de

rotor 10 acoplados al mismo eje 22. Se entiende que el motor 8 puede incluir cualquier otro número adecuado de conjuntos de rotor 10, es decir, un (1) conjunto de rotor 10, dos (2) o tres (3) conjuntos de rotor, o más de cuatro (4) conjuntos de rotor 10.

- 5 Las cantidades piloto y/o principal de combustible pueden variarse como se ha expuesto anteriormente, para uno solo, solo algunos, o todos los conjuntos de rotor 10 que forman parte del motor 8. En una realización particular, la variación en la inyección piloto y principal es la misma para todos los conjuntos de rotor 10; en otra realización, al menos uno de los conjuntos de rotor 10 tiene una inyección piloto y principal constante a lo largo de las rotaciones del eje 22, y al menos otro de los conjuntos de rotor 10 tiene una inyección piloto y/o principal variable entre rotaciones sucesivas del eje 22, como se ha expuesto anteriormente. En consecuencia, una o ambas de las cantidades piloto y principal de combustible son diferentes entre dos de los conjuntos de rotor 10 durante al menos una de las rotaciones sucesivas del eje 22. Una o ambas de las cantidades piloto y principal de combustible pueden ser diferentes entre más de dos, por ejemplo todos, los conjuntos de rotor 10 durante al menos una de las rotaciones sucesivas del eje 22. Por ejemplo, en una realización particular, una o ambas de la cantidad piloto y la cantidad principal son diferentes entre los conjuntos de rotor 10 primero, segundo y tercero, del motor 8 durante al menos una de las rotaciones sucesivas del eje 22.

Dado que los conjuntos de rotor 10 no incluyen válvulas en los puertos de entrada y salida, y la entrada no está estrangulada, la omisión de la inyección se puede realizar sin la necesidad de modificaciones del tren de válvulas.

20 En una realización particular, la implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de inyección piloto y/o principal) en más de uno, por ejemplo todos, los conjuntos de rotor 10 del motor 8, permite distribuir la reducción de carga en todo el motor 8.

25 En una realización particular, la implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de inyección piloto y/o principal) permite una reducción en el consumo de combustible, ruido, vibraciones y/o pulsos de torsión durante el funcionamiento a carga parcial, mientras que disminuye el desgaste de los componentes del motor, en comparación con el funcionamiento de un motor donde la inyección en uno o más de los conjuntos de rotor 10 se apaga completamente durante el funcionamiento a carga parcial.

30 En una realización particular, el motor 8, incluyendo uno más conjuntos de rotor 10, se utiliza en un sistema de motor de ciclo compuesto o un motor de ciclo compuesto tal como se describe en la patente de Estados Unidos de Lents et al. N.º 7,753,036 expedida el 13 de julio de 2010 o como se describe en la patente de Estados Unidos de Julien et al. N.º 7,775,044 expedida el 17 de agosto de 2010, o como se describe en la publicación de patente de Estados Unidos de Thomassin et al. N.º 2015/0275749 publicada el 1 de octubre de 2015, o como se describe en la publicación de patente de Estados Unidos de Bolduc et al. N.º 2015/0275756 publicada el 1 de octubre de 2015. El motor de ciclo compuesto se puede usar como motor primario, como, en un avión u otro vehículo, o en cualquier otra aplicación adecuada. En cualquier caso, en dicho sistema, el aire es comprimido por un compresor antes de entrar al conjunto de rotor, y el motor impulsa una o más turbina(s) del motor compuesto. En otra realización, el motor 8 se utiliza sin un turbocompresor, con aire a presión atmosférica.

40 Cuando el motor 8 se utiliza con una turbina, por ejemplo en un motor de ciclo compuesto como el mencionado anteriormente, se puede mantener un pulso posterior a la inyección del inyector principal 42 mientras se omiten el pulso de inyección principal del inyector principal 42 y/o la inyección piloto del inyector piloto 78; mantener el pulso posterior a la inyección puede ayudar a mantener condiciones de entrada adecuadas para la turbina que recibe el escape del motor.

45 En una realización particular, la implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de inyección piloto y/o principal) permite reducir la potencia proporcionada por el motor 8 sin necesidad de recurrir a una reducción en la compresión del aire aguas arriba del motor 8 (por ejemplo, a través del control de álabes guía de entrada variables del compresor en el motor de ciclo compuesto), y/o un cambio en la temperatura del aire aguas arriba del motor 8 (por ejemplo, mediante el bypass de un interenfriador).

50 Por ejemplo, en una realización particular de un motor de ciclo compuesto utilizado como turbohélice, el compresor está diseñado para ser eficiente en vuelo (por ejemplo, relación de compresión de 6:1 o 7:1), pero puede necesitar tener una relación de compresión significativamente menor cuando el motor de ciclo compuesto se utiliza al ralentí en tierra (por ejemplo, 3:1), lo que puede ser difícil de obtener con álabes guía de entrada variables. La implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de la inyección piloto y/o principal) permite una reducción de potencia sin reducir la relación de compresión del compresor, lo que puede permitir que el compresor funcione con una relación de compresión más alta cuando está en ralentí en tierra (por ejemplo, 4:1). En consecuencia, la implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de la inyección piloto y/o principal) puede permitir una adaptación más sencilla entre los requisitos de los componentes del motor de ciclo compuesto.

65 En otra realización y todavía con referencia a la Fig. 2, el motor 8 es un motor de combustión interna intermitente alternativo que incluye al menos dos (cuatro en la realización mostrada) cilindros 10', cada uno de los cuales recibe

un pistón alternativo. Como se ilustra en la Fig. 3, cada pistón 24' es recibido en una cavidad interna correspondiente 20' de la carcasa 12' del cilindro para definir una cámara de trabajo 32 de volumen variable y que experimenta las fases de cuatro tiempos de admisión, compresión, expansión y escape, con los pistones alternativos 24' acoplados al eje del motor 22 (Fig. 2). El motor 8 incluye, para cada cilindro 10', un inyector principal 42, un ignitor 84, una subcámara piloto 72 (u otra cavidad piloto adecuada) que se comunica con la cámara de trabajo 32 por separado del inyector principal 42, y un inyector piloto 78 en comunicación con la subcámara piloto 72.

Las cantidades piloto y/o principales de combustible se pueden variar como se ha establecido anteriormente, para uno solo, sólo algunos, o la totalidad de los cilindros 10' que forman parte del motor 8, como se ha descrito anteriormente, por ejemplo utilizando uno de los patrones de inyección descritos para los conjuntos de rotor 10, o cualquier otro patrón de inyección adecuado. En una realización particular, la implementación de patrones de inyección (por ejemplo, con omisión de inyección piloto y/o principal) en más de uno, por ejemplo todos, los conjuntos de rotor 10' del motor 8, permite distribuir la reducción de carga en todo el motor 8.

En otra realización, el motor 8 incluye uno o más conjuntos de rotor configurados como un motor no Wankel. Un motor "no Wankel", como se utiliza en este documento, significa un motor rotativo adecuado para su uso con la presente invención, pero excluyendo los motores de tipo Wankel.

En una realización particular, el conjunto de rotor puede ser un motor rotativo de tipo único o excéntrico en el que el rotor rota alrededor de un centro de rotación fijo. Por ejemplo, el conjunto de rotor puede ser un motor de álabes deslizantes, tal como se describe en la patente de EE. UU. N.º 5.524.587 expedida el 11 de junio de 1996 o en la patente de EE. UU. N.º 5.522.356 expedida el 4 de junio de 1996.

Haciendo referencia a la Fig. 4, se muestra un ejemplo de un conjunto de rotor 100 configurado como un motor de álabes deslizantes. El conjunto de rotor 100 incluye un cuerpo exterior 112 que define una cavidad interna 20 que recibe un rotor 124 que tiene un número de álabes 125. El rotor 124 incluye un conjunto de cubo interior 127 que rota alrededor de un primer eje y un conjunto de cubo exterior 129 que rota alrededor de un segundo eje desplazado respecto del primer eje, estando los dos conjuntos de cubo 127, 129 unidos mecánicamente. Los álabes 125 están conectados de manera pivotante al conjunto de cubo interior 127 y se acoplan de manera deslizante a través de ranuras definidas entre secciones adyacentes del conjunto de cubo exterior 129. Las secciones del conjunto de cubo exterior 129 están así acopladas de forma estanca a los álabes 125 a diferentes distancias del primer eje del conjunto de cubo interior 127, definiendo una pluralidad de cámaras 32 de volumen variable dentro de la cavidad interna 20 alrededor del rotor 124.

En la realización mostrada, la subcámara piloto 72 del conjunto de rotor 100 está definida en el inserto 34 (por ejemplo hecho de un material que tiene una resistencia al calor mayor que la de la pared periférica 118) recibido en una abertura de inserto de una pared periférica 118 del cuerpo exterior 112; alternativamente, la subcámara piloto 72 puede estar definida directamente en el cuerpo exterior 112, por ejemplo en la pared periférica 118, o el inyector piloto 72 puede estar recibido en cualquier otro tipo adecuado de cavidad piloto formada en el cuerpo exterior 112. La pared periférica 118 también tiene un orificio alargado del inyector principal 40 definido a través de la misma, en comunicación con la cavidad del rotor 20 y separada del inserto 34. La pared periférica 118 y/o el inserto 34 tiene el orificio alargado del inyector piloto 76 y el orificio alargado del ignitor 82 definido a través de la misma, en comunicación con la subcámara 72.

En otra realización particular, el conjunto de rotor puede ser un motor rotativo oscilante, que incluye dos o más rotores que rotan a diferentes velocidades angulares, provocando que la distancia entre las porciones de los rotores varíe y, como tal, que el volumen de la cámara cambie. Haciendo referencia a la Fig. 5, se muestra un ejemplo de dicho conjunto de rotor. El conjunto de rotor 200 incluye un rotor interior 224 y un cuerpo exterior o rotor 212 que rotan a diferentes velocidades angulares, definiendo el rotor exterior 212 una cavidad interna 20 en la que se recibe el rotor interior 212. Dentro de la cavidad interna 20 se definen cámaras 32 de volumen variable alrededor del rotor interior 224.

En la realización mostrada, la subcámara piloto 72 del conjunto de rotor 200 está definida en el inserto 34 (por ejemplo hecho de un material que tiene una resistencia al calor mayor que la de la pared periférica 218) recibido en una abertura de inserto de una pared periférica 218 del cuerpo exterior 212; alternativamente, la subcámara piloto 72 puede estar definida directamente en el cuerpo exterior 212, por ejemplo en la pared periférica 218, o el inyector piloto 72 puede estar recibido en cualquier otro tipo adecuado de cavidad piloto formada en el cuerpo exterior 212. La pared periférica 218 también tiene el orificio alargado del inyector principal 40 definido a través de la misma espaciado del inserto 34, y la pared periférica 218 y/o el inserto 34 tienen el orificio alargado del inyector piloto 76 y el orificio alargado del ignitor 82 definidos a través de los mismos.

En otra realización particular, el conjunto de rotor está configurado como un motor rotativo planetario que tiene una geometría diferente a la del motor Wankel. Haciendo referencia a la Fig. 6, se muestra un ejemplo de dicho conjunto de rotor. El conjunto de rotor 300 incluye un cuerpo exterior 312 que forma una cavidad interna 20 con una superficie interna periférica de la misma que tiene un perfil epitrocoide que define tres lóbulos. El conjunto de rotor

300 también incluye un rotor 324 con cuatro porciones de vértice 330 en acoplamiento de sellado con la superficie interna periférica para formar cuatro cámaras de trabajo giratorias 32 de volumen variable dentro de la cavidad interna 20 alrededor del rotor 324. El rotor 324 está apoyado sobre una porción excéntrica de un eje y realiza revoluciones orbitales dentro de la cavidad interna 20.

5

En la realización mostrada, la subcámara piloto 72 del conjunto de rotor 300 está definida en el inserto 34 (por ejemplo hecho de un material que tiene una resistencia al calor mayor que la de la pared periférica 218) recibido en una abertura de inserto de una pared periférica 318 del cuerpo exterior 312; alternativamente, la subcámara piloto 72 puede estar definida directamente en el cuerpo exterior 312, por ejemplo en la pared periférica 318, o el inyector piloto 72 puede estar recibido en cualquier otro tipo adecuado de cavidad piloto formada en el cuerpo exterior 312. La pared periférica 318 también tiene el orificio alargado del inyector principal 40 definido a través de la misma espaciado del inserto 34, y la pared periférica 318 y/o el inserto 34 tienen el orificio alargado del inyector piloto 76 y el orificio alargado del ignitor 82 definidos a través de los mismos.

10

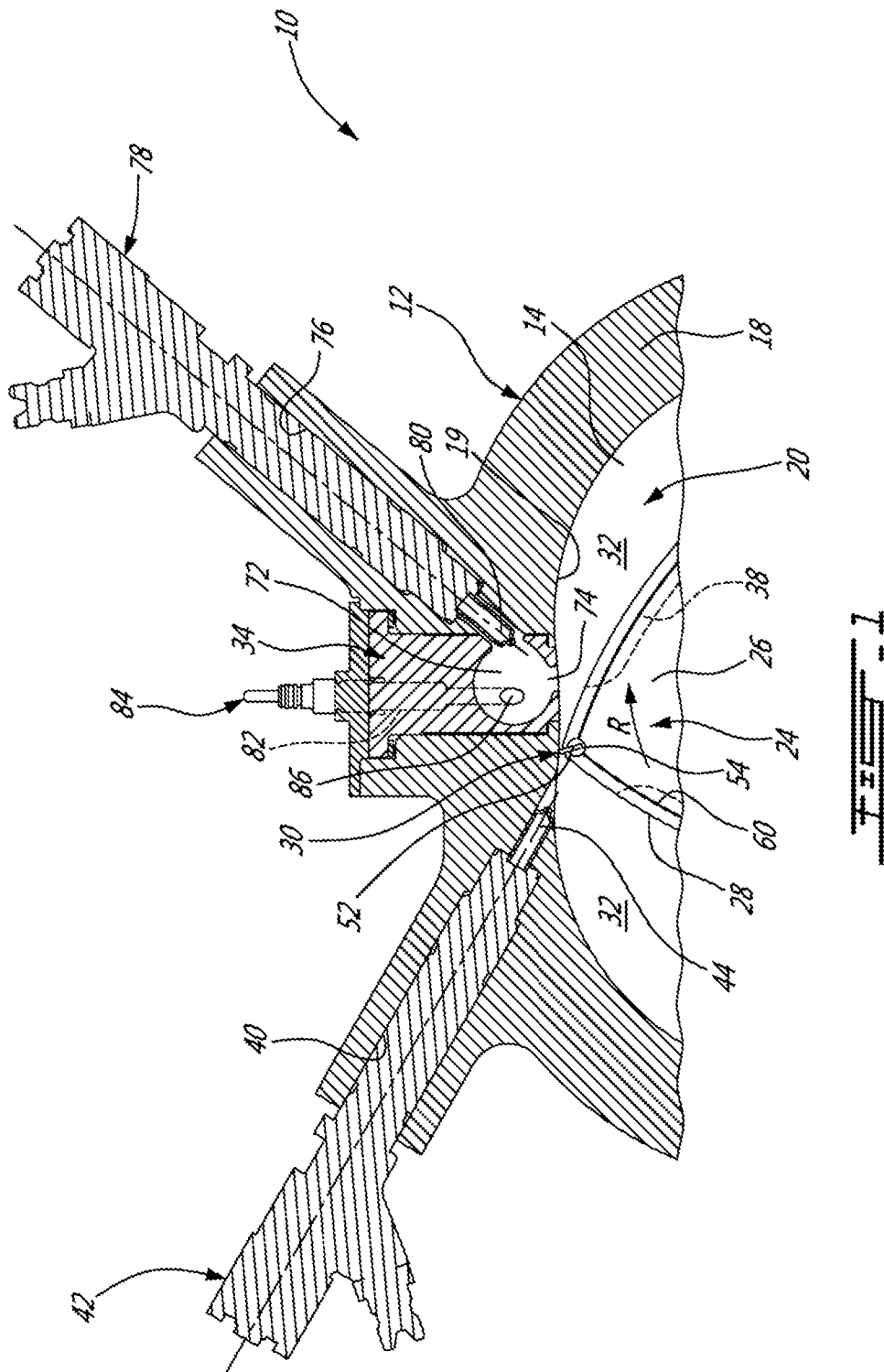
15

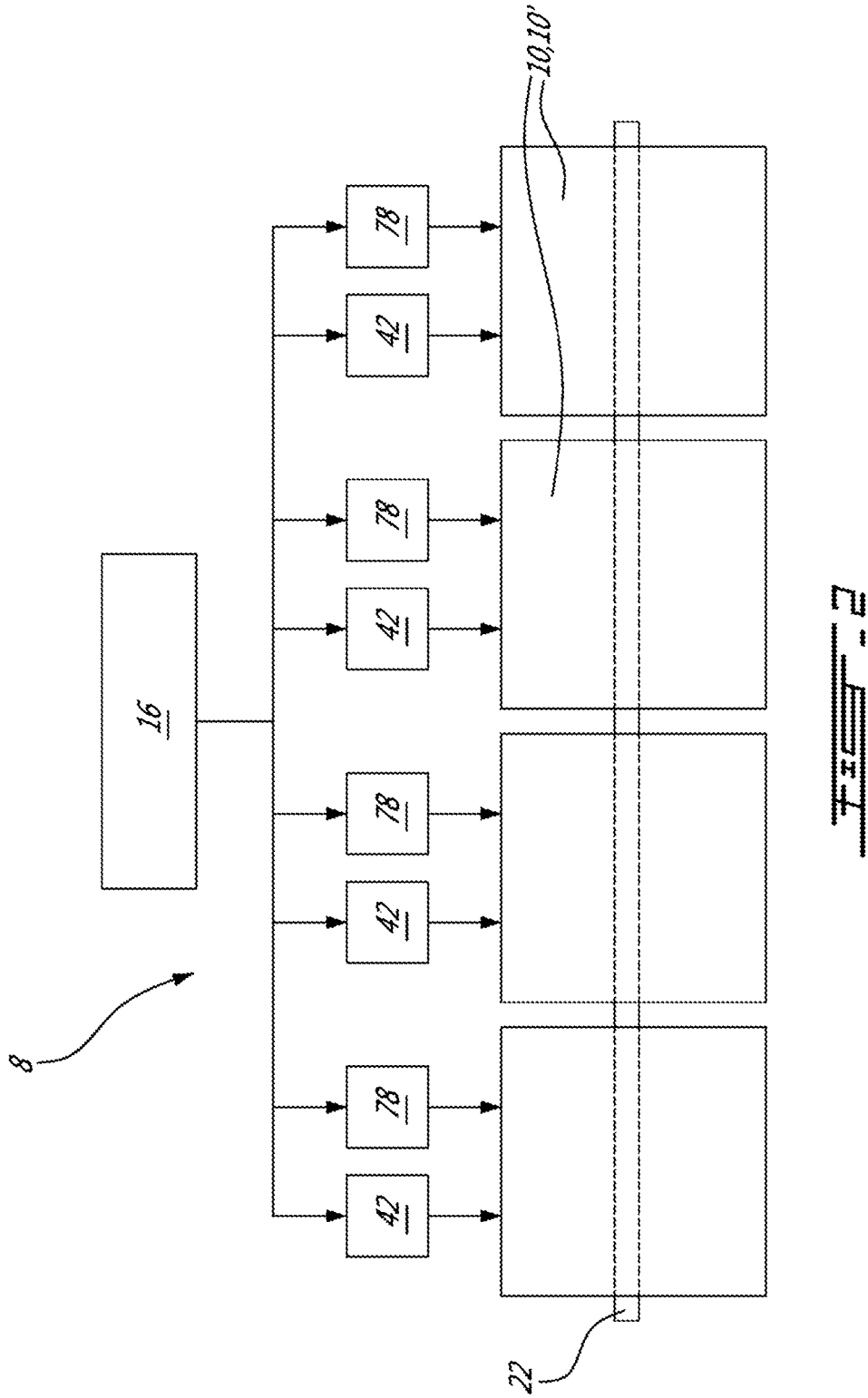
La descripción anterior pretende ser solo ilustrativa, y un experto en la técnica reconocerá que se pueden realizar cambios en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención descrita. Por ejemplo, las disposiciones mecánicas de los conjuntos de rotor descritas anteriormente son simplemente ejemplos de muchas configuraciones posibles que son adecuadas para su uso con la(s) presente(s) invención(es). Se puede utilizar cualquier configuración y disposición de inyectores adecuada.

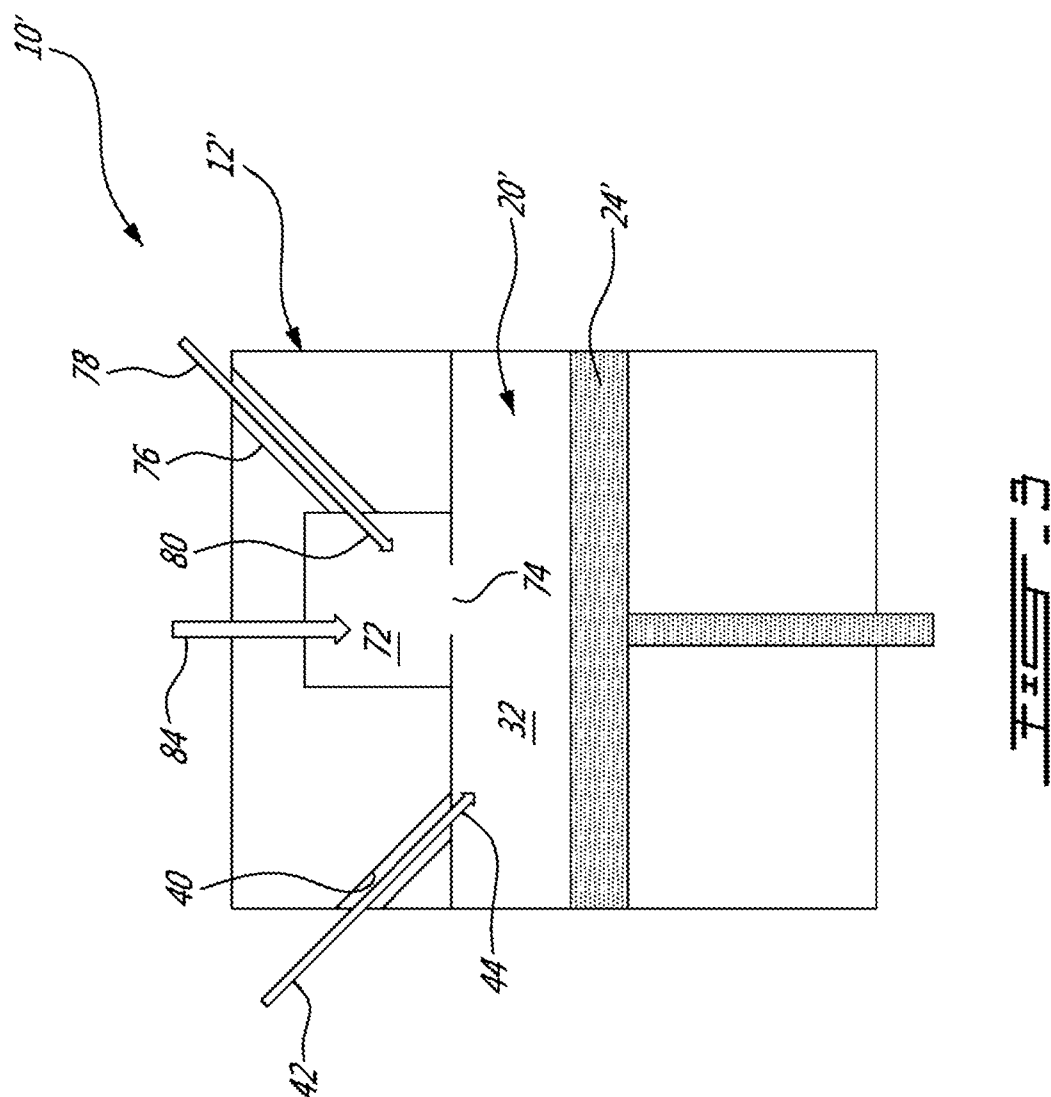
REIVINDICACIONES

1. Método de funcionamiento de un motor rotativo (10) que incluye un primer conjunto de rotor, incluyendo el primer conjunto de rotor un rotor (24) acoplado a un eje (22) y alojado de forma rotativa en una carcasa (20) para definir una pluralidad de cámaras de trabajo (32) de volumen variable, en el que cada rotación del eje corresponde a una inyección de combustible en una de las cámaras de trabajo (32), comprendiendo el método:
5 suministrar una cantidad piloto de combustible a una cavidad piloto (72) en comunicación sucesiva con las cámaras de trabajo (32);
10 encender la cantidad piloto de combustible dentro de la cavidad piloto (72); y
suministrar una cantidad principal de combustible a las cámaras de trabajo (32) aguas abajo de la comunicación sucesiva de la cavidad piloto (72) con las cámaras de trabajo (32);
15 **caracterizado por que:**
cuando funciona a carga parcial, la cantidad piloto (72) varía entre rotaciones sucesivas del eje (22), en donde la cantidad piloto (72) del primer conjunto de rotor es cero para al menos una de las rotaciones sucesivas del eje (22) y mayor que cero para al menos otra de las rotaciones sucesivas del eje (22).
20
2. El método según se define en la reivindicación 1, donde el motor rotativo (10) es un motor Wankel, teniendo el rotor tres porciones de vértice (30) que separan las cámaras de trabajo (32) y montadas para las revoluciones excéntricas dentro de una cavidad interna de la carcasa, teniendo la cavidad interna una forma de epitrocoide con dos lóbulos.
25
3. El método según se define en la reivindicación 1, en donde el motor rotativo (10) incluye además un segundo conjunto de rotor, incluyendo el segundo conjunto de rotor un rotor acoplado al eje (22) y recibido de forma rotativa en una carcasa para definir una pluralidad de cámaras de trabajo (32) de volumen variable, y una cavidad piloto en comunicación sucesiva con las cámaras de trabajo (32), comprendiendo además el método:
30 suministrar una cantidad piloto de combustible a la cavidad piloto del segundo conjunto de rotor;
encender la cantidad piloto de combustible dentro de la cavidad piloto del segundo conjunto de rotor; y
35 suministrar una cantidad principal dentro de las cámaras de trabajo (32) del segundo conjunto de rotor aguas abajo de la comunicación sucesiva de la cavidad piloto con las cámaras de trabajo (32);
en donde al menos una de la cantidad piloto y la cantidad principal del primer conjunto de rotor se varía entre rotaciones sucesivas del eje (22);
40 en donde al menos una de la cantidad piloto y la cantidad principal es diferente entre el primer y el segundo conjuntos de rotor durante al menos una de las rotaciones sucesivas del eje (22).
45
4. El método según se define en la reivindicación 3, en donde el primer y segundo conjuntos de rotor (10) son motores Wankel, teniendo el rotor tres porciones de vértice que separan las cámaras de trabajo (32) y montadas para las revoluciones excéntricas dentro de una cavidad interna de la carcasa, teniendo la cavidad interna una forma de epitrocoide con dos lóbulos.
50
5. El método según se define en la reivindicación 3 o 4, que comprende además un tercer conjunto de rotor acoplado al eje (22), en donde la al menos una de la cantidad piloto y la cantidad principal es diferente entre el primer, segundo y tercer conjunto de rotor durante la al menos una de las rotaciones sucesivas del eje (22).
55
6. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cavidad piloto (72) es una subcámara piloto.
60
7. El método según se define en cualquier reivindicación anterior, en donde para cada conjunto de primera, segunda y tercera rotaciones sucesivas del eje (22), la cantidad principal del primer conjunto de rotor es cero y la cantidad piloto es mayor que cero durante la primera rotación, las cantidades principal y piloto del primer conjunto de rotor son cero durante la segunda rotación, y las cantidades principal y piloto del primer conjunto de rotor son mayores que cero durante la tercera rotación.
65
8. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad piloto del primer conjunto de rotor es cero para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y mayor que cero para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.

9. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad piloto del primer conjunto de rotor es mayor que cero para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y cero para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.
- 5 10. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad principal del primer conjunto de rotor es cero para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y mayor que cero para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.
- 10 11. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad piloto del primer conjunto de rotor es mayor que cero para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y cero para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.
- 15 12. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad principal del primer conjunto de rotor incluye pulsos de inyección primero y segundo sucesivos para cada una de las cámaras de trabajo (32), y en donde uno de los pulsos de inyección primero y segundo se omite para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y se realiza para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.
- 20 13. El método según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad principal del primer conjunto de rotor incluye pulsos de inyección primero y segundo sucesivos para cada una de las cámaras de trabajo (32), y en donde uno de los pulsos de inyección primero y segundo se realiza para una de x rotaciones sucesivas del eje (22) y se omite para las x-1 rotaciones sucesivas restantes del eje (22), donde x es un número natural mayor que 1.







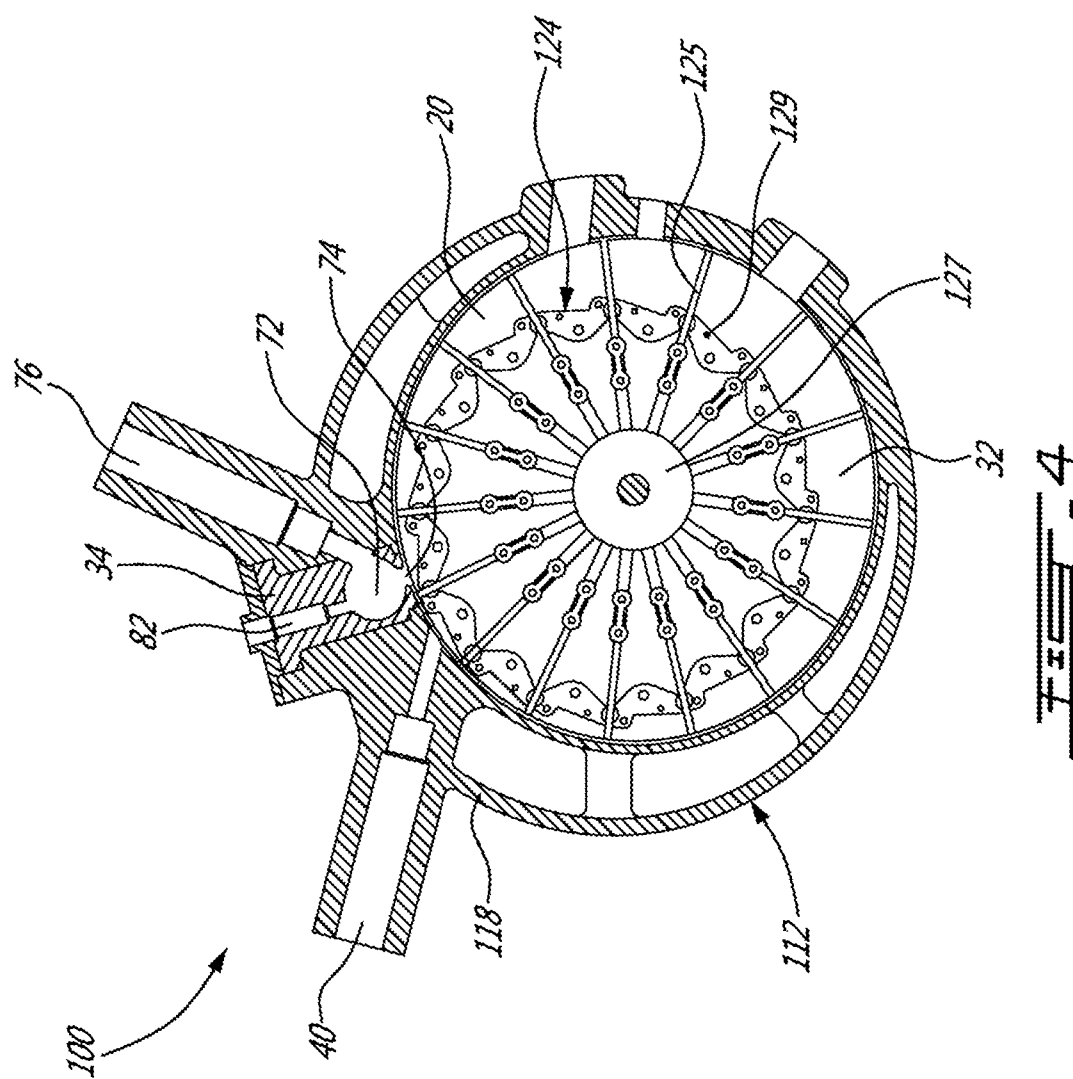


Fig. 4

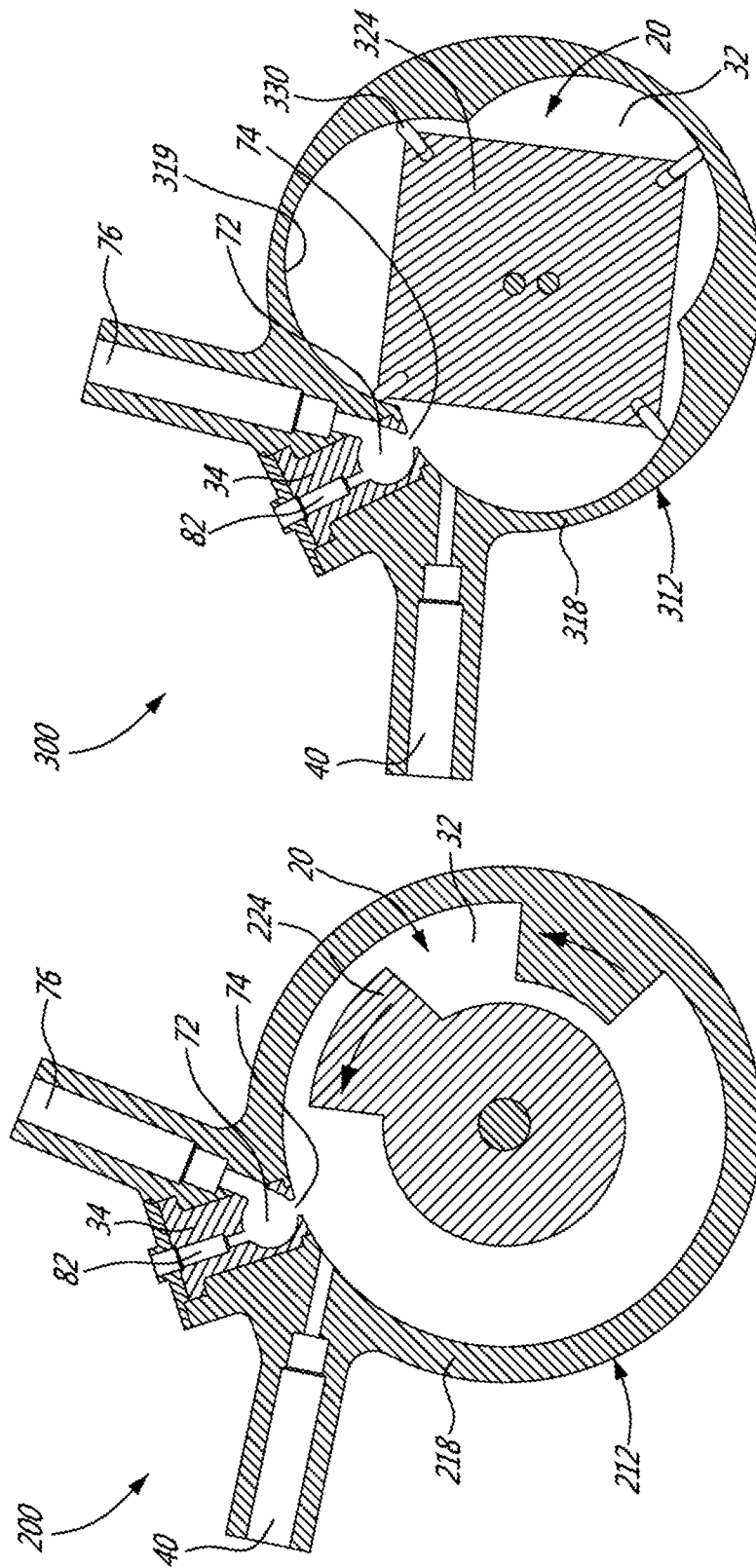


FIG. 5

FIG. 6