

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 253**

51 Int. Cl.:

**F01C 1/10** (2006.01)

**F01C 21/06** (2006.01)

**F01C 21/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2014 PCT/US2014/013015**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2014 WO14116994**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2014 E 14706364 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 2948630**

54 Título: **Motor rotativo enfriado por aire**

30 Prioridad:

**25.01.2013 US 201361757078 P**

**15.02.2013 US 201361765339 P**

**03.09.2013 US 201361873182 P**

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

**07.04.2020**

73 Titular/es:

**LIQUIDPISTON, INC. (100.0%)**

**1292 Blue Hills Avenue**

**Bloomfield CT 06002, US**

72 Inventor/es:

**SHKOLNIK, NIKOLAY;**

**SHKOLNIK, ALEXANDER C. y**

**LYUBOMIRSKIY, ALEX**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 753 253 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 rotativo enfriado por aire.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a motores de combustión interna y, más particularmente, a motores rotativos.

10 **Técnica anterior**

En la técnica anterior, se conoce el hecho de extraer calor residual de un motor de combustión interna haciendo circular un líquido por un sistema de circuito cerrado que presenta canales en el interior del bloque de motor y radiadores externos al bloque de motor. Dichos sistemas son efectivos, pero añaden peso y complejidad al motor y, además, hacen que el motor sea más grande y más difícil de mantener.

En la técnica, también se conoce el hecho de cubrir partes externas de un motor, como por ejemplo una superficie expuesta del cilindro y la culata del cilindro, por ejemplo, con aletas radiantes de calor que proporcionan una gran superficie expuesta al aire de enfriamiento externo al motor. Dichos sistemas resultan efectivos en algunas aplicaciones, pero requieren espacio abierto para permitir el flujo de aire alrededor del motor, lo que precisa un compartimiento de motor significativamente más grande que el motor, y/o flujo de aire directo de conductos hacia y desde el motor. Además, la disipación del calor por la superficie externa de un motor presenta el riesgo de exponer al usuario del motor, como un motociclista por ejemplo, a las aletas peligrosamente calientes.

El documento WO 2012/135556 divulga un motor rotativo de acuerdo con la parte precharacterizadora de la reivindicación 1.

25 **Sumario de las formas de realización**

Según la presente invención, se proporciona un motor rotativo caracterizado por que la configuración del cárter en relación con el rotor es de tal modo que se establezca por lo menos una cámara dedicada exclusivamente a una función seleccionada del grupo que consiste en enfriar, comprimir, bombear y cualquier combinación de los mismos.

En algunas formas de realización, la función es enfriar y la cámara dedicada es una cámara de enfriamiento. De hecho, en algunas formas de realización, la cámara de enfriamiento se configura para recibir flujo de un medio de enfriamiento a través de la misma que también entra en contacto con el rotor de modo que también lo enfríe. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la cámara de enfriamiento se configura para recibir flujo axial del medio de enfriamiento que pasa a través de la misma. Para ello, algunas formas de realización de un rotor incluyen por lo menos un canal a través del mismo para recibir flujo del medio de enfriamiento. Dicho por lo menos un canal se puede disponer axialmente.

En algunas formas de realización, el rotor presenta una pluralidad de canales axiales separados entre sí mediante nervaduras. Dichas nervaduras pueden ser en ángulo, de modo que sirvan como aspas de ventilador para bombear el medio de enfriamiento a través de la cámara de enfriamiento.

En algunas formas de realización, el medio de enfriamiento es aire. En algunas formas de realización, el volumen agregado de todas las cámaras configuradas para gestionar, en sucesión, las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape es inferior a 500 cc.

En algunas formas de realización, las cámaras se configuran de modo que el volumen de la cámara al final de la fase de expansión sea mayor que el volumen de la cámara al inicio de la fase de compresión. En algunas formas de realización, las cámaras se configuran de modo que la presión de la cámara al final de la fase de expansión sea de 1 atmósfera aproximadamente.

Algunas formas de realización del motor también incluyen contrapesos dispuestos en el interior del rotor, pero acoplados a un árbol de transmisión para girar con el árbol de transmisión y contrapesar el rotor.

Preferentemente, el motor comprende una única fuente de combustible configurada para suministrar combustible por lo menos a dos de entre la pluralidad de cámaras.

Algunas formas de realización incluyen una única fuente de combustible que incluye un carburador acoplado a un conducto dispuesto en un pico a través del cual se suministra una mezcla de aire y combustible a dos cámaras adyacentes. De hecho, algunas formas de realización incluyen una única fuente de combustible que incluye un conducto en el rotor. En algunas formas de realización, la única fuente de combustible incluye un inyector dispuesto en el rotor y acoplado al conducto. Por ejemplo, el conducto se puede acoplar al orificio de admisión, y la única fuente de combustible incluye un carburador, acoplado al conducto, que suministra una mezcla de aire y

combustible a dicho conducto.

En algunas formas de realización, el motor incluye contrapesos configurados para equilibrar el rotor.

- 5 Un motor de acuerdo con cualquiera de las formas de realización anteriores también puede incluir un cartucho acoplable extraíble que contiene combustible, o una mezcla de combustible y aceite.

### Breve descripción de los dibujos

- 10 Las características anteriores de las formas de realización se comprenderán más fácilmente haciendo referencia a la siguiente descripción detallada, tomada en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1A a 1G ilustran esquemáticamente las características de una primera forma de realización de un motor rotativo;

- 15 las figuras 2A-2B ilustran esquemáticamente un inyector de combustible;

las figuras 3A a 3E ilustran esquemáticamente el motor de las figuras 1A a 1G en varias etapas de funcionamiento;

- 20 las figuras 4A a 4F ilustran esquemáticamente las características de algunas formas de realización de motores rotativos;

- 25 las figuras 5A a 5H ilustran esquemáticamente las características de una forma de realización de un motor rotativo enfriado por aire;

las figuras 6A a 6J ilustran esquemáticamente el motor de las figuras 5A a 5G en varias etapas de funcionamiento;

- 30 las figuras 7A a 7B ilustran esquemáticamente un rotor de un motor rotativo;

Las figuras 8A y 8B ilustran esquemáticamente diagramas de presión-volumen de modos de funcionamiento del motor;

- 35 las figuras 9A a 9D ilustran esquemáticamente las características de otra forma de realización de un motor rotativo;

la figura 10 ilustra esquemáticamente otra forma de realización de un rotor y el cárter de un motor rotativo.

### 40 Descripción detallada de las formas de realización específicas

- Las formas de realización de los motores de combustión interna y las características de dichos motores, tal como se describe a continuación, proporcionan un coste reducido de alimentación del motor con múltiples cámaras utilizando un solo carburador o inyector de combustible, un coste y una complejidad reducidos para quemar combustible en múltiples cámaras presentando una fuente de ignición única que provee a una pluralidad de cámaras, así como formas baratas y sencillas para enfriar el motor, por ejemplo, mediante cámaras de enfriamiento de aire destinadas a ello que están expuestas al rotor, o soplando una mezcla de combustible y aire a través del interior del rotor.

- 50 El resultado es un motor que es compacto, de poco peso, silencioso y eficiente en el consumo de combustible que, sin embargo, resulta sencillo y presenta un coste de fabricación bajo.

Definiciones. Tal como se utilizan en esta descripción y en las reivindicaciones adjuntas, los siguientes términos tendrán los significados indicados, a menos que el contexto requiera otro:

- 55 Un "rotor" es un elemento de N lóbulos que se mueve con respecto a un cárter como parte de un motor.

- Un "cárter" es un elemento de (N + 1) lóbulos que se mueve con respecto a un rotor como parte de un motor. Tanto el cárter como el rotor se pueden fijar, o se puede configurar el motor de modo que ni el cárter ni el rotor sean fijos.

- 60 Una "cámara de trabajo" es una cámara formada entre un elemento de (N) lóbulos y un elemento de (N + 1) lóbulos y en la que tiene lugar por lo menos una de entre una entrada de aire o de una mezcla de aire/combustible, compresión de aire, combustión de combustible y expansión de los productos de combustión del combustible.

- 65 El "aire carburado" es aire nuevo que ha sido carburado mediante la adición de combustible o combustible y aceite, por ejemplo, por medio de la acción de un carburador o un inyector de combustible.

Una "cámara de enfriamiento" es una cámara formada entre un elemento de (N) lóbulos y un elemento de (N + 1) lóbulos y que no es una cámara de trabajo.

5 El término "aislamiento a fluidos" o "aislado a fluidos", cuando se emplea para describir dos volúmenes en el interior de un motor, significa que los dos volúmenes se configuran de manera que un fluido, como por ejemplo aire no quemado o subproductos de combustión, no fluirá entre los dos volúmenes cuando el motor se encuentre en funcionamiento.

10 El "volumen inicial" o "volumen máximo" de una cámara de compresión es el volumen de la cámara de compresión en el punto en un ciclo de un motor en el que la cámara está aislada a fluidos con respecto al entorno exterior del motor. En algunas formas de realización, se indica como "V1".

15 El "volumen final" o "volumen máximo" de una cámara de expansión se encuentra en el punto del ciclo de un motor inmediatamente anterior al punto en el que la cámara ya no se encuentra aislada a fluidos. En algunas formas de realización, se indica como "V4".

20 Una "fuente de combustión de combustible" puede ser cualquiera de entre un inyector de combustible en motores de encendido por compresión; un carburador junto con una fuente de ignición (por ejemplo, una bujía de chispa o una bujía incandescente) o un inyector de combustible junto con una fuente de ignición (por ejemplo, una bujía de chispa o una bujía incandescente).

### Primera forma de realización

25 En las figuras 1A a 1G se ilustra esquemáticamente una primera forma de realización de un motor rotativo 100, e incluye un elemento 110 de N lóbulos sujeto de forma rígida a un cuerpo de motor 101 así como un componente de N + 1 lóbulos 120 que está dispuesto de forma que permita su giro en el cuerpo de motor 101. Se deberá observar que, en una primera forma de realización, el componente 110 de N lóbulos es estacionario con respecto al cuerpo de motor 101, y el componente de N + 1 lóbulos 120 se dispone de forma que permita su giro en el cuerpo de motor 101. En funcionamiento, el rotor 110 se dispone en el interior de una cavidad de alojamiento 126 en el cárter 120 y dicho cárter 120 gira alrededor del rotor 110 para formar cámaras de trabajo de un motor de combustión interna, tal como se describe con más detalle a continuación.

35 Se deberá observar que, en otras formas de realización, sin embargo, el cárter 120 se puede disponer en una relación fija con el cuerpo de motor 101 y el rotor 110 se puede disponer de forma que permita su giro en el interior del cárter 120. Por ejemplo, el rotor 110 se puede acoplar de forma que permita su giro al árbol de transmisión 150 y el cárter 120 se puede acoplar manera fija al cuerpo de motor 101 mediante la cubierta 132, por ejemplo, de modo que el movimiento del rotor 110 se vuelva excéntrico en el árbol de transmisión 150. De esta manera, el rotor 110 se movería con respecto al cárter 120 en las formas que se describen a continuación, de modo que sea aplicable la descripción de la ejecución del ciclo del motor tal como se describe a continuación.

40 En general, se prevén varias configuraciones posibles para aplicar un motor basado en la geometría que se muestra en la figura 1A y en la figura 1F:

- 45 (I) el componente 120 es estacionario; mientras que el componente 110 realiza un giro compuesto: es decir, gira alrededor del excéntrico 152 con velocidad angular  $-\Omega$  mientras que su centro, coincidente con la parte excéntrica 152 del árbol 150, gira con la velocidad angular del árbol  $+2\Omega$ ;
- 50 (II) el componente 110 es estacionario; mientras el componente 120 realiza un giro compuesto: es decir, gira alrededor del árbol excéntrico 152 con velocidad angular  $-\Omega$ , mientras que su centro, que coincide con la parte excéntrica 152 del árbol 150, gira con la velocidad angular del árbol  $+2\Omega$ ; y
- 55 (III) ambos componentes 120 y 110 giran alrededor de dos ejes fijos diferentes. El elemento 110 se fija en el árbol 150.

El motor rotativo 100 se ilustra esquemáticamente en la figura 1A, se muestra en una vista seccionada en la figura 1B y en la figura 1C se ilustra esquemáticamente una vista explosionada de dicho motor 100.

60 El motor 100 incluye un árbol de transmisión 150 que se extiende por el cuerpo de motor 101 y define un eje alrededor del cual gira el cárter 120. Dicho eje alrededor del cual gira el cárter 120 se ilustra de forma esquemática mediante la línea 159 en la figura 1E, y dicha línea 159 no representa un componente físico del árbol de transmisión 150. El árbol de transmisión 150 se soporta de forma que pueda girar en el interior del motor 100 mediante varios cojinetes 155 a lo largo de la longitud del árbol de transmisión 150, y pasa por el cuerpo de motor 101, la cubierta de rotor 131, el rotor 110, el cárter 120 y la cubierta del motor 132. Las juntas de sellado 170 impiden el flujo de gases de trabajo al exterior del motor 100 entre el rotor 110 y el árbol de transmisión 150. En algunas formas de realización, las juntas de sellado 170, el rotor 110 y el árbol de transmisión 150 forman parte de un conducto de

combustible 106, tal como se describe más adelante.

5 El rotor 110 se sujeta de forma rígida al cuerpo de motor 101 mediante la tuerca 102 afianzada al cuello roscado 113 por donde dicho cuello 113 pasa a través de la cubierta de rotor 131 y de una pared 104 del cuerpo de motor 101. En esta forma de realización, el rotor 110 es un disco cicloidal que presenta dos lóbulos (es decir,  $N = 2$ ), pero  
 10 otra forma de realización puede prever 1 lóbulo, 3 lóbulos, 4 lóbulos o más. El rotor 110 incluye una cámara interna de rotor 117 y un orificio de admisión de rotor 115 y un orificio de escape de rotor 116 entre la cámara interna de rotor 117 y la superficie radial 111 del rotor 110. El orificio de admisión de rotor 115 y un orificio de escape de rotor 116 pueden incluir una válvula de retención (por ejemplo, una válvula de lámina como la válvula 117 ilustrada  
 esquemáticamente en la figura 5H, por ejemplo) que permite que el gas fluya solo en una dirección (es decir, hacia fuera del rotor 110 a través del orificio de admisión 115 y hacia el rotor 110 a través del orificio de escape 116).

15 El cárter 120 se acopla de forma que permita su giro al árbol de transmisión 150 mediante el excéntrico 152, que, en esta forma de realización, se dispone en el interior de uno de los cojinetes 155 (indicado con el número 155A en la figura 1E para facilitar la referencia), de modo que dicho cojinete 155A se encuentra entre el excéntrico 152 y el cárter 120. En esta forma de realización, dicho cárter 120 gira a una fracción de la velocidad angular del árbol de transmisión 150 y, en la dirección opuesta, y hace que gire el árbol de transmisión 150. Por ejemplo, si el árbol de transmisión gira a una velocidad angular de  $3W$ , entonces el cárter 120 gira con una velocidad angular de  $-W$ .

20 El excéntrico 152 acciona el cárter 120 durante la parte de compresión del ciclo del motor, y se acciona mediante el cárter 120 durante la parte de expansión del ciclo a medida que dicho excéntrico 152 transmite la fuerza de los gases en expansión en el interior del motor al cárter 120. En algunas formas de realización, el cárter 120 se puede accionar presentando una palanca de espiga deslizante sujeta al árbol de transmisión 150 con una espiga en el  
 25 cárter 120 o, de forma alternativa, mediante una espiga en la palanca que se ensambla en una ranura en el cárter 120, tal como se describe más adelante.

El rotor 110 se dispone en el interior de la cavidad 126 del cárter 120, y la cubierta 131 del rotor se acopla de forma fija al cárter 120, de modo que encierre dicho rotor 110 en el interior de dicha cavidad 126 del cárter.

30 El cárter 120 incluye  $(N + 1)$  rodillos 128, uno en cada vértice 129 entre las regiones de recepción de lóbulo 123. Dichas regiones de recepción de lóbulo son una parte de la cavidad del cárter 126. En funcionamiento, los rodillos 128, guiados por el rotor 110, fuerzan el cárter 120 para girar y para permitir su nutación alrededor del rotor 110. Por lo tanto, el cárter 120 lleva a cabo un movimiento giratorio alrededor del eje (159) del árbol de transmisión 150 a una velocidad de  $1/3$  de la del árbol de transmisión 150 y, de forma simultánea, alrededor de su propio eje de  
 35 simetría. Los rodillos 128, también funcionan como juntas de sellado de vértice.

En las formas de realización alternativas, el cárter 120 puede incluir juntas de sellado de vértice cargadas por resorte convencionales (por ejemplo, según la referencia 125 en la figura 1E, o la 551B como en la figura 5E).

40 En general, el motor 100 incluye juntas de sellado entre el rotor 110 y el cárter 120, y entre el rotor 110 y la cubierta 131 para evitar o impedir el escape de gas desde el interior de la cavidad del cárter 126. Para ello, el rotor 110 puede contener juntas de sellado laterales cargadas por resorte 160 que sellan contra el gas para evitar el flujo  
 45 entre el rotor 110 y el cárter 120 o entre el rotor 110 y la cubierta de rotor 131. De forma alternativa, el cárter 120 y/o la cubierta de rotor 131 pueden contener dichas juntas de sellado laterales 160 para servir al mismo propósito, conectándose cada sello lateral 160 entre los sellos de vértice (por ejemplo, rodillos 128 o juntas de sellado 125) para formar una "rejilla de sellado".

50 En funcionamiento, las regiones de recepción 123 de  $N + 1$  lóbulos y los lóbulos del cárter 120, junto con la cubierta de rotor 131, forman cíclicamente unas cámaras 301, 302 y 303 que pasan por contracción y expansión cíclica, tal como se describe a continuación.

55 Las figuras 3A a 3E ilustran esquemáticamente la secuencia de funcionamiento del motor 100 y sus tres cámaras de trabajo 301, 302 y 303 a medida que dicho motor 100 pasa por las diversas fases de un ciclo de 4 tiempos. Dichas cámaras de trabajo 301, 302 y 303 se forman entre las regiones de recepción de lóbulos 123 y los lóbulos del rotor 110 y las cubiertas 131, 132. El motor 100 combustiona una vez por revolución del árbol de transmisión 150. El cárter 120 gira a  $1/3$  la velocidad del árbol de transmisión 150, ejecutando así 3 ciclos de disparo por cada vuelta del cárter 120.

60 En aras de la claridad de una explicación adicional, se dibujan los números romanos (I, II y III) en la parte superior de cada cámara (301, 302 y 303, respectivamente) tal como se muestra en las figuras 3A a 3E. La tabla 1, a continuación, describe las carreras que tienen lugar en cada una de las tres cámaras (301, 302, 303) en el transcurso de un giro en sentido horario del cárter 120 en cinco posiciones diferentes, ilustradas esquemáticamente en las figuras 3A a 3E.

Tabla 1 Instancia de tiempo → Cámara ↓	Figura 3A	Figura 3B	Figura 3C	Figura 3D	Figura 3E
301	Combustión. El volumen permanece aproximadamente constante durante la combustión incluso por encima de ~20 grados de giro debido a la geometría del cárter y el rotor, coincidiendo el arco convexo del rotor 110 de forma aproximada con el arco cóncavo de la región de recepción de lóbulo 123B del cárter 120.	Expansión	Expansión	Expansión. Se alcanza el volumen máximo. El gas quemado caliente (de escape) se expandirá a la presión atmosférica, es decir, $V4 > V1$ , y $P4 \approx P1$	Escape
302	Escape. El cárter 120 empuja el gas de escape por la abertura de escape de rotor 116 en la cubierta de cárter 132 y por la ventana 133 en dicha cubierta 132 en la atmósfera ambiente. Dado que $P4 \approx P1$ , se crea la carrera de escape "silenciosa".	Escape (casi al final)	Finaliza el escape	Admisión	Admisión
303	Admisión	Admisión. Parte de la carga nueva se vuelve a empujar al exterior de la cámara. Esto corresponde al volumen de admisión $V1$ y a la presión atmosférica $P1$ .	Finaliza la admisión - el rodillo o la junta de sellado de vértice ha cruzado el orificio de admisión en el rotor	Compresión. Se inyectará el combustible mediante el inyector de combustible 120 a medida que el lóbulo del rotor ocupe una región de recepción de lóbulo.	Combustión

Tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 3A, la cámara 301 está llevando a cabo la combustión de combustible con aire comprimido. Se suministra el combustible a la cámara 301 a través de la línea de suministro de combustible 118 y se inyecta en la cámara 301 mediante el inyector de combustible 200, al mismo tiempo que la cámara 301 pasa por el inyector de combustible 200 en el transcurso del giro del cárter 120. En esta forma de realización, el combustible entra en el rotor 110 por la línea de suministro de combustible 118 y se conduce a través del rotor 110 por el conducto de combustible 106 hasta el inyector de combustible 200. Por tanto, el inyector de combustible único 200 sirve a cada cámara (301, 302, 303) del motor 100. El hecho de disponer de un solo inyector de combustible 200, y/o de una sola fuente de ignición (por ejemplo, una bujía de chispa) que puede servir a una pluralidad de cámaras de trabajo (301, 302, 303) puede reducir significativamente el coste y la complejidad del motor 100.

El inyector de combustible 200 incluye un cuerpo de inyector superior 202 y un cuerpo de inyector inferior 206. El cuerpo de inyector inferior 206 puede ser no conductor eléctricamente. El combustible entra en el inyector de combustible 200 a través de un orificio de admisión 210, que lleva el combustible a una cámara de combustible interna 207 en el interior del inyector de combustible 200. Cuando una fuerza externa, como la fuerza de la leva 154, empuja el émbolo 201 hacia el cuerpo de inyector inferior 206, dicho émbolo 201 fuerza una espiga (o tetón) 205 a moverse fuera del orificio 208, permitiendo así que el combustible fluya desde la cámara de combustible interna 207 hacia una cámara del cárter 120. Los resortes 203 y 204 retornan el émbolo 201 y la espiga 205 a las posiciones en el interior del inyector de combustible 200, de modo que se cierra el orificio 208 y el combustible entra en la cámara 207 por el orificio 210.

El flujo de aire hacia el motor 100 y el flujo de escape hacia el exterior del motor se ilustran esquemáticamente mediante líneas continuas y discontinuas con flechas en la figura 1D. El aire nuevo (que también se puede denominar como "carga de admisión") desde el exterior del motor 100 entra en el cuerpo de motor 101 por la abertura o aberturas 103 en la cara 104 del cuerpo de motor 101. La carga de admisión pasa entre el cuerpo de motor 101 y la superficie radial 133 de la cubierta de rotor 131 en la cámara del rotor 117. Desde allí, la carga nueva pasa por la abertura de admisión de rotor 115 hacia una de las cámaras (301, 302, 303). Por ejemplo, se proporcionaría una carga nueva a la cámara 303 por el orificio de admisión 115 en la figura 3D.

A medida que gira el cárter 120, una región de recepción de lóbulo 123A ensambla el lóbulo 110A del rotor 110 para formar la cámara 302, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 3B. Por tanto, la carga nueva se comprime. De hecho, en algunas formas de realización, las regiones de recepción de lóbulo 123 del cárter 120 incluyen cada una de ellas una cámara de combustión 127, que forma parte de las cámaras (301, 302, 303) en las que se comprime la carga nueva. El inyector de combustible 200, accionado mediante leva de 3 lóbulos 154, figura 1E, que se corta en el árbol 150, a continuación inyecta combustible en el aire comprimido en el interior de la cámara 301 y, específicamente, en el interior de la cámara de combustión 127 en las formas de realización que presentan una cámara de combustión 127. En algunas formas de realización, la carga nueva se comprime hasta o más allá de un punto en el que el combustible se quemará espontáneamente (por ejemplo, encendido diésel). En otras formas de realización, el motor 100 también puede incluir un dispositivo de encendido, como por ejemplo una bujía de chispa o una bujía incandescente, para iniciar la combustión. Dicho dispositivo de encendido puede ser parte del inyector de combustible 200. Por ejemplo, se podría suministrar alto voltaje al tetón 205 que estaría más cerca del cuerpo conectado a tierra del rotor 110 exactamente durante la posición del punto muerto superior, es decir, cuando se necesita chispa para iniciar la combustión. Por lo tanto, un solo dispositivo de encendido puede servir a una pluralidad de cámaras, lo que reduce el coste y la complejidad del motor.

El volumen de la cámara 302 permanece constante durante el evento de combustión durante aproximadamente 15, 20 o 25 grados de giro del cárter 120 (figura 3C), debido a la geometría de dicho cárter 120 y del rotor 110, en la que el arco de las regiones de recepción de lóbulo 123 coincide aproximadamente con el arco del lóbulo 110A.

Después de la combustión, los subproductos de la combustión comienzan a expandirse y empujan el cárter 120 para continuar el giro del cárter 120 (figura 3D). Los subproductos de la combustión pasan por la abertura de escape de rotor 116 hacia la cámara de rotor 117, mientras el cárter 120 continúa girando (figura 3E). A partir de ahí, los subproductos de combustión pasan por una o más aberturas 122 en dicho cárter 120 y salen del motor 100 por la abertura de la cubierta 133.

En algunas formas de realización, se pueden prever en el rotor 110 el orificio de admisión de rotor 115 y un orificio de escape de rotor 116 para proporcionar un volumen inicial de una cámara (por ejemplo, 301, 302, 303) al comienzo de una carrera de compresión que es menor que el volumen final de dicha cámara al final de una carrera de expansión. Por ejemplo, en la figura 3A, el orificio de escape de rotor 116 está más cerca de la parte superior 110B del lóbulo 110A del rotor 110 que el orificio de admisión de rotor 115. Dicha situación asimétrica del orificio de admisión de rotor 115 y del orificio de escape de rotor 116 proporciona un volumen inicial que es menor que el volumen final de cada una de las cámaras de trabajo 301, 302, 303.

#### Figuras 4A a 4F

Las figuras 4A a 4F ilustran esquemáticamente una variedad de opciones y características que se pueden incluir en una variedad de motores. Dichas características y su uso se pueden aplicar a, pero no están limitadas a las formas de realización de varios motores descritos en la presente memoria. A modo de ilustración, dichas características se describen a continuación en relación con un motor rotativo 400.

En la figura 4A, un depósito de combustible 401, que presenta una tapa de combustible 402, se monta en el motor 400 por medio de la ménsula 403. Dicho depósito 401 se encuentra en comunicación fluida con el orificio de admisión de combustible 404, que suministra combustible desde el depósito 401 a una o más cámaras de trabajo en el interior del motor 400.

Sin embargo, en algunas formas de realización, se proporciona combustible al motor 400 desde un cartucho 411 de reemplazo acoplable de forma retirable, tal como se ilustra esquemáticamente en las figura 4B y figura 4C.

Dicho cartucho 411 incluye una válvula a prueba de fugas, o una interfaz que incluye una membrana de caucho 416 y una hoja 417, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 4E. La membrana de caucho 416 sella el combustible en el cartucho 411 y la hoja 417 evita que el caucho de la membrana 416 se degrade. En funcionamiento, el orificio de admisión de combustible 404 (figura 4C) penetra fácilmente en la membrana de caucho 416 y en la hoja 417 a medida que el cartucho 411 se baja a su posición (figura 4B), disponiendo así el cartucho 411 y, más particularmente el volumen interior 412 del cartucho, en comunicación fluida con el orificio de admisión de combustible 404. Dicho cartucho 411 se puede extraer levantándolo del orificio de admisión 404. Por tanto, el cartucho se puede sujetar y extraer y, por lo tanto, se puede sujetar de forma retirable.

El cartucho 411 proporciona una serie de beneficios y opciones potenciales. Por ejemplo, el cartucho 411 se concibe de modo que resulte económico y desechable, por ejemplo, procedimiento de "un solo uso " para suministrar combustible al motor, y habrá una estructura de sujeción (por ejemplo, ménsula 403) para mantener el cartucho 411 en su lugar en el motor 400, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4B. El combustible se podría filtrar durante el proceso de llenado del cartucho, eliminando la necesidad de un filtro de combustible en el motor 400. Los cartuchos 404 se podrían retornar al distribuidor para su reciclaje. El combustible en el cartucho se puede mezclar previamente con aceite u otros aditivos para optimizar el funcionamiento del motor y minimizar los requisitos de la interfaz de usuario para obtener el combustible adecuado, insertar combustible líquido en el motor 400, así como suministrar una cantidad adecuada de aceite al motor 400. Se pueden utilizar combustibles no estándar (no disponibles en estaciones de servicio). También se pueden usar combustibles con bajo contenido de etanol, lo que reduce la probabilidad de daños en el motor debido al etanol, que se encuentran disponibles cada vez con mayor frecuencia en las estaciones de servicio y que son una fuente importante de fallo prematuro de motor en motores pequeños. El cartucho 411 se puede utilizar en cualquier tipo de motor y su uso no se limita a motores pequeños o motores rotativos.

Un sistema de accionamiento modificado se ilustra esquemáticamente en la figura 4D, que muestra el árbol de transmisión 150 que presenta una extensión ranurada 413 que se ensambla de forma rígida con una espiga 414 o se acopla de forma que pueda pivotar con un rotor 436.

Para facilitar el enfriamiento de los componentes internos de un motor 400, se puede introducir un corte 418 en la cubierta frontal 420 y unos canales de enfriamiento 419, tal como se muestra en la figura 4F. Otros procedimientos (que no se muestran) incluyen: a) introducción de una tubería de calor que transferirá rápidamente calor procedente del inyector y del área circundante de las partes estacionarias y lo canalizará hacia el lado de admisión, b) enfriamiento de la carga, por ejemplo, conducir la carga de aire de admisión, de manera que la carga de aire frío y nuevo pase primero cerca del inyector/bujía de chispa en su ruta hacia la cámara de trabajo, c) enfriamiento de aceite o agua, por ejemplo con el uso de una camisa de agua para el componente estacionario, y permitiendo que el líquido fluya por los canales en el componente giratorio, etc.

Modulación de combustible: para el control del nivel de potencia del motor, entre muchos enfoques posibles, puede incluir una hélice convencional colocada en el émbolo (pistón) del inyector o un número variable y controlable de lóbulos en la leva que activa el émbolo. También se puede obturar el flujo de entrada de carga nueva, controlando así la cantidad de aire o mezcla de aire/combustible suministrada a la cámara de trabajo. La obturación se podría conseguir mediante una admisión de tipo carburador o mediante la utilización de válvulas de admisión o de admisión/escape de asiento, rotativas, de láminas o cualquier otro tipo de válvula adecuada (que se pueden denominar como "válvulas de tipo convencional").

### Segunda forma de realización

En las figura 5A a 5H se ilustra esquemáticamente una forma de realización alternativa de un motor rotativo de combustión interna 500, y el funcionamiento de dicho motor 500 se ilustra esquemáticamente en las figuras 6A a 6J.

El motor 500 incluye un árbol de transmisión 550 que se extiende a través de un rotor 510, un cárter circunferencial 520, una cubierta de motor de admisión 530 y una cubierta de motor de escape 540. El árbol de transmisión 550 incluye una leva 551 que está dispuesta de manera que permita su giro en el rotor 510. Dicho rotor 510, a su vez, se dispone de manera que permita su giro en el cárter circunferencial 520. El motor 500 se puede configurar de modo que lleve a cabo un ciclo de motor como el que se ilustra y se describe esquemáticamente en relación con la figura 8A (ubicación simétrica de los orificios) o con la figura 8B (admisión regulada o sobreexpansión). De forma alternativa, se pueden utilizar orificios asimétricos (es decir, un orificio más cerca del vértice de un lóbulo de rotor que el otro) en el rotor para un verdadero ciclo de sobreexpansión (que se muestra, por ejemplo, mediante el orificio de admisión 916 y el orificio de escape 917 en la figura 9B, con dichos orificios ubicados asimétricamente de modo que se retrase el cierre del orificio de admisión, haciendo que la expansión sea más larga que la carrera de compresión).

La figura 5A ilustra esquemáticamente el motor rotativo 500, la figura 5B ilustra esquemáticamente el motor rotativo cicloide 500 en una vista explosionada y la figura 5C ilustra esquemáticamente el motor rotativo cicloide 500 en una vista en sección. El motor 500 incluye un cárter 520 que presenta un cuerpo 520A (que se puede denominar

como "cuerpo circunferencial") que presenta una abertura 520B, una cubierta de admisión 530 y una cubierta de escape 540. En algunas formas de realización, la cubierta de admisión 530 y/o la cubierta de escape 540 son una parte integrada del cuerpo 520A y forman una superficie plana desplazada axialmente del y encarada al rotor 510. En otras formas de realización, el cárter 520 y las cubiertas 530 y 540 se afianzan entre sí por medio de pernos 529. Por tanto, la cubierta de admisión 530 y/o la cubierta de escape 540 se pueden considerar sencillamente como una parte plana del cárter 520. El cuerpo 520A, la cubierta de admisión 530 y la cubierta de escape 540 están sometidos a una relación espacial fija entre sí, y definen conjuntamente una cavidad 544 para alojar el rotor 510. La cavidad 544 incluye unas regiones de recepción de lóbulo 521 y 522 y una región de enfriamiento 523.

Además del cárter 520, las figuras 5A y 5B incluyen una pluralidad de distintos elementos del motor 500. Un ventilador opcional 585 proporciona flujo de aire al motor 500 con el objetivo de enfriarlo, tal como se describe más adelante. En esta forma de realización, el motor 500 también incluye un carburador 580 fijado al motor 500 mediante una ménsula 581. Dicho carburador 580 mezcla combustible con aire nuevo para formar una carga carburada que se suministra a una cámara de trabajo en el motor 500 para su combustión y para funcionar como un medio de trabajo. Sin embargo, en otras formas de realización, el combustible se puede inyectar directamente en una cámara de trabajo de aire comprimido, y la combustión se puede iniciar mediante una ignición del combustible inducida por compresión, por bujía incandescente o mediante chispa. Por lo tanto, en las figuras 5A a 5H, las estructuras 539A y 539B pueden representar bujías de chispa, bujías incandescentes o inyectores de combustible.

En el motor 500, el rotor 510 se acopla de manera que permita su giro a un árbol de transmisión 550. Dicho árbol de transmisión 550 se configura de modo que gire alrededor del punto central (o eje) 559 del árbol 550, e incluye una parte excéntrica 551, que está desplazada de dicho árbol en una excentricidad "e". Una fuerza aplicada a la parte excéntrica 551 del árbol 550 actuará sobre el árbol 550, dando lugar a que dicho árbol 550 gire. El motor 500 incluye contrapesos 582 con un tamaño, un peso y una disposición adecuados para equilibrar el rotor 510 y el conjunto de árbol 550 mientras gira. Dichos contrapesos 582 se pueden disponer en el volumen del rotor 510, aunque se acoplan de forma rígida al árbol 550 y giran en la misma dirección y a la misma velocidad que el árbol 550. El rotor 510 gira en la dirección opuesta al árbol 550 y a una velocidad diferente.

En esta forma de realización, el rotor 510 presenta dos lóbulos 510A, 510B y el cárter 520 presenta dos regiones de recepción de lóbulo 521 y 522, así como una región de enfriamiento 523, tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 5Ea 5H.

Los lóbulos 510A, 510B son curvos y presentan una curvatura. Las regiones de recepción de lóbulo 521 y 522 se definen por un número igual de curvas que intersecan, que forman picos 525, 526, 527, un pico en cada intersección. Las curvas que definen las regiones de recepción de lóbulo 521 y 522 presentan una curvatura de una forma similar a la curvatura de los lóbulos 510A, 510B de modo que la curva interna de las regiones de recepción de lóbulo 521, 522 es la misma que la curva exterior de un lóbulo 510A, 510B, con la excepción de que debe existir un pequeño espacio entre las dos curvas para admitir las tolerancias de fabricación y la expansión térmica de los componentes, de modo que cualquiera de los lóbulos 510A, 510B pueda ocupar completamente cualquiera de las regiones de recepción de lóbulo 521, 522.

Cada pico 525, 526, 527, a su vez, presenta una junta de sellado de pico 551A, 551B, 551C, y cada junta de sellado de pico se solicita radialmente, de modo que esté en contacto de sellado continuo con el rotor 510, con el fin de formar una serie de cámaras de trabajo tal como se describe más completamente a continuación.

En las figuras 7A y figura 7B se ilustra esquemáticamente un detalle adicional del rotor 510. Se dispone un piñón 710 en una cavidad de piñón 711. Dicho piñón 710 y el excéntrico 551 ponen en fase y en posición el rotor 510 de modo que dicho rotor 510 nute en el interior, pero que nunca entre en contacto con las regiones de recepción de lóbulo del cárter 520. En funcionamiento del motor 500, el excéntrico 551 transmite energía desde el rotor giratorio 510 a los mecanismos de accionamiento de transmisión (que no se muestran). Por ejemplo, dichos mecanismos de accionamiento de transmisión pueden incluir un árbol de una herramienta cortacésped, como el accionamiento de cuchilla de una cortadora de césped, las ruedas motrices de una cortadora de césped o un eje de transmisión acoplado a una cuchilla o cuerda giratoria en una herramienta de corte semanal, por nombrar solo algunos ejemplos.

La región de enfriamiento 523 puede presentar una forma diferente de la curvatura de las regiones de recepción de lóbulo 521 y 522, tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 5E a 5H, y la región de enfriamiento y los lóbulos 510A y 510B pueden no formar una cámara de trabajo cuando dichos lóbulos 510A, 510B entran en la región de enfriamiento 523.

Cada lóbulo 510A, 510B del rotor 510 incluye una o más aberturas 570. En la figura 5E, las aberturas 570 se definen en parte por nervaduras radiales (o aletas) 571. En algunas formas de realización, las nervaduras radiales 571 se conforman como aspas de ventilador para dirigir el flujo de aire hacia el motor 500, por ejemplo tal como se ilustra esquemáticamente mediante las nervaduras en forma de aspa de ventilador 571F en la figura 9C.

El flujo de aire de enfriamiento a través del motor 500 se ilustra esquemáticamente en la figura 5D, así como en la figura 5F, en la figura 5G y en la figura 5H. El flujo de aire de enfriamiento comienza con el arrastre de aire frío 566 a través de la abertura de enfriamiento 531 en la cubierta 530. En una forma de realización con un ventilador 585, el aire 566 puede ser inducido a través de la abertura de enfriamiento 531 mediante el ventilador 585, pero en formas de realización con nervaduras radiales en forma de aspa de ventilador 571, dichas nervaduras 571 pueden inducir aire 566 a través de la abertura de enfriamiento 531 durante el giro del rotor 510.

A continuación, el aire de enfriamiento fluye a través del rotor 510. Específicamente, el aire de enfriamiento 566 fluye a través de las aberturas 570 a medida que los lóbulos 510, 510B del rotor 510 pasan a través de la región de enfriamiento 523. Por tanto, se pueden describir las aberturas como un canal a través del rotor 510 para recibir el flujo de aire de enfriamiento 566. Dicho aire de enfriamiento se calienta mediante dicho rotor 510 y, por lo tanto, enfría el rotor 510 a medida que pasa a través de dicho rotor 510. Además, el aire de enfriamiento 566 se mezcla con los productos de la combustión del motor 500 para formar el gas de escape 567 que, a continuación, sale del rotor 510 a través de la abertura de escape de enfriamiento 541 en la cubierta 540, llevando consigo parte del calor del rotor 510. El flujo de aire de enfriamiento se puede describir como axial en el sentido de que avanza a través del motor 500 en una dirección aproximadamente paralela al eje 559, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 5D y en la figura 5H. La figura 5H también ilustra esquemáticamente una válvula de lámina 517 dispuesta para cooperar con la abertura 516 con el fin de permitir que los subproductos 567 de combustión entren en la cámara de escape de rotor 570E, pero para impedir o prohibir el flujo de fluido a través de la abertura 516 en la dirección opuesta, es decir, desde la cámara de escape de rotor 570E. En esta forma de realización, la válvula de lámina 517 incluye una solapa 517F afianzada a una superficie interior 510S del rotor 510 mediante una tuerca 517N de manera que dicha aleta 517F cubra la abertura 516.

Tal como se ha descrito con anterioridad, el aire de enfriamiento 566 fluye a través del motor 500 sin pasar por o ser utilizado en una cámara de trabajo, y sin que se encierre (por ejemplo, mediante una válvula), se comprima o se expanda. El aire de enfriamiento es diferente de una carga nueva utilizada en la combustión.

El motor 500 ejecuta un ciclo de motor a medida que el rotor 510 gira con respecto al cárter 520; dicho funcionamiento se describe a continuación. Las figuras 8A y 8B ilustran esquemáticamente dos ciclos de motor que el motor 500 puede ejecutar.

Cada punto del ciclo se caracteriza por el volumen y la presión. El motor 100 se puede configurar para llevar a cabo cualquiera de los dos ciclos que se describen a continuación, tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 8A y 8B.

En una primera forma de realización de un ciclo de motor, según se ilustra esquemáticamente en la figura 8A, en la que V1, V2, V3 y V4 son el volumen de una cámara de trabajo en los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, y en la que P1, P2, P3 y P4 son la presión en el interior de la cámara en los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente:

el punto 1 (801) representa el inicio del ciclo, caracterizado por -V1 y P1 (presión ambiente);

el punto 2 (802) representa el final de la compresión: -V2 y  $P2 > P1$ ;

el punto 3 (803) representa el final de la combustión: -V3  $\approx$  V2 (combustión de volumen constante) y  $P3 \gg P2$ ;

el punto 4 (804) representa el final de la expansión: -V4 > V1 y  $P4 > P1$ .

En una segunda forma de realización de un ciclo de motor, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 8B en la que V11, V12, V13, V14, V15 y V16 son el volumen de una cámara de trabajo en los puntos 11, 12, 13, 14, 15 y 16 respectivamente, y en la que P11, P12, P13, P15 y P16 son la presión en el interior de la cámara en los puntos 11, 12, 13, 14, 15 y 16 respectivamente:

El punto 11 (811) representa el inicio del ciclo, caracterizado por -V1 y P1 (presión ambiente). En este punto, la cámara de trabajo está cerrada; la cámara de trabajo no está en comunicación fluida con la atmósfera.

El punto 12 (812) representa el punto al final de la compresión -V12 y  $P12 > P1$ ;

El punto 13 (813) representa el final de la combustión: -V13  $\approx$  V12 (combustión a volumen constante) y  $P13 \gg P12$ ;

El punto 14 (814) representa el final de la expansión: -V14 > V11 y  $P14 = P11 =$  presión ambiente. En este punto, la cámara de trabajo se abre a la atmósfera y, por lo tanto, la presión del interior de la cámara es la presión ambiente.

Una vez que la cámara de trabajo alcanza el punto 14 (814), el motor reduce el volumen de la cámara de trabajo de V14 a V15 en el punto 15 (815). Entre el punto 14 (814) y el punto 15 (815), se ha reducido el volumen de la

cámara de trabajo, pero la presión del interior de la cámara de trabajo permanece a la presión atmosférica ambiente (por ejemplo, una atmósfera). Por tanto,  $V_{15} < V_{14}$  pero  $P_2 = P_1 =$  presión ambiente. El punto 15 (815) representa un volumen mínimo de la cámara, y se ha expulsado el gas de escape.

5 Desde el punto 15 (815), el volumen de la cámara aumenta a un volumen  $V_{23}$  en el punto 16 (816). Durante este período, la cámara presenta una comunicación parcialmente restringida con la atmósfera, por lo que el flujo de aire hacia el motor se obtura o se regula. El incremento de volumen, mientras se obtura el flujo de carga nueva por el carburador 580, figura 5F, reduce la presión en el interior de la cámara de trabajo, y la presión en el interior de la cámara de trabajo cae por debajo de la presión ambiente. Desde el punto 16 (816), la cámara de trabajo ya no se encuentra en comunicación fluida con la atmósfera. A medida que el rotor continúa girando, el volumen de la cámara de trabajo comienza a disminuir. El aire se comprime y la presión en la cámara de trabajo comienza a elevarse hacia el punto 11 (811). La compresión termina en el volumen  $V_{12}$ , punto 44 (844). La presión en el interior de la cámara de trabajo permanece por debajo de la presión atmosférica ambiente hasta que el rotor alcanza el punto 11 (811). En ese momento, la cámara recibe una carga nueva de mezcla de aire/combustible.

15 En algunas formas de realización, mediante un único carburador 580 que permite que pase el aire a través de dos cámaras vecinas por los conductos 561 y las válvulas de lámina/retención 517 (por ejemplo, figura 5F, figura 5G y figura 5H), el aire abrirá la válvula de lámina/retención 590 en una cámara sometida a una carrera de admisión. El combustible también entrará en la cámara de admisión por el carburador. Dicho de otro modo, el aire se carbura.

20 En muchos casos, resulta deseable realizar un motor que sea silencioso. En algunas formas de realización, un motor (por ejemplo 500, 900) se puede realizar más silencioso de lo que hubiera sido de otro modo al evitar características generadoras de ruido en otros motores de 4 tiempos, como las válvulas de asiento (contactos intermitentes de metal sobre metal), golpeteo de pistón (por ejemplo, traqueteo del pistón e impactos en la cavidad) y una rápida caída de presión cuando el gas de escape se expone al medio ambiente. La caída de presión durante el escape se puede reducir regulando el aire durante la carrera de admisión. La regulación, en este caso, significa que el motor se configura de manera que empiece a disminuir el volumen en la cámara de admisión mientras la mezcla de aire/combustible se encuentra en un cierto vacío cuando se completa la fase de admisión. Sin embargo, durante el tiempo de expansión, los gases se expandirán en la totalidad del volumen de la cámara de expansión hasta alcanzar la presión atmosférica, reduciendo de este modo el ruido de escape. Este aspecto se muestra en el diagrama de la figura 8B, por ejemplo.

35 El ciclo de la figura 8B presenta varias características notables. En primer lugar, el ciclo termina a presión atmosférica (por ejemplo, una atmósfera). Esto tiende a hacer que el funcionamiento del motor sea más silencioso, por lo menos porque no tiene lugar un "estallido" audible del escape de gas presurizado cuando la cámara de trabajo se abre en el punto 14 (814). En segundo lugar, el volumen inicial de la cámara de compresión [es decir, en el punto 11 (811)] es menor que el volumen final de la cámara de expansión [es decir, en el punto 14 (814)]. Esta sobreexpansión de los subproductos de la combustión (es decir, los subproductos de la combustión se expanden en el interior de la cámara de expansión a un volumen mayor que el volumen inicial de la cámara de compresión) hacen que el motor sea más eficiente de lo que sería si el motor no realizara la sobreexpansión.

40 Las figuras 5F y 5G y las figuras 6A a 6J ilustran esquemáticamente la secuencia de funcionamiento del motor 500 y sus dos cámaras de trabajo 610 y 620 a medida que el motor 500 pasa por las diversas fases de un ciclo de 4 tiempos, tal como se describe a continuación y en la tabla 2.

45 En las figuras 5F y 5G y las figuras 6A a 6J, el rotor 510 gira en sentido horario, mientras que el árbol de transmisión 550 gira en sentido antihorario. A medida que el rotor 510 gira en el interior del cárter 520, los lóbulos 510A, 510B entran y retroceden alternativamente desde las regiones de recepción de lóbulo 521 y 522 y la región de enfriamiento 523. Cuando el lóbulo 510A se ensambla a una región de recepción de lóbulo 521, el lóbulo 510A, el cárter 520 y los lados 530 y 540 forman una cámara de trabajo 610 que está aislada a fluidos con respecto a otras áreas del motor. De manera similar, el rotor 510 y la región de recepción de lóbulo 522 forman una segunda cámara de trabajo 620. Sin embargo, el rotor 510 y la región de enfriamiento 523 no forman una cámara de trabajo, tal como se describe más adelante.

55 En la figura 6A, el lóbulo 510B está comenzando a entrar en la región de recepción de lóbulo 521 y la cámara 610 está formada y está aislada a fluidos con respecto a la atmósfera. En esta etapa del ciclo, la presión del interior de la cámara 610 se encuentra por debajo de la presión ambiente de la atmósfera que rodea el motor 500. También en la figura 6A, el lóbulo 510A ocupa la región de recepción de lóbulo 522 y está en o cerca del final de su carrera de escape. Por tanto, los subproductos 568 de la combustión fluyen a través de la abertura 516 y pasan la válvula de lámina 517 y entran en la cavidad de escape 570E dentro del rotor 510 (ver figura 5E). También en la figura 6A, una parte del lóbulo 510B se encuentra dentro de la región de enfriamiento 523, y el aire de enfriamiento 566 pasa a través de la región de enfriamiento 523 y a través del rotor 510 para enfriar el rotor 510. Se deberá tener en cuenta que, en este punto, el lóbulo 510B está expuesto de manera efectiva a la atmósfera.

65 En la figura 6B, el rotor 510 ha girado en sentido horario y ha comenzado a comprimir la carga nueva de aire en la cámara de trabajo 610. Al mismo tiempo, la cámara de trabajo 620 comienza a admitir una carga nueva de aire y

combustible (que forma el "medio de trabajo") del carburador 580. En algunas formas de realización, la carga nueva de aire y combustible pasa por una válvula de retención (583A, 583B en la figura 5E, o 590 en la figura 5H, para ilustrar dos formas de realización de válvulas de retención) que permite que dicha carga nueva de aire y combustible fluya solo en una única dirección, es decir, hacia una cámara de trabajo del motor 500. Una parte del lóbulo 510B todavía se encuentra en el interior de la región de enfriamiento 523 y se enfría con aire 566.

En la figura 6C, el rotor 510 ha girado más en sentido horario. La compresión de la carga nueva en la cámara de trabajo 610 se ha completado, o casi, y se comprime el medio de trabajo en la cámara de ignición 528A, que forma parte de la cámara de trabajo 610. La bujía de chispa 539A enciende el medio de trabajo en la cámara de trabajo 610.

Se deberá tener en cuenta que, en formas de realización alternativas, el medio de trabajo es solo una carga nueva de aire arrastrado a la cámara de trabajo 610, sin combustible. En dichas formas de realización, el combustible se puede inyectar directamente en la cámara de trabajo 610, por ejemplo en la cámara de ignición 528A, y dicho combustible se quemará espontáneamente debido al encendido por compresión, o se podría encender con bujía de chispa o con bujía incandescente. Sin embargo, para facilitar la ilustración, en la presente memoria se describe la ignición con bujía de chispa en un ciclo de acuerdo con la figura 8B.

También en la figura 6C, la cámara 620 continúa la admisión de una carga nueva de aire carburado, y una porción del lóbulo 510A se encuentra en la cámara 523, en la que el lóbulo 510A y cualquier subproducto de combustión dentro de la cámara de escape de rotor 570E se exponen al flujo de aire de enfriamiento 566, por ejemplo, a través de la abertura 570E. Se deberá tener en cuenta que, en este punto, por lo menos una parte del lóbulo 510A se encuentra expuesta de forma eficaz a la atmósfera.

En la figura 6D, el rotor 510 ha girado más en sentido horario. Los subproductos de la combustión en la cámara 610 comienzan a expandirse, instando al rotor 510 a continuar su giro en sentido horario. La cámara 620 continúa la admisión de una carga nueva de aire carburado y el lóbulo 510A se encuentra ahora más adentro de la cámara 523, en la que el lóbulo 510A y cualquier subproducto de la combustión dentro de la cámara de escape 57E están expuestos al flujo de aire de enfriamiento 566.

En la figura 6E, el rotor 510 ha girado más en sentido horario. La cámara 610 ha alcanzado su volumen de expansión máximo y los subproductos de la combustión dentro de la cámara 610 han alcanzado la presión atmosférica ambiente. La cámara 620 está comprimiendo su medio de trabajo y el lóbulo 510A permanece expuesto en la cámara 630 tal como se ha descrito con anterioridad.

En la figura 6F, el lóbulo 510A está entrando en la región de recepción de lóbulo 521 de manera que forme una cámara de escape 611. A medida que el rotor 510 continúa su giro, el volumen de la cámara de escape 611 se reducirá y los subproductos de la combustión serán forzados a la cámara de escape del rotor 571 y, eventualmente, expulsados del motor 500. En la cámara 620, la compresión ha terminado y el combustible y el aire se encienden en la cámara de combustión 528B. El lóbulo 510A permanece expuesto en la cámara 630 tal como se ha descrito con anterioridad.

En la figura 6G, el lóbulo 510A ha ocupado completamente la región de recepción de lóbulo 521 y ha terminado la carrera de escape. El volumen de la cámara 620 aumenta a medida que el rotor 510 gira en sentido horario en respuesta a la expansión de los subproductos de la combustión en la cámara 620. El lóbulo 510B ha entrado parcialmente en la región 523 y se expone al aire de enfriamiento 566. Sin embargo, el lóbulo 510B no transporta con el mismo, o en su interior, subproductos de la combustión, por lo que el aire de enfriamiento 566 no se mezcla ni elimina dichos subproductos de combustión en la figura 6G. Se deberá tener en cuenta que, en este punto, el lóbulo 510B se encuentra expuesto de forma efectiva a la atmósfera.

En la figura 6H, el lóbulo 510A ha comenzado a retirarse de la región de recepción de lóbulo 521 para formar nuevamente la cámara de trabajo 610 y el aire carburado 569 se arrastra a dicha cámara de trabajo 610. Se deberá tener en cuenta que el carburador 580 proporciona aire carburado 569 a ambas cámaras de trabajo 610 y 620. Por tanto, se puede describir el carburador 580 como una única fuente de combustible configurada para suministrar combustible a por lo menos dos de varias cámaras de trabajo en el motor 500. En este punto, la cámara de trabajo 610 se puede denominar como una "cámara de admisión". La cámara 620 ha alcanzado su volumen de expansión máximo y los subproductos de combustión dentro de la cámara 620 han alcanzado la presión atmosférica ambiente. Ha entrado más parte del lóbulo 510B en la región 523 y está expuesto al aire de enfriamiento 566.

En la figura 6I, la cámara 610 continúa admitiendo aire carburado 569. El lóbulo 510A ha comenzado a entrar en la región de recepción de lóbulo 522 para formar la cámara de escape 621. A medida que el rotor 510 continúa su giro en sentido horario, la cámara 621 disminuye en volumen, forzando los subproductos 568 de combustión a la cámara de escape del rotor 570E. Una parte del lóbulo 510B todavía se encuentra dentro de la región 523 y está expuesta al aire de enfriamiento 566.

En la figura 6J, el rotor 510 ha girado más en sentido horario y, de hecho, en este punto, el rotor ha realizado un

poco más de un giro de 360 grados con respecto a su ubicación en la figura 6A. Desde este punto, el ciclo se repite como se describe a partir de la figura 6A anterior. Una parte del lóbulo 510B todavía se encuentra dentro de la región 523 y está expuesta al aire de enfriamiento 566.

- 5 Se deberá tener en cuenta que, en el motor 500 y en su funcionamiento tal como se ha descrito anteriormente, los lóbulos 510A y 510B del rotor 510 se encuentran expuestos cíclicamente a la atmósfera. Por ejemplo, en las formas de realización descritas con anterioridad, los lóbulos 510A y 510B resultarían visibles para un observador a medida que pasan por la región de enfriamiento 523. Este aspecto es diferente a los motores rotativos según la técnica anterior, en los que el rotor siempre está sellado en el interior del motor y nunca está expuesto a la atmósfera.
- 10 Además, solo los subproductos 567 de la combustión pasan a través del rotor (es decir, la cámara de escape del rotor 570E); la carga de aire nuevo, o aire carburado 569, no pasa a través del rotor 510.

Tabla 2: Explicación del diagrama de fase que se muestra en las figuras 6A a 6J

Posición	Cámaras		
Figura 6	610	620	630
A	Se encuentra al final de la carrera de admisión. El volumen de la cámara de admisión -V1 es menor que el del final de la carrera de expansión (V4). La presión es inferior a la ambiente.	Se encuentra al final de la carrera de escape.	Corre aire por la cámara 570M, enfriando la parte de trabajo del rotor.
B	Se inicia la compresión La presión es aproximadamente la ambiente.	Se inicia la admisión	Igual que arriba
C	La compresión se aproxima al final. Se enciende la bujía de chispa o se inyecta el combustible. Se inicia la combustión.	Admisión	Corre aire por la cámara 570E, Retirada de gases de escape del rotor y enfriamiento del lado de escape del rotor.
D	Expansión	Admisión	Igual que arriba
E	Finaliza la expansión	Compresión	Igual que arriba
F	Escape	Finaliza la compresión. Combustión	Igual que arriba
G	Finaliza la carrera de escape.	Expansión	Corre aire por la cámara 570M, se enfría la parte de trabajo del rotor.
H	Se inicia la admisión	Finaliza la expansión	Igual que arriba
I	Admisión	Escape	Igual que arriba
J	360 ° de giro de rotor completados. Esto es aproximadamente la misma posición de rotor que en la figura 6A		
Se inyecta el combustible por un carburador o inyector de combustible (inyección de orificio o inyección directa)			

### Tercera forma de realización

- 15 En la figura 9A se ilustra esquemáticamente otra forma de realización de un motor rotativo 900, que es similar en muchos aspectos al motor 500 de la figura 5A. El motor 900 incluye un árbol de transmisión 950, un rotor 910, cuya forma de realización se ilustra adicionalmente de forma esquemática en la figura 9B y en la figura 9C, y un cárter 920, así como unas cubiertas 930 y 940.

- 20 Las cubiertas 930 y 940 son similares respectivamente a las cubiertas 530 y 540 descritas anteriormente, con la excepción de que las cubiertas 930 y 940 incluyen varias aberturas pequeñas 931, 941, respectivamente, para permitir que el aire 966 fluya a través del motor 900 a lo largo de la trayectoria ilustrada mediante flechas en línea y punto. El aire 966 puede actuar para enfriar el rotor 910, de forma similar al aire de enfriamiento 566 descrito anteriormente. De forma alternativa, o adicional, el motor 900 puede utilizar algo o la totalidad del aire 966 en el proceso de combustión.

- El rotor 910 incluye una abertura de admisión de rotor 915 y una abertura de escape de rotor 915, que sirven para los mismos propósitos que las aberturas 116 y 117 en el motor 100 descrito con anterioridad, de modo que cada una permite solo un flujo unidireccional fuera o dentro del rotor 910. Dicho rotor 910 también incluye ventanas o aberturas a través de las cubiertas laterales 930, 940, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 9A. Un inyector de combustible 930 inyecta el combustible después del cierre del orificio de admisión (es decir, a presión atmosférica o por encima en la cámara de admisión). El aire o la mezcla aire/combustible entra en una o más aberturas de entrada 931, las ventanas de la cubierta frontal 930 (próximas al ventilador 985), atraviesa el rotor 920, llenando parcialmente el "espacio entre rotores" 570E (es decir, el espacio entre las nervaduras 571). Una

- parte de esta mezcla se suministrará a través del orificio de admisión 916 ubicado en el rotor 910, mientras que una segunda y, probablemente, la parte más grande de la mezcla pasará a través de la estructura nervada (por ejemplo, a través de las aberturas 570) del rotor 910 y saldrá a través de la ventana o ventanas 941 en la cubierta posterior 940 (más alejada del ventilador 985). Debido a que la mezcla contiene combustible en forma líquida, servirá como un excelente medio de enfriamiento, pero para evitar la emisión del combustible al medio ambiente, será necesario volver a capturar el combustible (por ejemplo, con un separador ciclónico, que no se muestra) y devolverlo al interior del depósito de combustible. Alternativamente, la mezcla de combustible y aire, si se expulsa en alguna ventana 941, se puede retornar por la tubería a la entrada 931 en un circuito (que no se muestra).
- Si el rotor 910 incluye aberturas adicionales 931, 941 en las cubiertas 930, 940, solo se utilizará una parte relativamente pequeña de una corriente de aire 966 para formar la mezcla de combustible/aire, lo que simplificaría el mecanismo de recuperación de combustible.
- Las nervaduras 571 pueden contribuir estructuralmente a la rigidez del rotor 910 y también pueden aumentar el área superficial para el intercambio de calor con el aire de enfriamiento 966. Se deberá observar que las nervaduras 571 pueden presentar una altura diferente (en la dirección axial). Por ejemplo, dos nervaduras (por ejemplo, la nervadura designada con la referencia 570T en la figura 9B) que discurren en la totalidad de la anchura 911 del rotor 910 definen un compartimiento, o conducto, de escape 570E mientras que todas las demás nervaduras más cortas (por ejemplo la nervadura designada con la referencia 570S en la figura 9B) hacen posible un compartimiento de admisión grande (por ejemplo, 570D en la figura 9B) o un conducto 570 para enfriar el aire (566; 966), dado que el gas puede pasar alrededor de dichas nervaduras 571S al mismo tiempo que permanece entre las cubiertas 930 y 940.
- La figura 9D ilustra esquemáticamente el flujo de aire, o el flujo combinado de aire y combustible (para aire carburado) del motor 900. El aire 966 entra a través de la cubierta frontal 960. En la figura 9D, la cubierta 960 es similar a la cubierta frontal 930, pero solo presenta una única abertura de admisión 931, y la cubierta trasera 970 es similar a la cubierta 940, pero solo presenta una única abertura de escape 941. El aire nuevo 966 pasa a través del rotor 910 (por ejemplo, a través de los conductos 570) para enfriar el rotor y sale del motor 900 a través de la abertura de escape 941. Parte del aire nuevo 966 pasa a través del compartimiento o conducto de escape, 570E, y se mezcla con los subproductos de la combustión para formar gases de escape 967 antes de salir del motor 900 a través de la abertura de escape 941.
- El motor 900 se puede configurar de modo que el aire para la combustión entre de diversas maneras. En algunas formas de realización, el aire nuevo entra a través de una abertura 570D del rotor 910 y luego pasa a través de una válvula de lámina 917 a una cámara de trabajo a través del orificio de admisión de rotor 915. Se puede proporcionar combustible a la cámara de trabajo mediante un inyector de combustible (por ejemplo, un inyector de combustible 200 o 539A o 539B) o mediante un carburador como el carburador 580, por ejemplo.
- Las formas de realización alternativas incluyen un inyector de combustible (por ejemplo, 539A) configurado para inyectar combustible en el aire 966 antes de que pase a través de la abertura 931. Parte del combustible inyectado en el aire 966 se desplazará con el aire 966 a medida que pasa a través del rotor y de la abertura de admisión 915 hacia una cámara de trabajo, y parte del combustible pasará a través del cárter 930 y se recuperará del aire, por ejemplo, por un separador ciclónico.
- La figura 10 ilustra esquemáticamente una forma de realización alternativa de un rotor 1010 y del cárter 1020. En esta forma de realización, el rotor 1010 presenta 5 lóbulos 1015 y el cárter 1020 presenta 6 regiones de recepción de lóbulo 1022. Por tanto, en esta forma de realización "N" es igual a 5 y "N + 1" es igual a 6. El cárter 1020 también tiene dos lados, 930 y 940, tal como se ha descrito en la ilustración anterior con respecto a las figuras 9A a 9D.
- El cárter 1020 incluye varias regiones de recepción de lóbulo 1022 que presentan conjuntos de válvula 1030 para la admisión de aire y el escape de subproductos de la combustión, o la entrada de fluido de trabajo (gas o líquidos) a baja presión y el escape (o expulsión) de fluidos presurizados. El área 1007 ilustra esquemáticamente un corte para mostrar los conjuntos de válvula 1030. Por tanto, dichas regiones de recepción de lóbulo 1022 forman cámaras de trabajo 1025 con los lóbulos.
- El cárter 1020 también incluye dos regiones de recepción de lóbulo 1022 que forman unas cámaras de enfriamiento 1023. Dichas regiones de recepción de lóbulo 1022 no forman cámaras de trabajo con los lóbulos. Más bien, dichas regiones de recepción de lóbulo 1022 permiten el flujo de aire de enfriamiento a través del cárter 1020 y a través de los lóbulos, y/o a través de las aberturas 1070 en los lóbulos, tal como se describe en conexión con otras formas de realización.
- El cárter 1020 también incluye una región de recepción de lóbulo 1022 que forma, junto con los lóbulos 1015 y los lados (por ejemplo, 930, 940) del cárter 1020, una cámara de compresor de aire 1040. Los lados 930, 940 no incluyen aberturas adyacentes a las regiones de recepción de lóbulo 1022 que forman la cámara de compresor de aire 1040. Para ello, dicho cárter 1020 incluye conductos de compresor de aire 1041 en comunicación fluida con la cámara de compresor de aire 1040 para conducir el aire dentro y fuera de la cámara de compresor de aire 1040.

5 El cárter 1020 también incluye una región de recepción de lóbulo 1022 que forma, junto con los lóbulos 1015 y los lados (por ejemplo, 930, 940) de dicho cárter 1020, una cámara de bomba de agua 1050. Los lados 930, 940 no incluyen aberturas adyacentes a las regiones receptoras de lóbulo 1022 que forman la cámara de bomba de agua 1050. Para ello, el cárter 1020 incluye conductos de agua (similares a los conductos de compresor 1041, pero que no resultan visibles desde la perspectiva de la figura 10) en comunicación fluida con la cámara de bomba de agua 1050 para conducir agua dentro y fuera de la cámara de la bomba de agua 1050.

10 Por tanto, esta forma de realización divulga una configuración de un cárter 1020 con respecto a un rotor 1010 configurado de manera que disponga por lo menos una cámara dedicada exclusivamente a enfriar el rotor y disponga por lo menos una cámara dedicada exclusivamente a la compresión (aire), así como disponga por lo menos una cámara dedicada exclusivamente al bombeo (líquido). Dicha forma de realización puede presentar una cualquiera o más de dichas cámaras funcionales (por ejemplo, cámara de enfriamiento, cámara de bombeo, cámara de compresión) y no precisa disponer de todas ellas. De hecho, algunas formas de realización pueden presentar cualquiera de las combinaciones anteriores.

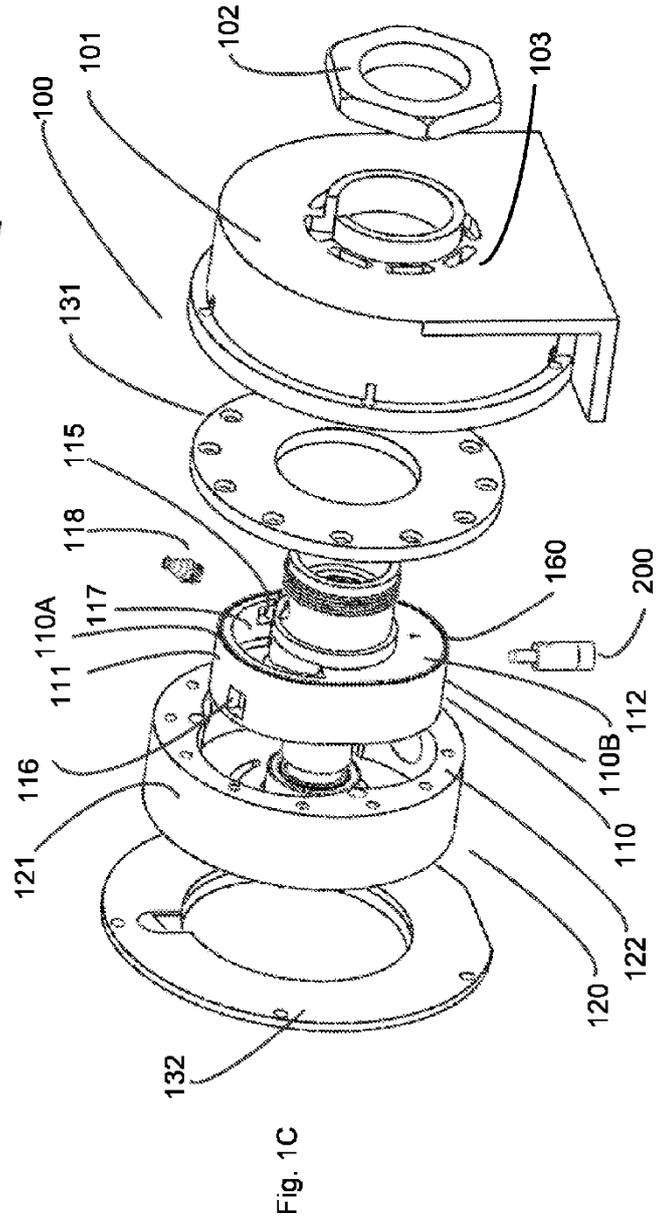
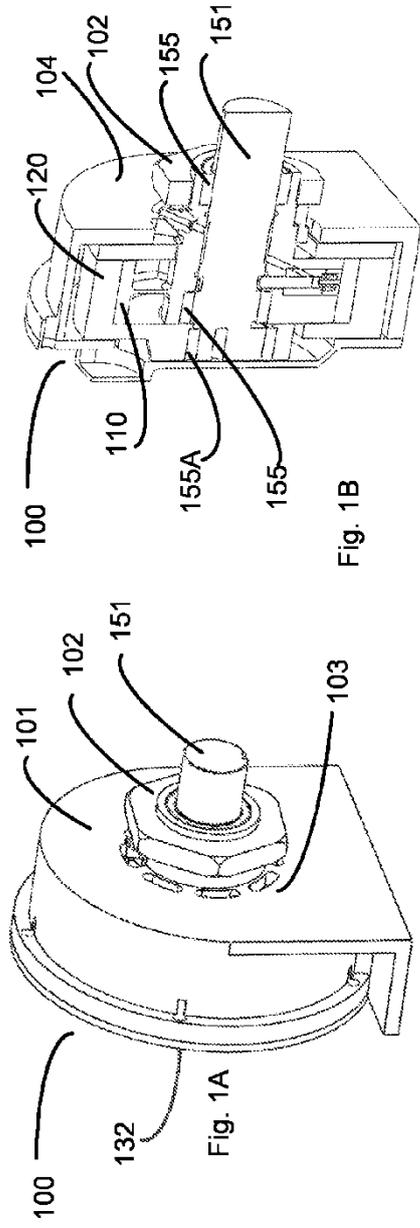
15 En cualquiera de las formas de realización anteriores, el motor (por ejemplo, 100, 500, 900) se puede configurar de manera que el volumen agregado de todas las cámaras configuradas para gestionar, en sucesión, las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape sea inferior a 500 cc.

20 Las formas de realización de la invención descritas anteriormente son meramente a título de ejemplo; para los expertos en la técnica se pondrán de manifiesto numerosas variaciones y modificaciones. La totalidad de dichas variaciones y modificaciones se encuentra dentro del alcance de la presente invención, tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones adjuntas.

25

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Motor rotativo (100) que presenta un rotor (110) de N lóbulos, un orificio de admisión (115), un orificio de escape (116) y un cárter (120) con respecto al cual está montado el rotor para un movimiento de giro con relación al cárter, presentando el cárter unas regiones de recepción de N + 1 lóbulos configuradas para recibir sucesivamente los lóbulos (510A, 510B) a medida que el rotor gira con respecto al cárter, presentando el cárter (i) un par de lados dispuestos axialmente en el primer y segundo lados del rotor y (ii) un pico (525, 526, 527) dispuesto entre cada par de regiones de recepción de lóbulo adyacente, y, en el que el cárter se configura adicionalmente con respecto al rotor de manera que establezca una cámara (521, 522, 523 ) asociada con cada una de las regiones de recepción de lóbulo, configurándose por lo menos una de las cámaras (521, 522) de manera que gestione, de forma sucesiva, las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape, caracterizado por: la configuración del cárter en relación con el rotor de modo que se establezca por lo menos una cámara (523) dedicada exclusivamente a una función seleccionada de entre el grupo que consiste en enfriamiento, compresión, bombeo y cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.
- 15 2. Motor según la reivindicación 1, en el que la función es el enfriamiento y la cámara dedicada es una cámara de enfriamiento.
- 20 3. Motor según la reivindicación 2, en el que la cámara de enfriamiento está configurada para recibir un flujo de un medio de enfriamiento a su través que también entra en contacto con el rotor, de modo que enfríe el rotor.
4. Motor según la reivindicación 3, en el que la cámara de enfriamiento está configurada para recibir un flujo axial del medio de enfriamiento a su través.
- 25 5. Motor según la reivindicación 3, en el que el rotor incluye por lo menos un canal (419) a su través para recibir el flujo del medio de enfriamiento.
6. Motor según la reivindicación 5, en el que la cámara de enfriamiento está configurada para recibir un flujo axial del medio de enfriamiento a su través y el por lo menos un canal del rotor está dispuesto axialmente.
- 30 7. Motor según la reivindicación 6, en el que el rotor presenta una pluralidad de canales axiales separados entre sí por medio de unas nervaduras (571).
8. Motor según la reivindicación 7, en el que las nervaduras están en ángulo, de modo que sirven como palas de ventilador para bombear el medio de enfriamiento a través de la cámara de enfriamiento.
- 35 9. Motor según la reivindicación 7, en el que el medio de enfriamiento es aire y un volumen agregado de todas las cámaras configuradas para la gestión, de forma sucesiva, de las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape es inferior a 500 cc.
- 40 10. Motor según la reivindicación 1, en el que las cámaras están configuradas de modo que el volumen de la cámara al final de la fase de expansión sea mayor que el volumen de la cámara al comienzo de la fase de compresión.
- 45 11. Motor según la reivindicación 1, en el que las cámaras están configuradas de modo que la presión de la cámara al final de la fase de expansión sea de aproximadamente 1 atmósfera.
12. Motor según la reivindicación 1 y que comprende además unos contrapesos (582) dispuestos en el interior del rotor pero acoplados a un árbol de transmisión de modo que giren con el árbol de transmisión y contraequilibren el rotor.
- 50 13. Motor según la reivindicación 1, en el que una pluralidad de las cámaras (521,522) se configuran para la gestión, de forma sucesiva, de las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape, comprendiendo el motor:
- 55 una única fuente de combustible (580) configurada para suministrar combustible a por lo menos dos de entre la pluralidad de cámaras.
- 60 14. Motor según la reivindicación 13, que comprende además un cartucho (411) acoplable extraíble que contiene uno de entre un combustible, una mezcla de combustible y aceite y una mezcla de combustible y aditivos de combustible, en comunicación con la única fuente de combustible.
- 65 15. Motor según la reivindicación 13, en el que la única fuente de combustible incluye un carburador (580) acoplado a un conducto dispuesto en un pico a través del cual se suministra una mezcla de aire y combustible a dos cámaras adyacentes.



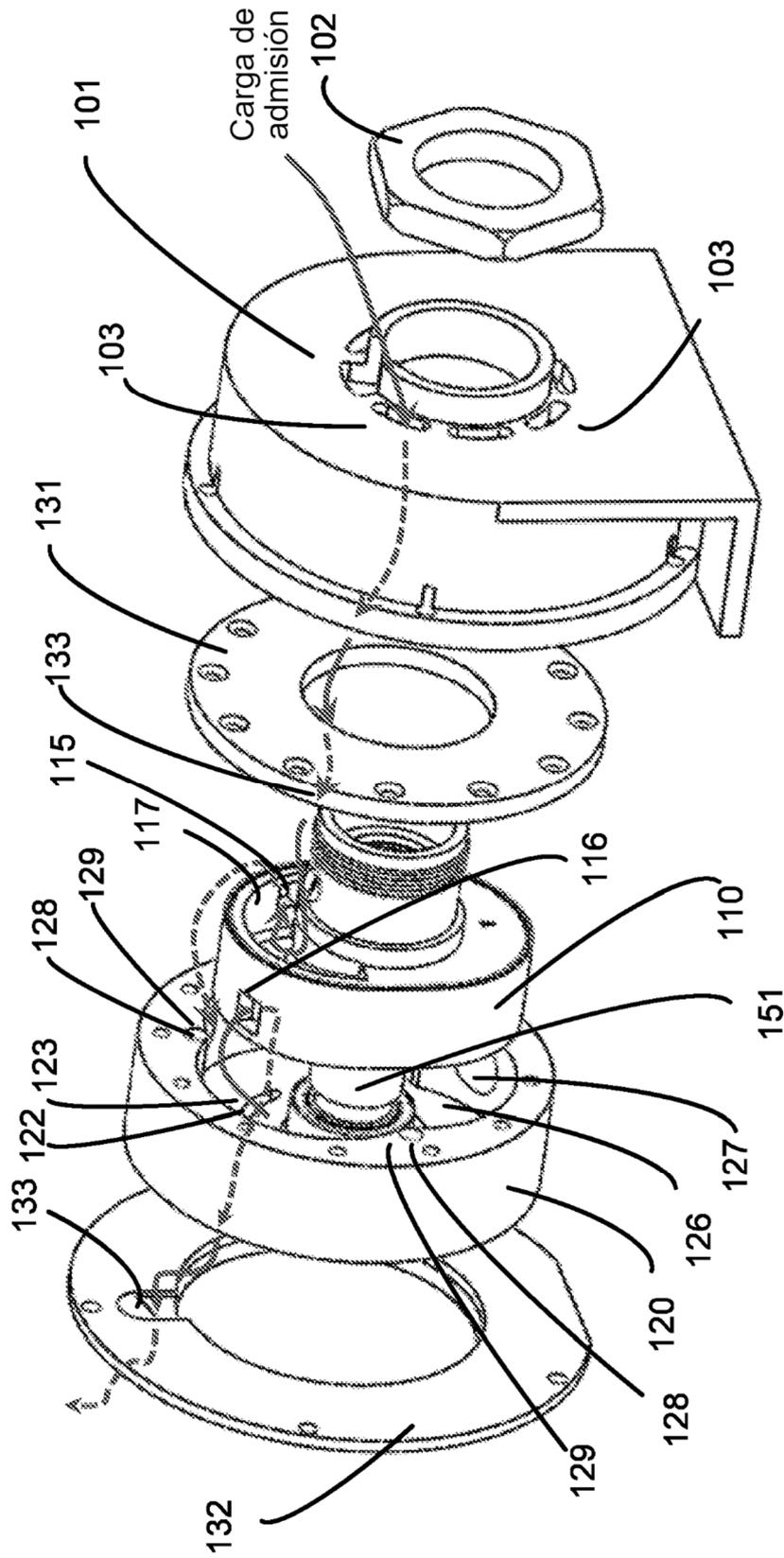


Fig. 1D

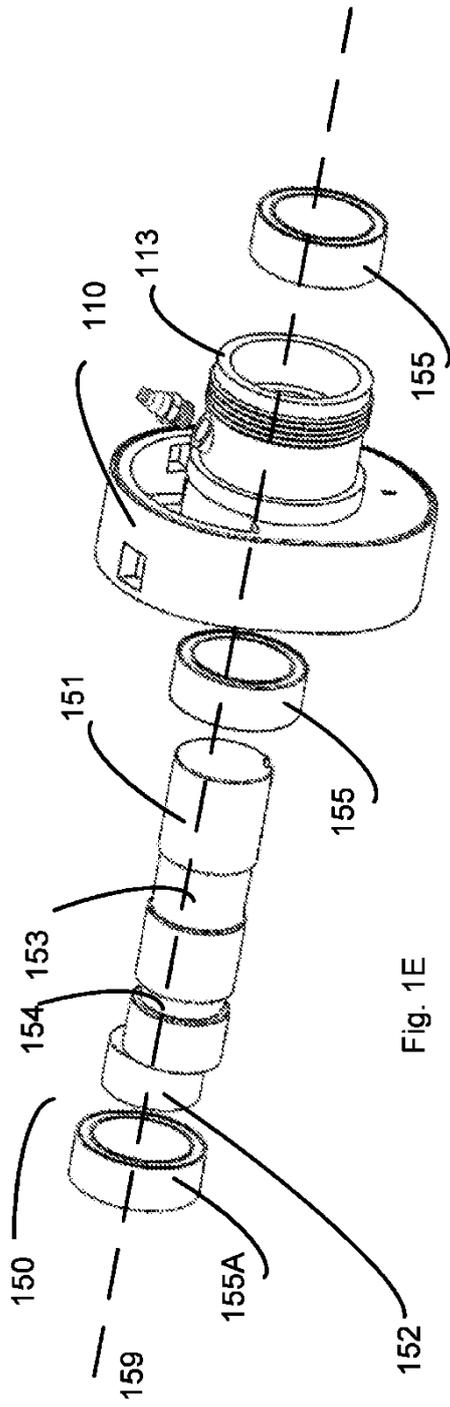


Fig. 1E

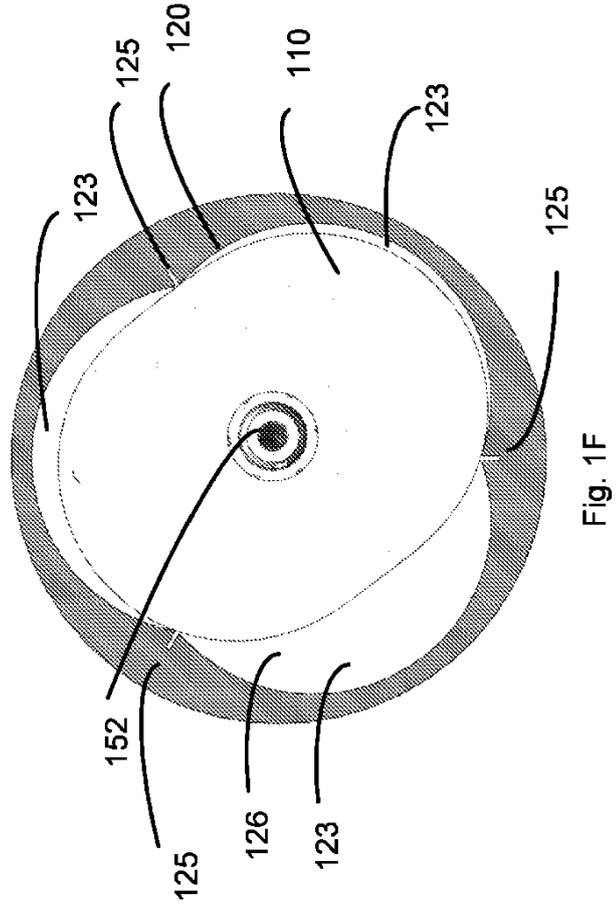


Fig. 1F

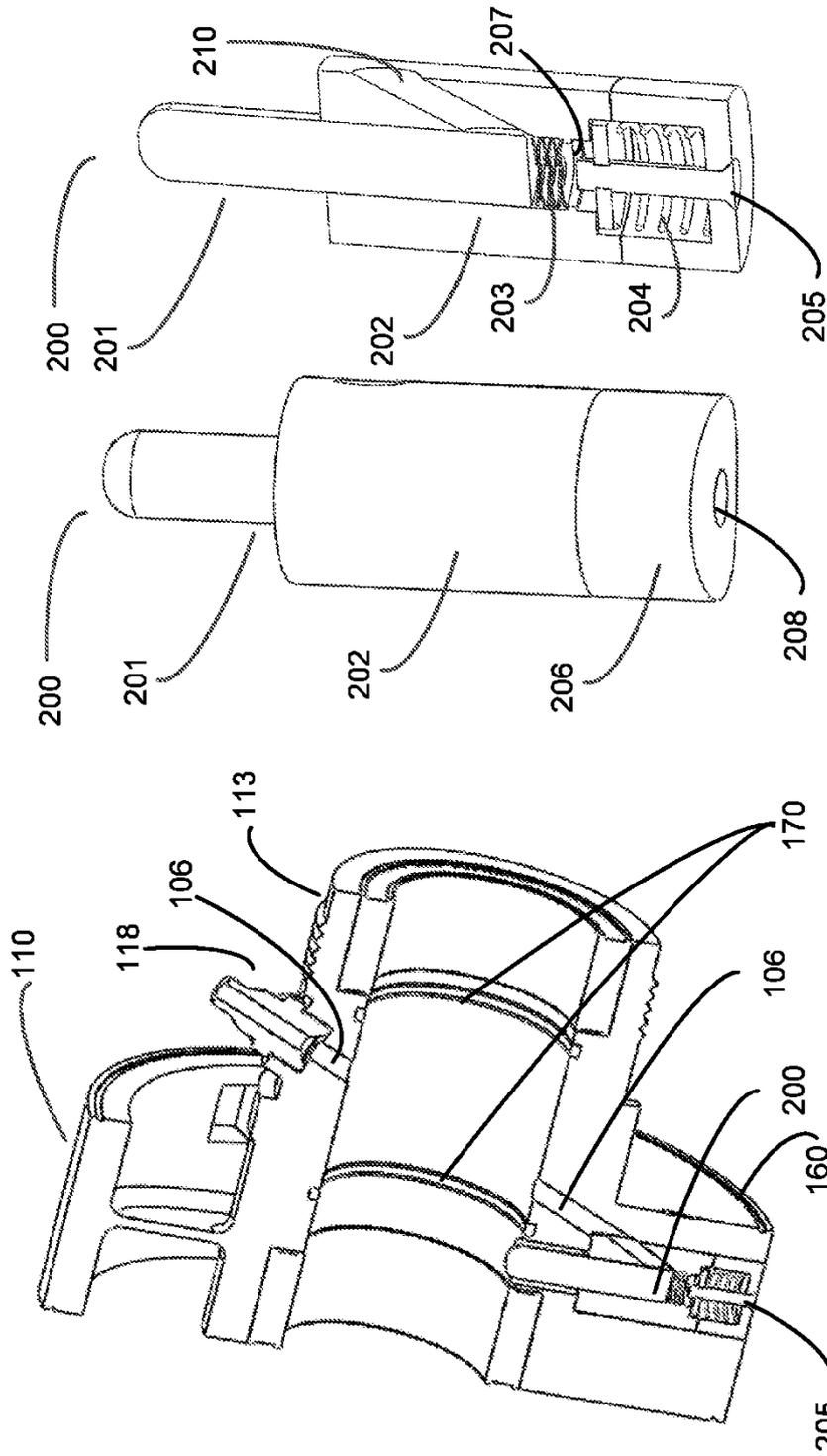


Fig. 2B

Fig. 2A

Fig. 1G

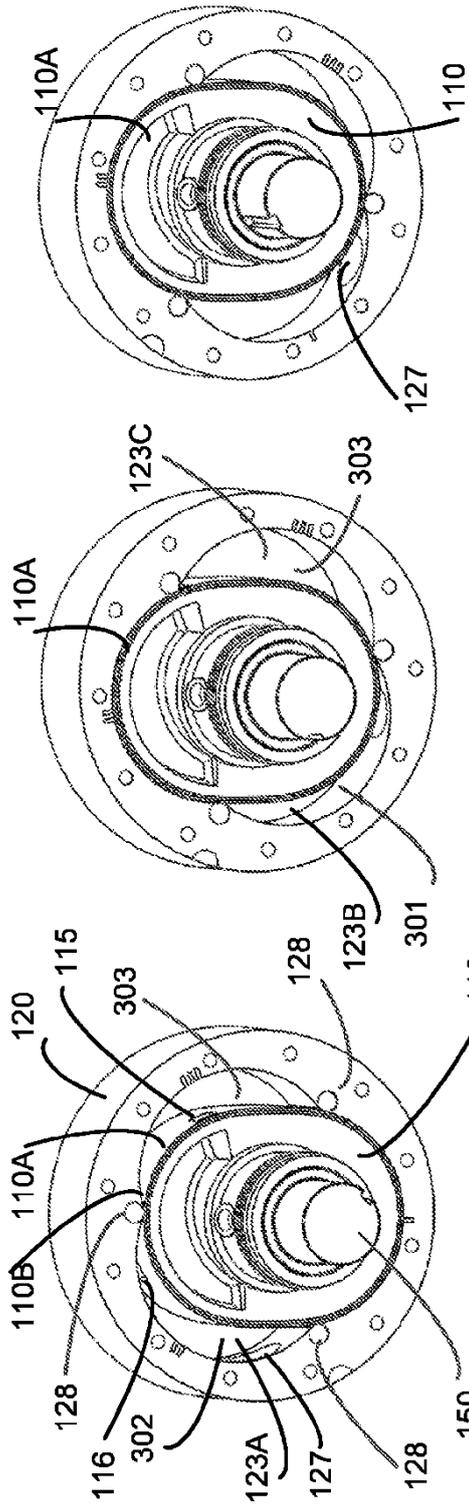


Fig. 3A

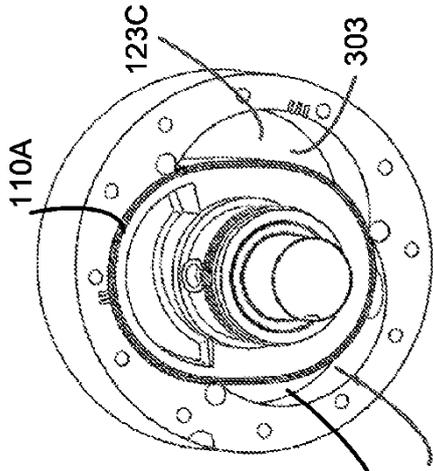


Fig. 3B

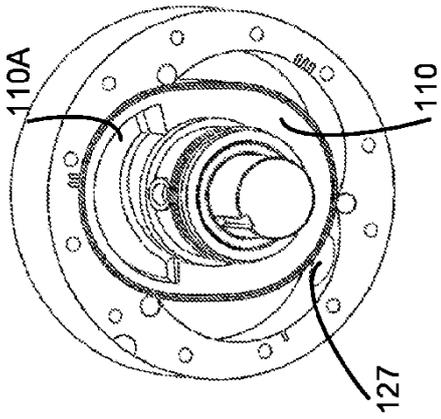


Fig. 3C

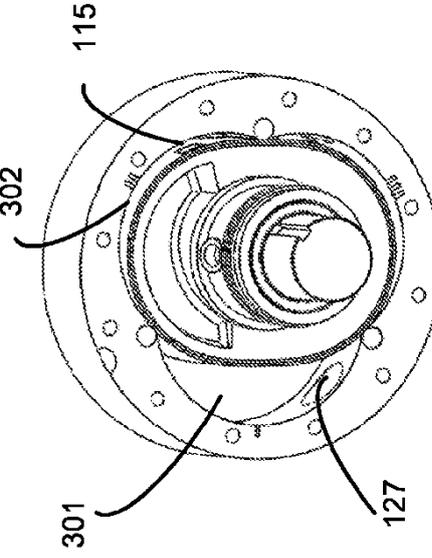


Fig. 3D

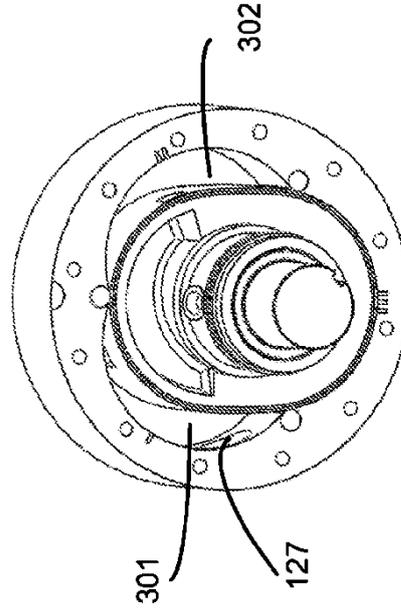
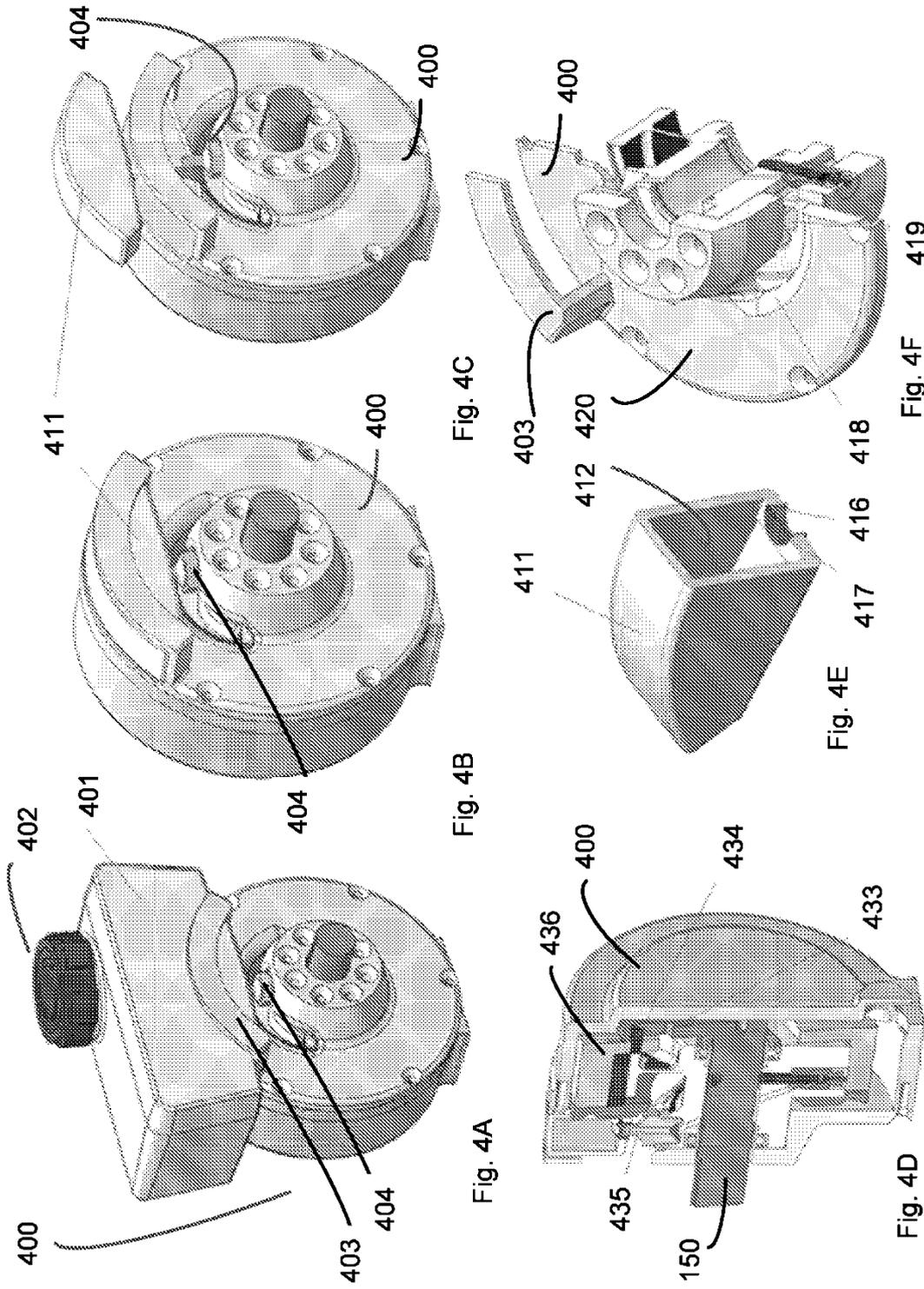


Fig. 3E





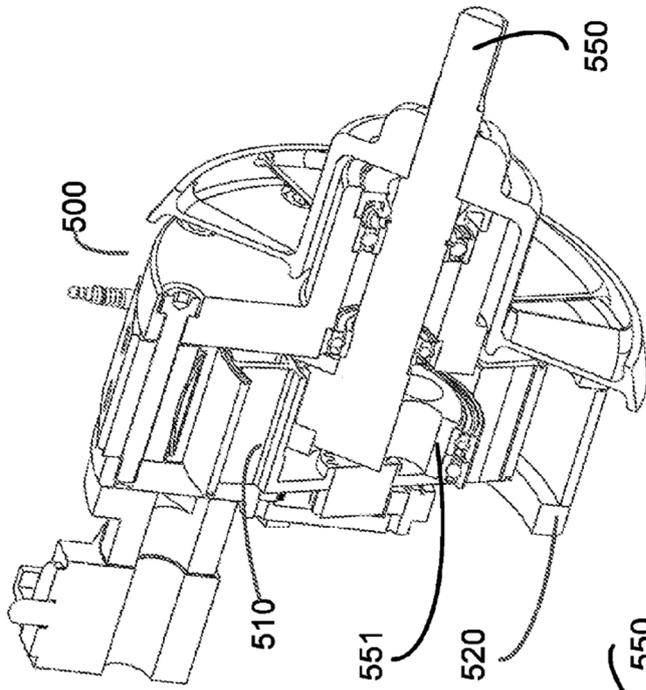


Fig. 5C

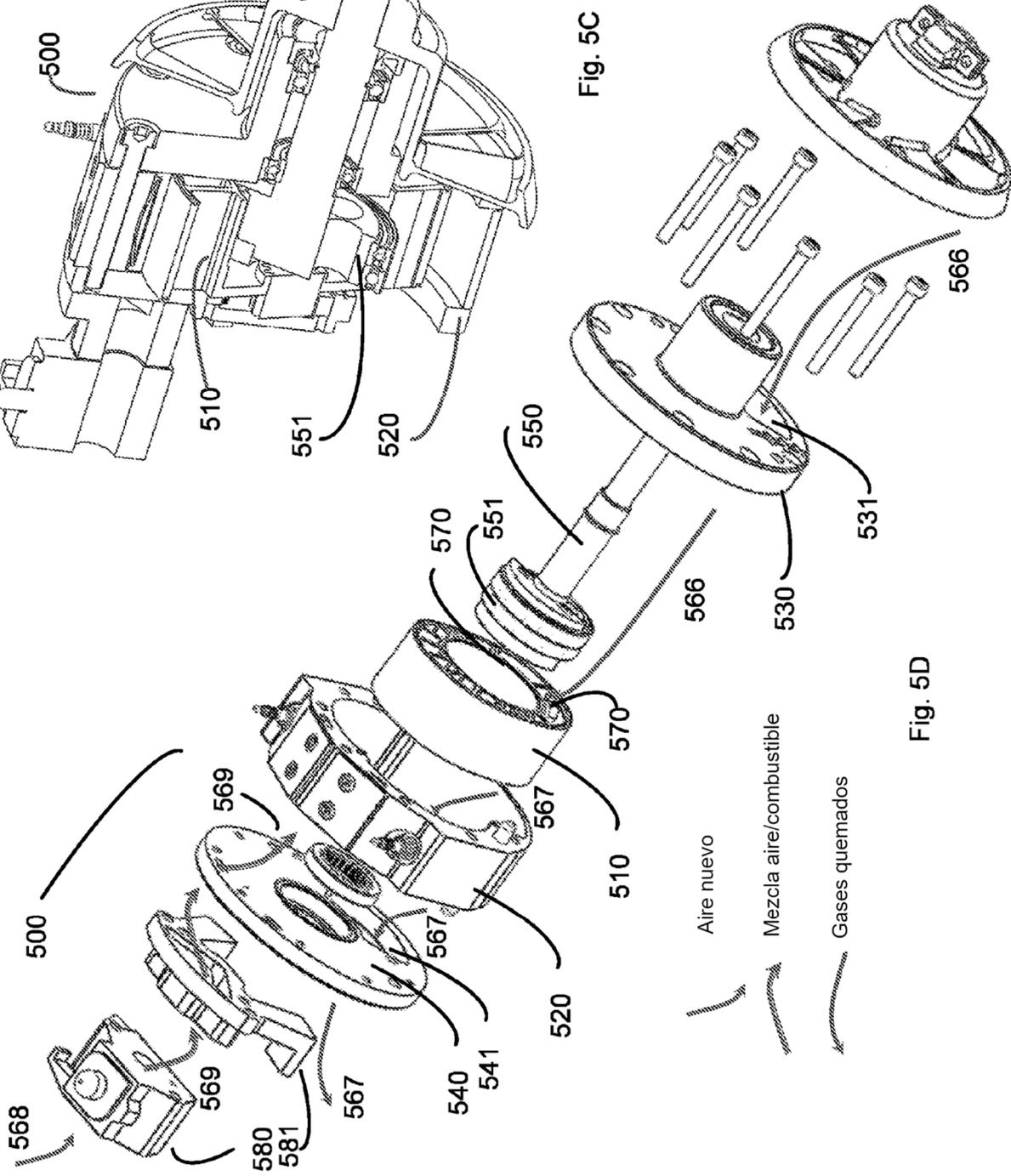


Fig. 5D

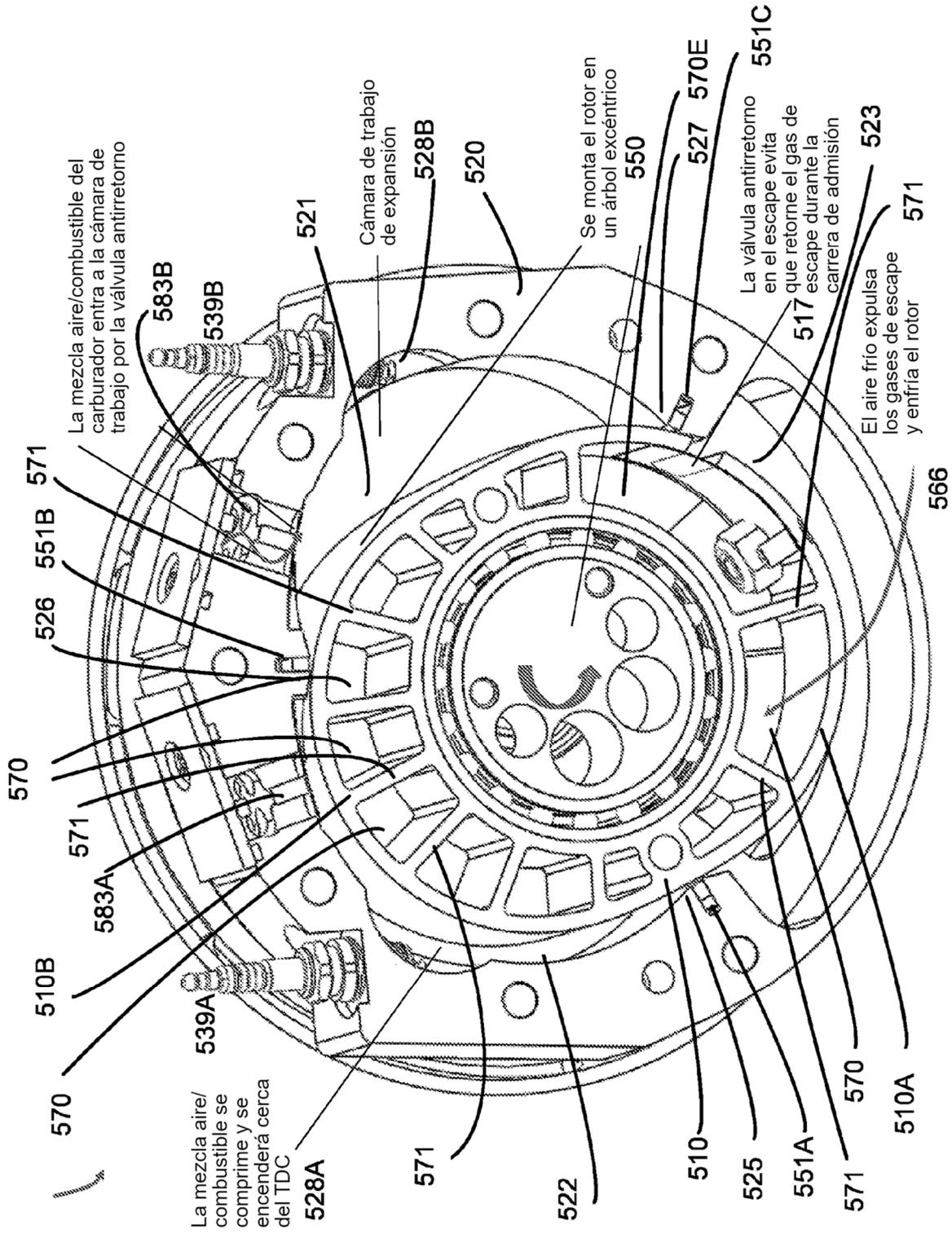


Fig. 5E

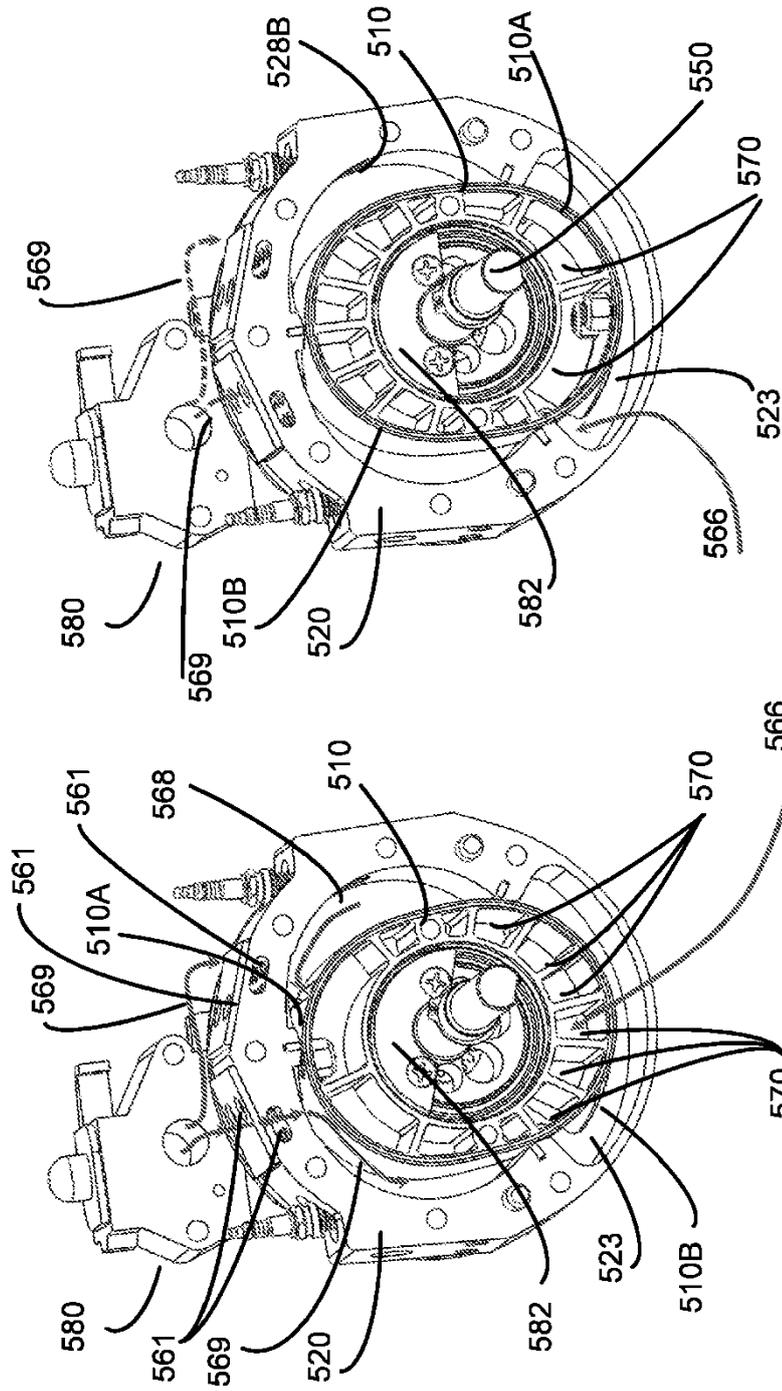


Fig. 5G

Fig. 5F

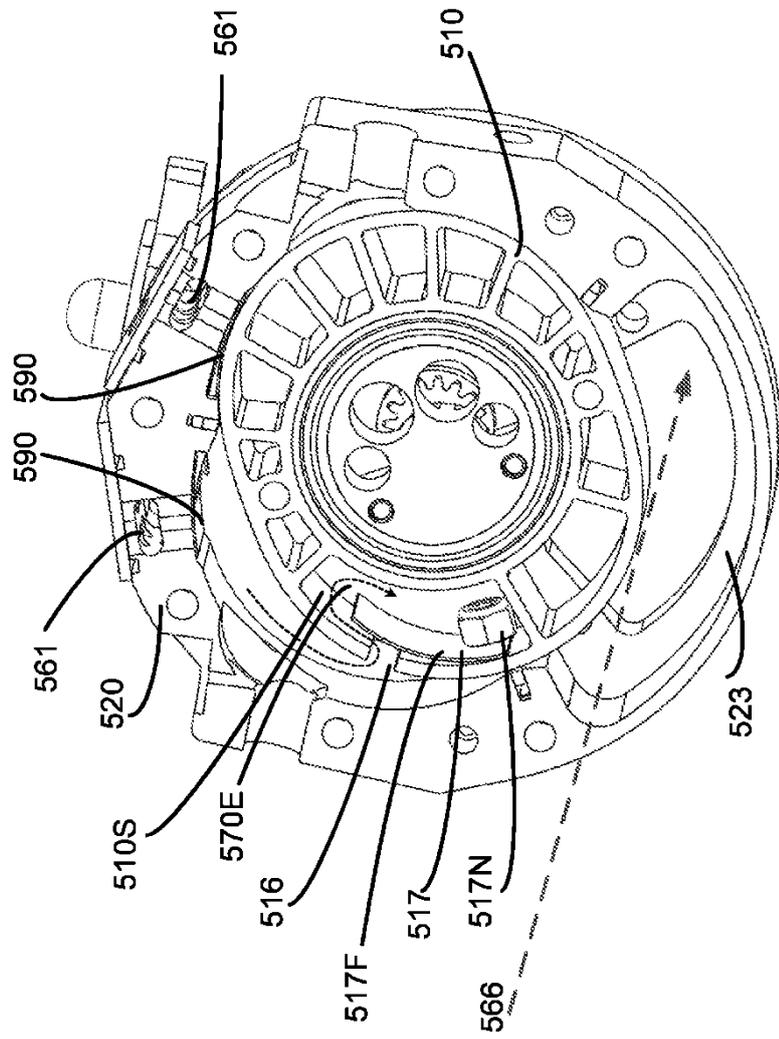
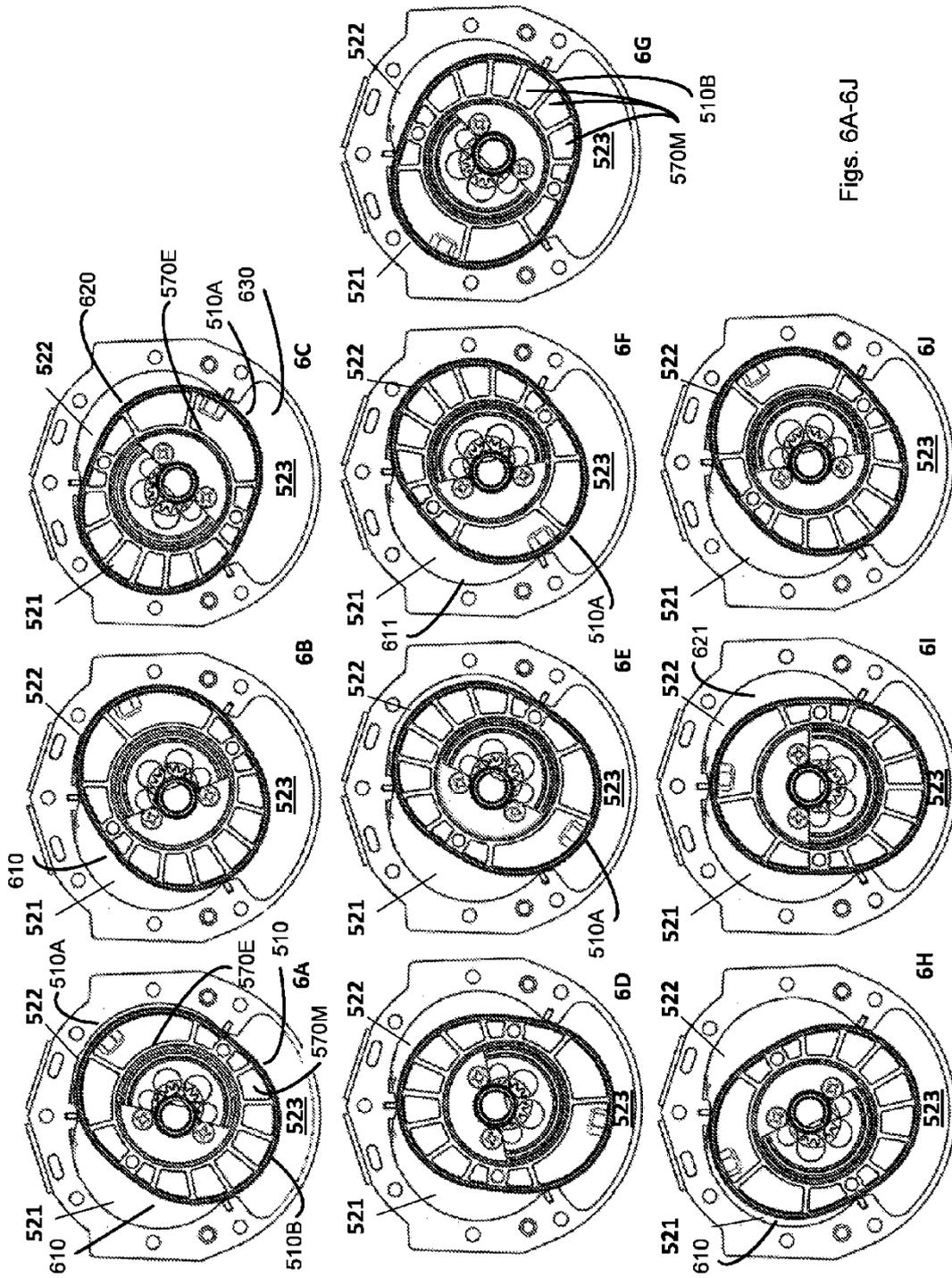


Fig. 5H



Figs. 6A-6J

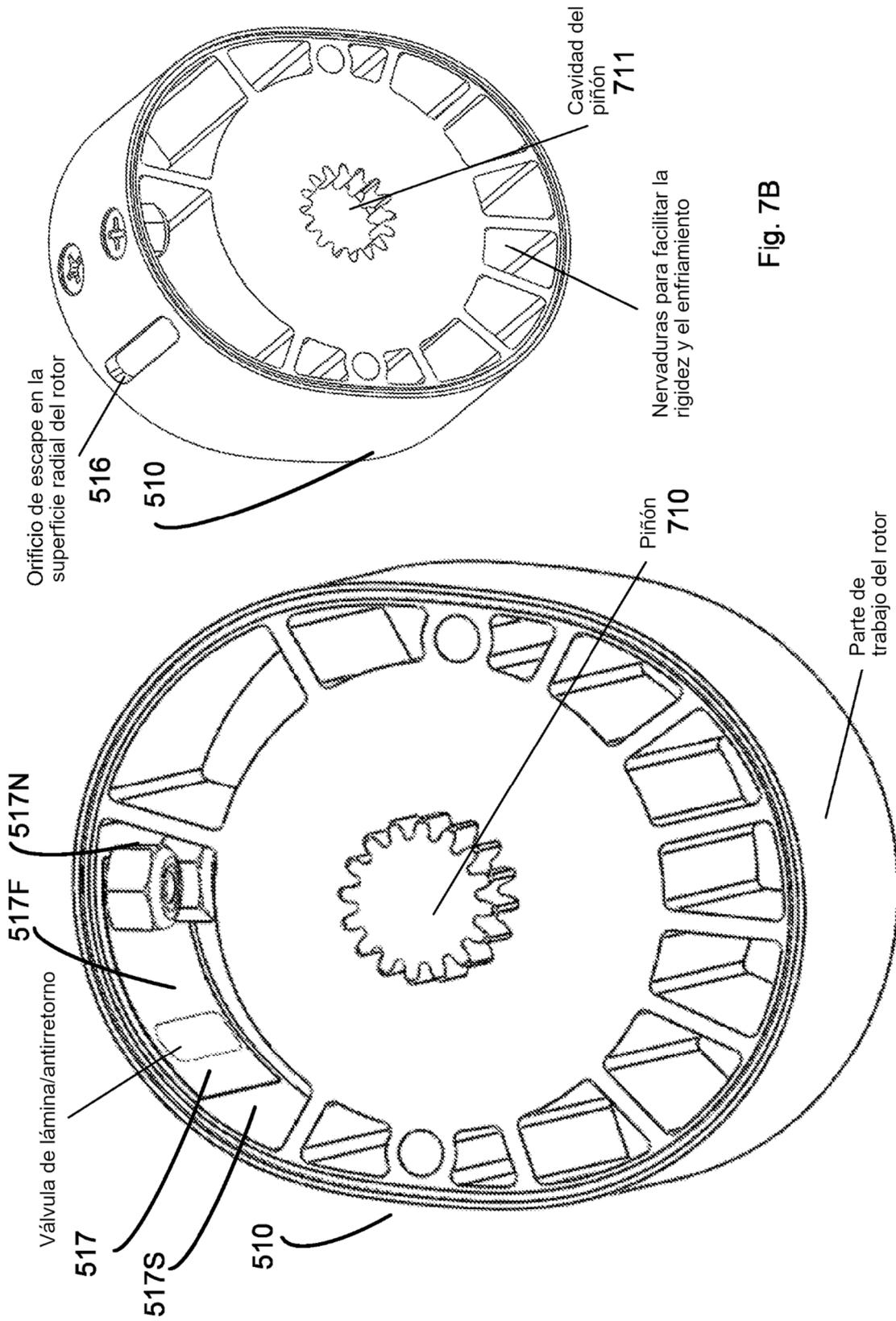


Fig. 7A

Fig. 7B

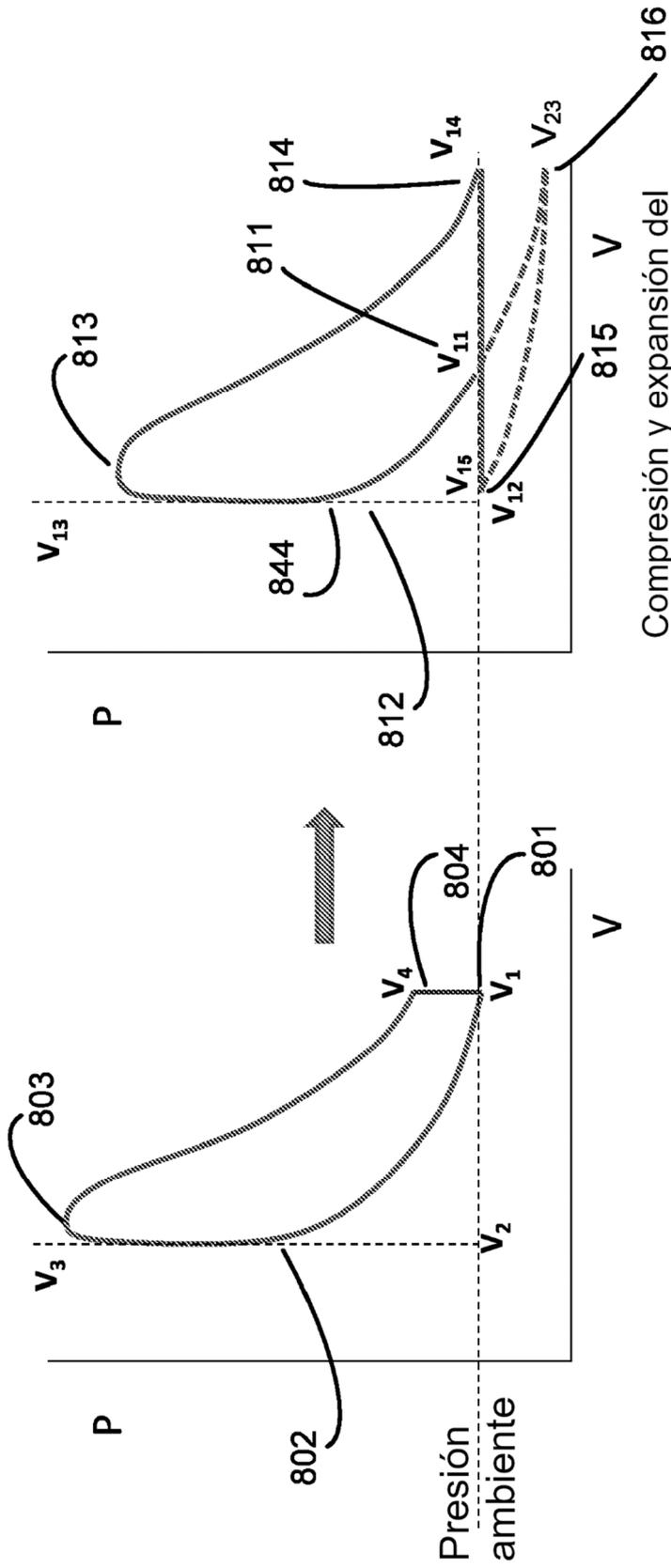


Fig. 8B

Fig. 8A

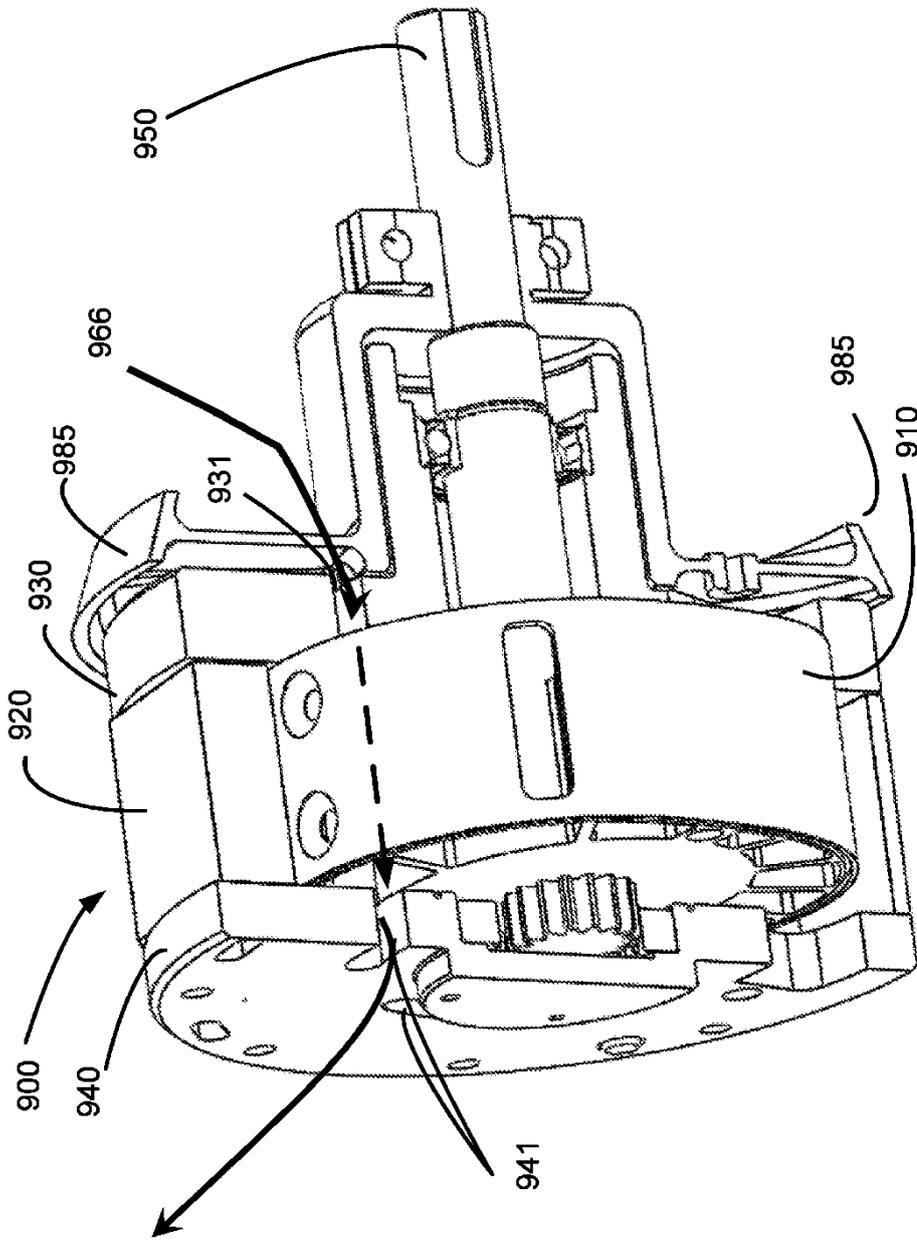
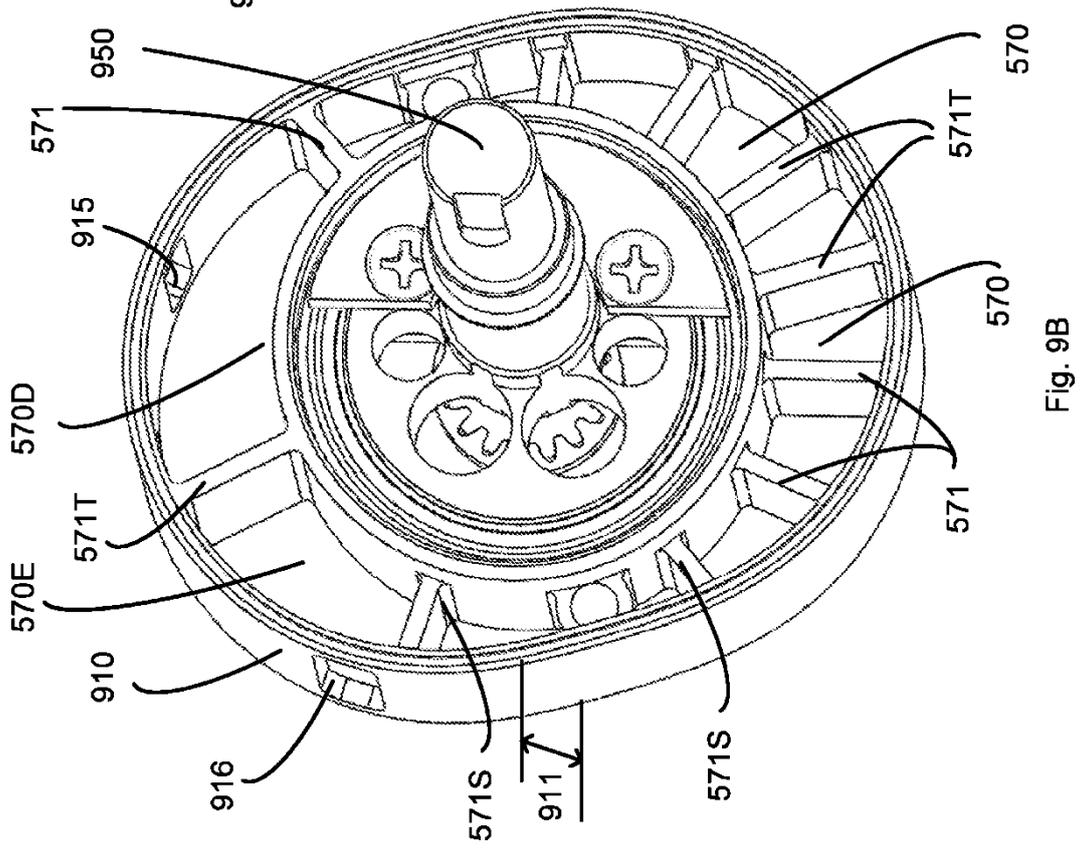
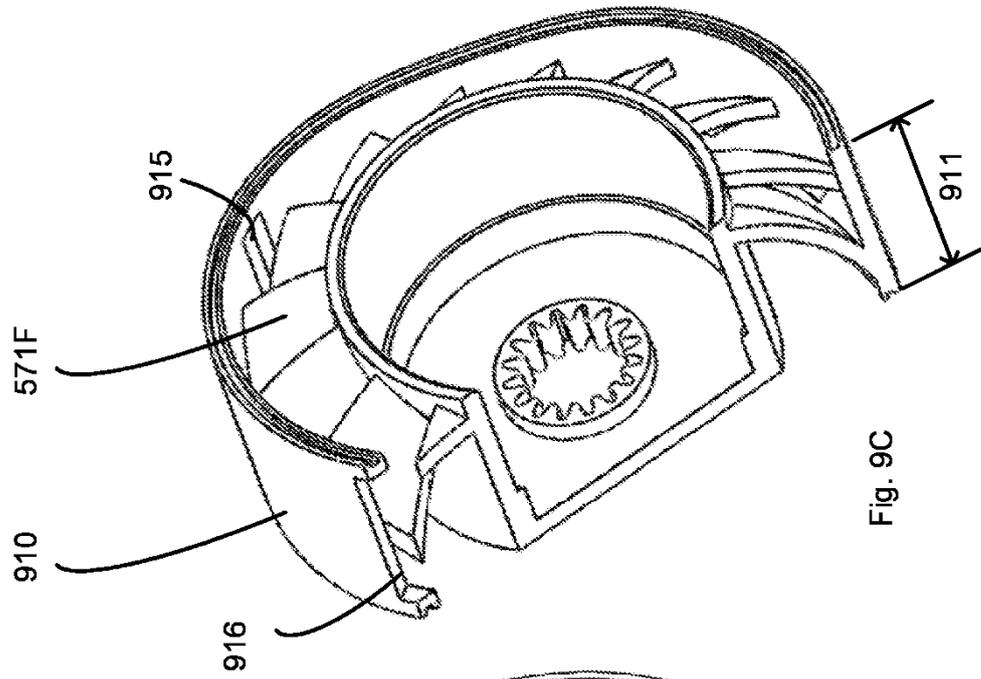


Fig. 9A



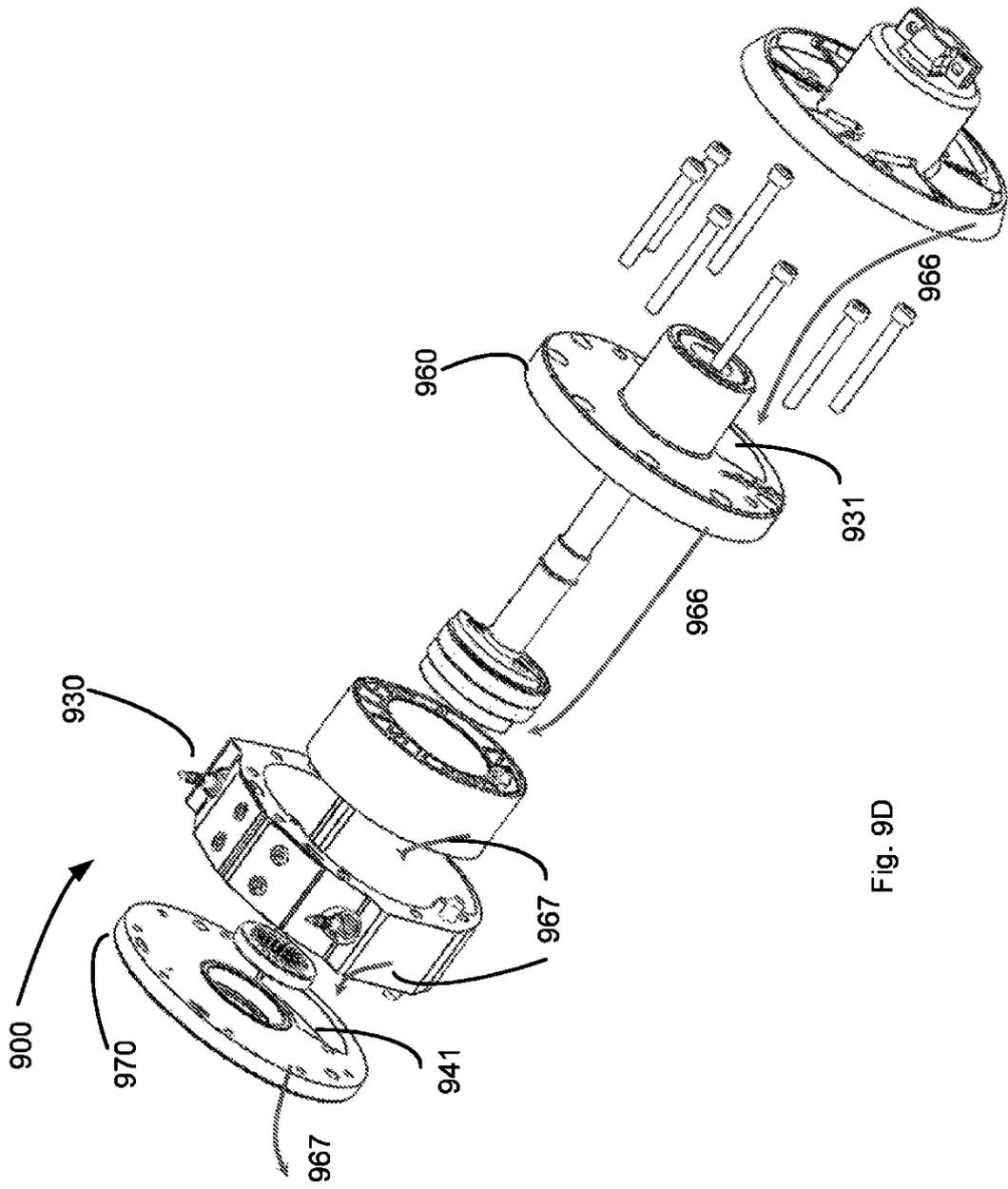


Fig. 9D

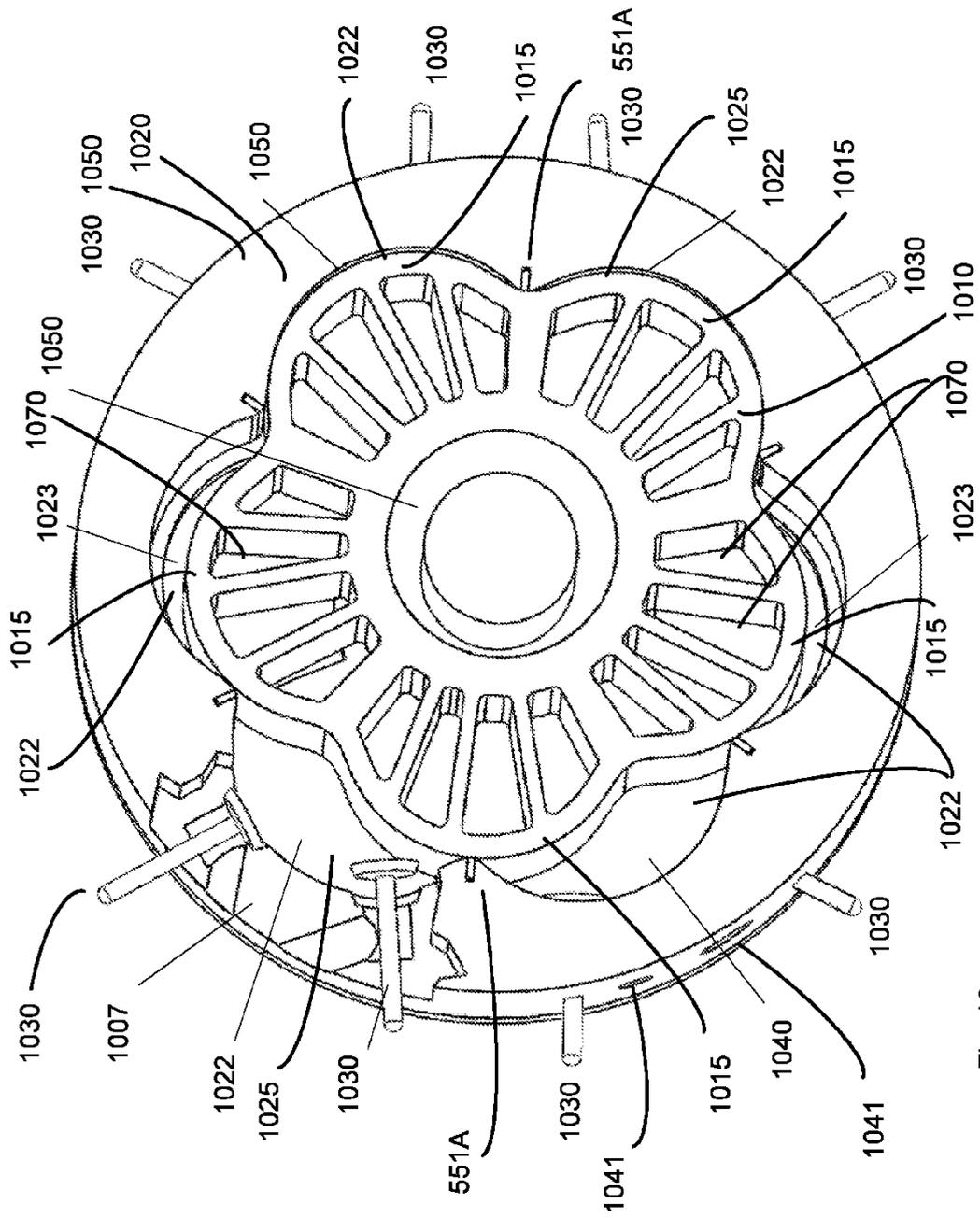


Fig. 10