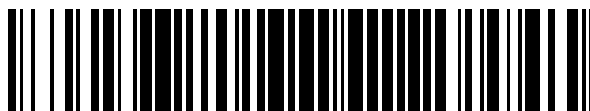


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 590 777**

51 Int. Cl.:

F01C 19/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2012** **PCT/US2012/031324**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012** **WO12135556**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2012** **E 12713554 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016** **EP 2691607**

54 Título: **Motor de rotor cicloide**

30 Prioridad:

29.03.2011 US 201161469009 P

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

23.11.2016

73 Titular/es:

**LIQUIDPISTON, INC. (100.0%)
1292 Blue Hills Avenue
Bloomfield, CT 06002, US**

72 Inventor/es:

**SHKOLNIK, NIKOLAY y
SHKOLNIK, ALEXANDER, C.**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 590 777 T3

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

DESCRIPCIÓN

Motor de rotor cicloide.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a motores y más particularmente a motores rotativos.

10 **Antecedentes técnicos**

Los motores rotativos han prometido altos rendimientos, altas densidades de potencia y bajas contrapartidas, los cuales han atraído a numerosos ingenieros y esfuerzos a este ámbito. Entre las muchas grandes configuraciones existentes en la técnica anterior, una de las más simples y más prometedoras se basa en el concepto de gerotor. Con referencia a las figuras 1(a) - 1(d), que describen la técnica anterior, y más específicamente a la figura 1(a), un gerotor incluye un rotor exterior montado de forma giratoria en el interior de la cavidad alojamiento (el alojamiento no representado) y que tiene un perfil de engranajes hembra y un rotor interior con un perfil de engranajes macho. En el transcurso de su funcionamiento, ambos rotores exterior e interior giran en el interior del alojamiento, formando una pluralidad de sucesivas cámaras de volumen variable. Estas cámaras pueden ser utilizadas para ejecutar compresión o expansión de gas en compresores/motores neumáticos/motores o el movimiento de líquidos en bombas/motores hidráulicos. Una configuración alternativa es la de un rotor exterior que es estacionario mientras el rotor interior se balancea, accionado por un árbol excéntrico. Las cámaras de volumen variable formadas de ese modo se comportan de forma similar a la primera configuración. Las pérdidas por fricción asociadas a estos diseños se pueden reducir mediante la utilización de un diseño de un gerotor de rodillo - álabe representado en la figura 1(b). En lugar de un contacto directo entre los rotores exterior e interior, se incorporan rodillos para formar las cámaras del desplazamiento. En todos estos diseños se utiliza un rotor exterior no sólo para formar las cámaras sino también para guiar el rotor interior.

Disponiendo de muy pocas piezas que se mueven no es sorprendente que este diseño simple haya atraído la atención de muchos que han intentado diseñar un motor rotativo alrededor del mismo. El principal problema que se puede encontrar en todos los motores rotativos, sin embargo, es la dificultad en cerrar herméticamente el fluido de trabajo durante las carreras de compresión, combustión y expansión de los motores. Aunque teóricamente la mayoría de los motores parecen factibles sobre el papel, puesto que encierran completamente el fluido de trabajo sin la utilización de juntas, en la práctica, cuando se tienen en cuenta las tolerancias de mecanización y la dilatación térmica y también cuando las piezas empiezan a desgastarse el cierre hermético del fluido de trabajo no es posible sin juntas. La versión más famosa de un motor a base de gerotor y la única utilizada en producción es el motor Wankel, en el cual el rotor de tres lóbulos se mueve en el interior de un alojamiento de 2 lóbulos, como se representa en la figura 1©. Este motor tuvo relativamente éxito por dos razones principales. Primera, el rotor exterior no se utilizaba para guiar el rotor interior, sino que en cambio un par de engranajes se utilizaba para sincronizar el movimiento y el giro del rotor interior con el movimiento del árbol excéntrico. Segunda, el intersticio entre el rotor interior y el rotor exterior, el cual está previsto para permitir tolerancias de fabricación, dilatación térmica y desgaste se cerró herméticamente mediante un trabajo de trama de juntas, que puede ser conocida como una "trama Wankel", que consiste en juntas frontales colocadas en una parte plana del rotor y juntas de vértice colocadas en el interior de cada vértice del rotor y también "botones" que conectan ambos tipos de juntas; todas estas juntas se colocan en el rotor y por lo tanto se moverán con el rotor. Junto con el propio rotor y el alojamiento, en teoría estas juntas encierran completamente el fluido de trabajo. Otra vez, en la práctica, existen todavía intersticios entre las juntas o las juntas y el rotor y las juntas y el alojamiento, pero éstos son relativamente pequeños y manejables y permiten que el motor funcione. Habiendo dicho esto, es muy conocido que estos motores tienen un rendimiento relativamente bajo y altas emisiones y no son adecuados para un modo de funcionamiento de encendido por compresión debido a:

1. Grado de fuga relativamente alto, a pesar de la trama de juntas. Por ejemplo, el rebote de las juntas del vértice de movimiento rápido, así como los orificios en el motor para acomodar la(s) bujía(s), contribuyen a las fugas.
2. Grandes desplazamientos de la juntas.
3. Altas pérdidas térmicas causadas por la muy alta relación de la superficie con respecto al volumen de la cámara de combustión en el momento de la compresión más alta.
4. Relación de compresión baja que se puede conseguir geométricamente.
5. Necesidad de medir el aceite en el interior de la cámara de trabajo para lubricar las juntas del vértice, las cuales no pueden obtener lubricación por ningún otro medio y la existencia de lumbreras a través de los cuales este aceite se escapa, causando problemas de emisión.

Teóricamente los motores de gerotor con un rotor exterior estacionario tienen sólo una pieza principal que se mueve,

el rotor. Este rotor, que se mueve en el interior de un alojamiento, forma cavidades de geometría variable que se contraen y se expanden en el transcurso de un giro del rotor. El cierre hermético se consigue mediante una línea de contacto teórica entre el rotor y el alojamiento; un contacto de este tipo ocurre por lo menos en dos sitios. En general, los gerotores están diseñados para tener un contacto deslizante muy pequeño entre el rotor y el alojamiento, aunque se han realizado intentos de implantar "rodadura sin deslizamiento", véase la patente americana US 7.520.738 de Katz como un ejemplo de un esfuerzo de este tipo. Otro ejemplo se describe en la patente americana US 5.373.819 de Rene Linder, la cual utiliza rodillos conjuntamente con una excéntrica para guiar un rotor en el interior del alojamiento. Todavía otro ejemplo se describe en la patente rusa RU 2078221 C1 de Veselovsky, la cual utiliza juntas en el interior de un alojamiento. En la práctica, como se ha expuesto antes, las tolerancias de fabricación y la dilatación térmica causan que los diseñadores dejen un intersticio relativamente grande entre el rotor y el alojamiento o el rotor y los rodillos. Si el alojamiento y el rotor son inflexibles o si los rodillos no se pueden acomodar a la dilatación térmica o a la carga previa debida a la tolerancia de mecanización, el cierre hermético no se puede conseguir. Por lo tanto, no tiene sentido hablar de contacto puramente rodante entre el rotor y el alojamiento. Este intersticio se tiene que cerrar de un modo u otro mediante la junta para permitir un motor que pueda trabajar.

El documento US 3.452.723 divulga un motor de pistón giratorio que tiene por lo menos un par de pistones epitrocoides con un número par de lóbulos en cada pistón y con unos pasos de entrada y de salida que conducen desde los lados circunferenciales de lóbulos alternos para sostener las caras extremas del respectivo pistón. El documento US 3.452.723 muestra juntas que están muy hacia dentro de la periferia del rotor y esta ubicación no conduce a cerrar herméticamente una cámara de trabajo.

El documento US 3.872.838 divulga un motor que tiene una disposición de pistón de tipo giratorio en su interior montada para el giro en un alojamiento, estando previstos pasos para guiar el gas en dicho pistón o alojamiento, estando previstos medios de cierre hermético en dicho alojamiento o en dicho pistón, aunque no juntas frontales, alargándose los pasos que guían el gas en su forma transversalmente con respecto a la dirección del movimiento del pistón y teniendo por lo menos una superficie de soporte formada para los medios de cierre hermético, estando dirigida la superficie de apoyo en la dirección del movimiento del pistón.

El documento US 4.047.856 revela una unidad de potencia de vapor de expansión giratoria unidireccional la cual está libre de disposiciones de válvulas exteriores y de mecanismos de arranque independientes. El fluido de potencia es suministrado a través de un rotor hueco y es conducido a las cámaras de trabajo y escapa de las mismas mediante pasos estratégicamente colocados en las paredes de un alojamiento, bajo el control de medios de junta transportados por el rotor. El documento US 4.047.856 no tiene pasos en el rotor y tiene juntas y lumbreras dispuestas de un modo que las juntas pasan por encima de las lumbreras en cada revolución del rotor.

El documento US 3.754.534 revela un motor giratorio del tipo Wankel que tiene una bujía que coopera con una pluralidad de electrodos dispuestos en serie para proporcionar una pluralidad de chispas en cada una de una pluralidad de cámaras de trabajo de volumen variable para el encendido del combustible. El documento US 3.754.534 no tiene pasos en el rotor y por lo tanto no proporciona una solución al problema del cierre hermético al que se dirige la presente invención.

Sumario de las formas de realización

En una primera forma de realización de la invención se proporciona un motor mejorado del tipo que incluye un rotor cicloidal que tiene N lóbulos y un alojamiento que tiene un conjunto correspondiente de N+1 zonas de recepción de los lóbulos para recibir sucesivamente los lóbulos a medida que el rotor gira alrededor de un eje con relación al alojamiento, presentando el alojamiento (i) un par de lados axialmente dispuestos en lados primero y segundo del rotor, y (ii) un vértice dispuesto entre cada par de zonas adyacentes de recepción de los lóbulos, y (iii) una lumbrera de admisión y una lumbrera de escape, en el que la mejora está definida por: una pluralidad de juntas de vértice, por lo menos una de la pluralidad de juntas de vértice dispuesta en cada vértice y configurada para mantener el contacto con el rotor a lo largo de un período de giro del rotor, cada junta estando radialmente solicitada contra el rotor durante el giro del rotor, teniendo en cuenta la geometría cicloidal del rotor y las partes de recepción de los lóbulos; un primer paso definido en el rotor para comunicar cíclicamente la lumbrera de admisión y una cámara de trabajo, la cámara de trabajo definida como un volumen que descansa entre dos juntas de vértice, el alojamiento y el rotor; un segundo paso, distinto del primer paso, definido en el rotor para comunicar cíclicamente entre la lumbrera de escape y la cámara de trabajo; una primera junta frontal dispuesta entre el primer lado y el rotor; una segunda junta frontal dispuesta entre el segundo lado y el rotor; en la que los pasos y las juntas están configurados para causar que cada junta mantenga el contacto con el rotor y uno de los lados a través de todas las posiciones angulares del rotor mientras evita la comunicación con cualquiera de las lumbreras.

En otra forma de realización, cada junta de vértice tiene una zona de contacto con el rotor y la zona de contacto está curvada con un radio de curvatura igual al radio de curvatura de un rodillo teórico, rodillo teórico que está singularmente definido por la geometría del rotor y la geometría de las zonas de recepción de los lóbulos.

En otra forma de realización, el rotor tiene una primera cara axial, una segunda cara axial paralela a la primera cara

axial y una superficie radial entre la primera cara axial y la segunda cara axial y normal a la primera cara axial y a la segunda cara axial y en el que la primera cara axial y la cara radial definen un primer borde del rotor y la segunda cara axial y la cara radial definen un segundo borde del rotor y en el que la primera junta frontal está dispuesta en el primer borde del rotor.

5 En una forma de realización adicional, la segunda junta frontal está dispuesta en el segundo borde del rotor.

10 En otra forma de realización, el rotor tiene una primera cara axial, una segunda cara axial paralela a la primera cara axial y una superficie radial entre, y normal a, la primera cara axial y a la segunda cara axial y en el que la primera cara axial y la cara radial definen un primer borde del rotor y en el que la primera junta frontal está dispuesta en la primera cara axial desplazada del primer borde del rotor, de modo que define una primera zona de rellano anular en la primera cara axial entre el primer borde y la primera junta frontal, comprendiendo adicionalmente el motor una junta de botón dispuesta de modo que está en contacto con el rotor y la primera junta frontal en la primera zona de rellano anular.

15 En otra forma de realización, en un primer ángulo del rotor en el interior del alojamiento la cámara de trabajo forma una cámara de compresión que tiene un volumen máximo de la cámara de compresión y en un segundo ángulo del rotor en el interior del alojamiento la cámara de trabajo forma una cámara de expansión que tiene un volumen máximo de la cámara de expansión, siendo el volumen máximo de la cámara de expansión mayor que o igual a 1,0 veces el volumen máximo de la cámara de compresión.

20 En otra forma de realización, el volumen máximo de la cámara de expansión es por lo menos 3 veces el volumen máximo de la cámara de compresión.

25 Otra forma de realización adicionalmente incluye una pluralidad de canales de lubricante en por lo menos uno de los lados, cada uno de la pluralidad de canales de lubricante dispuesto de modo que suministre lubricante a una correspondiente de la pluralidad de juntas de vértice.

30 Otra forma de realización adicionalmente incluye un canal de lubricante en por lo menos uno de los lados, el canal de lubricante dispuesto de modo que suministre continuamente lubricante a una correspondiente de las juntas frontales.

35 En otra forma de realización hay un motor mejorado del tipo que incluye un rotor que tiene N lóbulos y un alojamiento que tiene un conjunto correspondiente de $N + 1$ zonas de recepción de los lóbulos para recibir sucesivamente los lóbulos a medida que el rotor gira alrededor de su eje y orbita alrededor de un eje con relación al alojamiento, presentando el alojamiento (i) un par de lados axialmente dispuestos en lados primero y segundo del rotor y (ii) un vértice dispuesto entre cada par de zonas adyacentes de recepción de los lóbulos y (iii) una lumbrera de admisión y una lumbrera de escape, en el que la mejora incluye: un primer paso definido en el rotor para comunicar cíclicamente la lumbrera de admisión y una cámara de trabajo definida como un volumen que descansa entre dos juntas de vértice, el alojamiento y el rotor; un segundo paso, distinto del primer paso, definido en el rotor para comunicar cíclicamente la lumbrera de escape y la cámara de trabajo; una trama de juntas que comprende una pluralidad de juntas de vértice, por lo menos una de la pluralidad de juntas de vértice dispuesta en cada vértice y configurada para mantener el contacto con el rotor, estando solicitada radialmente una junta de este tipo contra el rotor; y una de entre: una junta frontal dispuesta en el rotor y configurada para mantener el contacto con los lados del alojamiento. estando axialmente solicitada la junta de este tipo contra el lado del alojamiento, en donde en el transcurso del giro dicha junta del lado no cruza la lumbrera de admisión o de escape, y $2 \times (N + 1)$ juntas de botón, una para cada lado de cada vértice, dispuestas en el interior del lado del alojamiento, axialmente solicitadas hacia el rotor y configuradas para mantener el contacto con la junta de vértice y la junta lateral, y una junta frontal dispuesta en el rotor y configurada para mantener el contacto con los lados del alojamiento y una parte achaflanada del rotor, estando axialmente solicitada la junta de este tipo contra el lado del alojamiento; en el que las lumbreras, los pasos y la junta frontal están configurados para causar que dicha junta mantenga el contacto con el rotor y uno de los lados a través de todas las posiciones angulares del rotor mientras se evita que dicha junta cruce cualquiera de las lumbreras.

55 En otra forma de realización, la junta frontal es una junta de alambre.

En otra forma de realización, la junta frontal está dispuesta en un borde del rotor, borde que está definido por la intersección de una cara axial del rotor con una cara radial del rotor.

60 En otra forma de realización, el perfil de la junta frontal está generado como una curva cicloidal en la cual el radio del rodillo teórico utilizado para generar la curva cicloidal es el radio del botón en la junta de botón.

65 En otra forma de realización, el rotor es de una geometría cicloidal definida por un conjunto de $N + 1$ rodillos teóricos y cada junta de vértice tiene una zona de contacto con el rotor y la zona de contacto está curvada con un radio de curvatura que se aproxima al radio de curvatura del rodillo teórico que la junta de vértice sustituye.

Otra forma de realización incluye un alojamiento que tiene una cavidad de trabajo y una cámara de combustión en comunicación de fluido con la cavidad de trabajo; un pistón dispuesto en el alojamiento y configurado para entrar de forma controlada en el interior de la cámara de combustión y retirarse de ésta; un rotor montado de forma giratoria en el interior de la cavidad de trabajo, de modo que se forma una cámara de trabajo de volumen variable con el alojamiento, en diferentes ángulos de giro del rotor en el interior de la cavidad de trabajo; y un controlador sincronizado con el ángulo de giro del rotor para causar de forma controlada que el pistón entre en el interior de la cámara de combustión y se retire de ésta, de modo que cause que el volumen combinado de la cámara de trabajo y la cámara de combustión sea constante sobre una gama de ángulos de giro del rotor.

Otra forma de realización incluye un alojamiento que tiene una cavidad de trabajo; un árbol, presentando el árbol una parte excéntrica; un rotor que tiene una primera cara axial y una segunda cara axial opuesta a la primera cara axial, el rotor dispuesto en la parte excéntrica y en el interior de la cavidad de trabajo, comprendiendo el rotor una primera leva en la primera cara axial, presentando la primera leva una excentricidad que corresponde con la excentricidad de la parte excéntrica del árbol; y una cubierta integral con el alojamiento, o unida de forma fija a éste, comprendiendo la cubierta una pluralidad de rodillos, cada rodillo acoplado con la leva, en el que la leva guía el giro del rotor a medida que el rotor gira en el interior de la cavidad de trabajo y orbita alrededor del árbol.

Otra forma de realización incluye una segunda leva en la segunda cara axial del rotor.

Breve descripción de los dibujos

Las características anteriores de las formas de realización se comprenderán más fácilmente mediante la referencia a la siguiente descripción detallada, tomada con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- las figuras 1(a) - 1(d) ilustran esquemáticamente motores giratorios de la técnica anterior que utilizan gerotores;
- las figuras 2(a) - 2(c) ilustran esquemáticamente una forma de realización de una forma de realización de un motor de rotor cicloide;
- la figura 3 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un motor de rotor cicloide en diversos puntos en la ejecución de un ciclo del motor;
- las figuras 4(a) - 4(d) ilustran esquemáticamente geometrías de formación de los componentes de un motor cicloidal;
- la figura 5 ilustra esquemáticamente diversos componentes de una forma de realización de un motor de rotor cicloide;
- la figura 6 ilustra esquemáticamente un conjunto de rotor de una forma de realización de un rotor cicloide;
- las figuras 7(a) - 7(d) ilustran esquemáticamente la interacción entre formas de realización de alojamientos del motor y pasos de admisión y de escape en un rotor;
- las figuras 8(a) - 8(b) ilustran esquemáticamente formas de realización de una trama de juntas, junto con una forma de realización de un pistón de la cámara de combustión;
- la figura 9 ilustra esquemáticamente la posición de una junta frontal con respecto a las lumbreras de admisión en una variedad de ángulos del rotor;
- las figuras 10(a) y 10(b) ilustran esquemáticamente formas de realización de una junta frontal;
- las figuras 11(a) - 11(c) ilustran esquemáticamente formas de realización de una junta frontal;
- las figuras 12(a) - 12(g) ilustran esquemáticamente formas de realización de componentes de una trama de cierre hermético;
- las figuras 13(a) - 13(g) ilustran esquemáticamente formas de realización de una junta frontal;
- la figura 14 ilustra esquemáticamente una forma de realización de una junta frontal;
- las figuras 15(a) - 15(c) ilustran esquemáticamente formas de realización de componentes de una trama de cierre hermético;
- las figuras 16(a) - 16(d) ilustran esquemáticamente formas de realización de componentes de una trama de cierre hermético;

la figura 17 ilustra esquemáticamente una forma de realización de una junta de vértice;

la figura 18 ilustra esquemáticamente una forma de realización de una junta de vértice;

las figuras 19(a) - 19(b) ilustran esquemáticamente una forma de realización de una junta de vértice;

las figuras 20(a) - 20(c) ilustran esquemáticamente formas de realización de una junta de vértice;

la figura 21 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un alojamiento de un motor de gerotor y un rotor;

las figuras 22(a) - 22(c) ilustran esquemáticamente una forma de realización de un motor de gerotor;

la figura 23 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

la figura 24 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

la figura 25 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

la figura 26 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

la figura 27 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

la figura 28 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

las figuras 29(a) - 29(b) ilustran esquemáticamente formas de realización de un rotor para un motor giratorio;

las figuras 30(a) - 30(c) ilustran esquemáticamente una forma de realización de un motor giratorio;

la figura 31 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un rotor para un motor giratorio;

las figuras 32(a) - 32(f) ilustran esquemáticamente posiciones del rotor durante la ejecución de un ciclo del motor.

Descripción detallada de formas de realización específicas

Diversas formas de realización proporcionan motores giratorios mejorados que funcionan a un rendimiento más alto, con inferiores emisiones de escape, que los motores tradicionales de pistón o giratorios. Estas características permiten un rendimiento mejorado del combustible y también producen motores más respetuosos con el medio ambiente que los motores giratorios tradicionales, tales como el motor giratorio Wankel, por ejemplo, como ha sido utilizado durante décadas por la corporación Mazda.

A diferencia de los motores de combustión interna anteriores, las formas de realización ilustrativas utilizan un rotor cicloide (o cicloidal) que gira en el interior de un alojamiento fijo.

Como se utiliza en esta descripción y en las reivindicaciones adjuntas, los siguientes términos deben tener los significados indicados, a menos que el contexto lo requiera de otro modo:

Cicloidal: el término "cicloidal" se refiere a la geometría de un rotor en algunas formas de realización de un motor giratorio. El rotor (el cual puede ser descrito como un "disco cicloide") tiene un número Z_1 de lóbulos. La geometría del rotor se genera sobre la base de Z_2 rodillos teóricos, en donde $Z_2 = Z_1 + 1$ y los rodillos teóricos tienen un radio R_r y están colocados a una distancia R alejados de un punto central.

El perfil del rotor (disco cicloide) puede ser generado matemáticamente utilizando ecuaciones derivadas de Shin y Kwon [véase Shin, J. H., y Kwon, S. M., 2006, "On the Lobe Profile Design in a Cycloid Reducer Using Instant Velocity Center" Mech. Mach. Theory, 41, pp. 596-616]:

$$\begin{aligned} C_x &= R \cos \phi - R_r \cos(\phi + \psi) - e \cos((Z_1 + 1)\phi) \\ C_y &= -R \sin \phi + R_r \sin(\phi + \psi) + e \sin((Z_1 + 1)\phi) \end{aligned} \quad (1)$$

En donde ϕ es el ángulo del árbol de entrada y ψ es el ángulo de contacto entre el lóbulo cicloide y el rodillo calculado como:

$$\phi = \tan^{-1} \left[\frac{\sin(Z_1 \phi)}{\cos(Z_1 \phi) - \frac{R}{e(Z_1 + 1)}} \right] \quad (2)$$

Un motor giratorio o incluso un compresor giratorio puede estar construido utilizando esta geometría para cualquier Z_1 desde 1 hasta infinito. Por ejemplo, diversas formas de realización descritas más adelante tienen rotores en los cuales $Z_1 = 2$ y $Z_2 = 3$, entendiendo que también se puede utilizar cualquier Z_1 y que la aplicación no está limitada a motores sino que también se puede aplicar a compresores, bombas y motores hidráulicos o neumáticos.

Volumen máximo de una cámara de compresión: el volumen máximo de una cámara de compresión es el volumen de la cámara de compresión (la cual es una cámara de trabajo en aquella fase del ciclo del motor en la que el medio de trabajo en el interior de la cámara de trabajo está fresco, por ejemplo, aire, y está siendo comprimido antes de la combustión) en el punto en el ciclo del motor en el que la cámara primero está desconectada del entorno fuera del motor. Por ejemplo, en el motor 200, el volumen máximo de la cámara de compresión es el volumen de aquella cámara justo después de que el paso de admisión haya sido eclipsado de modo que ya no exista un paso de fluido desde la cámara de compresión hasta el entorno fuera del alojamiento del motor.

Volumen máximo de la cámara de expansión: el volumen máximo de una cámara de expansión es el volumen de una cámara de expansión (la cual es una cámara de trabajo en aquella fase de un ciclo de motor en la que el medio de trabajo en el interior de la cámara de trabajo ha sido quemado y está realizando trabajo sobre el rotor) en el último punto en el ciclo del motor antes de que la cámara sea expuesta al entorno fuera del motor. Por ejemplo, en el motor 200, el volumen máximo de la cámara de expansión es el volumen de aquella cámara justo antes de que el paso de escape deje de estar eclipsado, de modo que permanezca, en ese último momento, sin paso de fluido desde la cámara de escape al entorno fuera del alojamiento del motor.

Ángulo, o ángulo de giro. Un rotor de motor está configurado de modo que puede girar y orbitar en el interior del motor. En algunas formas de realización, un rotor orbita en el eje del motor definido por su árbol de entrada/salida, accionado por el árbol excéntrico y con la velocidad angular del árbol, mientras al mismo tiempo el rotor gira alrededor de su propio eje a alguna velocidad angular del árbol y en sentido opuesto por medios de sincronización, definidos más adelante en este documento. En diversas posiciones, el rotor forma diversas cámaras de trabajo y acopla lumbreras de admisión y de escape, etc. Las referencias al ángulo de un rotor, o al ángulo de un giro del rotor, son referencias a la posición del rotor en el interior del alojamiento. Por ejemplo, en la figura 3(f), si la posición del rotor se considera que es 0 grados, entonces la posición del rotor en la figura 3© estará desplazada 60 grados en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Medio de trabajo: el término "medio de trabajo" se refiere a un gas en el interior de un motor y puede incluir, por ejemplo, aire que pasa al interior de una cámara de admisión, aire que es comprimido en el interior de una cámara de compresión, gas en el interior de una cámara de combustión y gas en el interior de una cámara de expansión. Un medio de trabajo puede contener combustible (por ejemplo, gasolina o combustible diésel), o puede incluir los subproductos de la combustión.

Excentricidad: la distancia entre el centro de giro de un árbol y el centro geométrico de una excéntrica circular fijada al árbol.

Visión de conjunto de una forma de realización ilustrativa de un motor

La figura 2(a) ilustra esquemáticamente una forma de realización de un motor giratorio cicloide 200, la figura 2(b) ilustra esquemáticamente el motor giratorio cicloide 200 en una vista explosionada y la figura 2(c) ilustra esquemáticamente el motor giratorio cicloide 200 en una vista en corte. El motor 200 incluye un alojamiento 201 que tiene un cuerpo 201A (el cual puede ser conocido como un "cuerpo circunferencial") que tiene una abertura 201B, una cubierta de admisión 201C y una cubierta de escape 201D. En algunas formas de realización, la cubierta de admisión 201C y/o la cubierta de escape 201D son una parte integral del cuerpo 201A, y forman una superficie plana axialmente desplazada con respecto al rotor 202 y encarada con éste. Por tanto, la cubierta de admisión 201C y/o la cubierta de escape 201D pueden ser referidas simplemente como una parte plana del alojamiento 201. El cuerpo 201A, la cubierta de admisión 201C y la cubierta de escape 201D soportan una relación espacial fija unos con respecto a los otros y juntos definen una cavidad para el alojamiento del motor cicloide 202.

Además del alojamiento 201, las figuras 2(a) y 2(b) incluyen una serie de otros elementos del motor 200. Un ventilador opcional 203 proporciona flujo de aire al motor 200 con el objetivo de refrigeración y/o puede suministrar una carga de aire fresco para utilizarla en la ejecución de un ciclo del motor. Si no se utiliza un ventilador, una carga de aire fresco podrá ser suministrada mediante la acción de inducción del rotor que, en el transcurso de su giro crea un vacío durante ciertas partes del ciclo. Una bomba de aceite opcional 204 proporciona aceite a los componentes interiores del motor como se describe adicionalmente más adelante. El motor 200 también incluye colectores de admisión y de escape 205 y 206, junto con una bomba de combustible 207 e inyectores del combustible 208 para

proporcionar combustible para la combustión en el motor 200.

En el interior del motor 200, el rotor está acoplado de forma giratoria a un árbol excéntrico 201, que se ve mejor en la figura 6, el cual puede ser referido simplemente como el "árbol". El árbol excéntrico 210 está configurado para girar alrededor de un punto central (o eje) 210A del árbol 210 e incluye una parte excéntrica 210B, la cual está desplazada del árbol por la excentricidad "e". Una fuerza aplicada a la parte excéntrica del árbol 210 actuará sobre el árbol 210 causando que el árbol 210 gire.

En esta forma de realización, el rotor 202 tiene dos lóbulos 202A, 202B y la abertura 201B tiene tres zonas de recepción de los lóbulos 250, 252 y 253, como se ilustra esquemáticamente en la figura 3.

Los lóbulos 202A, 202B están curvados y tienen una curvatura. Las zonas de recepción de los lóbulos 220, 221 y 222 están definidas por un número igual de curvas que forman intersección, las cuales forman un número igual de vértices 205, 206, 207, un vértice en cada intersección. Las curvas 208, 209 y 201 que definen las zonas de recepción de los lóbulos tienen una curvatura de una forma similar a la curvatura de los lóbulos, de modo que la curva interior de las zonas de recepción de los lóbulos 220, 221 y 222 es la misma que la curva exterior de un lóbulo 202A, 202B, con la excepción de que debe existir un pequeño intersticio entre las dos curvas para acomodar las tolerancias de fabricación y la dilatación térmica de los componentes, de modo que cualquiera de los lóbulos pueda ocupar completamente cualquiera de las zonas de recepción de los lóbulos, como se explica más completamente más adelante en este documento.

Cada vértice 205, 206, 207, a su vez, tiene una junta de vértice 251A, 251B, 251C, y cada junta de vértice está radialmente solicitada de modo que esté en contacto de cierre hermético continuo con el rotor 202, para formar una serie de cámaras de trabajo, como se describe más completamente más adelante en este documento.

Las figuras 3(a) - 3(f) ilustra en esquemáticamente el motor 200 en diversas fases de su funcionamiento, durante el cual el centro geométrico del rotor 202 orbita alrededor del centro 210A del árbol 210 y el rotor 202 gira alrededor de su centro con la mitad de la velocidad angular y en el sentido opuesto del árbol 210. El mecanismo de sincronización, en este caso un engranaje interno 211 fijado en la cubierta y el piñón 212 fijado en el rotor en relación 3:2 causa que el árbol 210 gire en un sentido contrario al sentido de giro del rotor 202. Por ejemplo, en las figuras 3(a) - 3(f), el rotor 202 gira en sentido contrario a las agujas del reloj y el árbol 210 gira en el sentido de las agujas del reloj.

A medida que el rotor 202 gira en el interior de la abertura 201B, el alojamiento 201 y el rotor 202 cooperan para formar tres cámaras de trabajo 250, 252, 253 para la ejecución de un ciclo del motor. Más específicamente, cada cámara de trabajo está definida por el alojamiento circunferencial 201A, el rotor 202, una serie de juntas y los lados 201C, 201D del alojamiento.

Por ejemplo, una cámara de trabajo 250 está formada por el rotor 202, el alojamiento circunferencial 201A y las juntas 251A y 251B, junto con los lados 201C y 201D y las otras juntas entre el rotor y los lados. Para facilidad de ilustración, las otras juntas no están representadas en las figuras 3(a) - 3(f).

Como se ilustra en la figura 3(a), la cámara de trabajo 250 tiene un volumen finito y no está acoplada al entorno exterior al motor 200. A medida que el rotor 202 gira en el sentido contrario a las agujas del reloj, un gas o medio de trabajo (por ejemplo, aire el cual ha sido introducido en el interior de la cámara de trabajo 250 antes de este momento) es comprimido a partir de su volumen inicial (V1). A medida que el rotor 202 continúa girando, un lóbulo 202A del rotor 202 procede a ocupar progresivamente más de la zona de recepción de los lóbulos 221, comprimiendo de ese modo progresivamente el gas en el interior de la cámara de trabajo 250. Por tanto, la cámara de trabajo 250, en esta etapa del ciclo del motor, puede ser conocida como una "cámara de compresión".

Finalmente el lóbulo 202A ocupa completamente la zona de recepción de los lóbulos 221, como se ilustra esquemáticamente en la figura 3©. En esta posición, el lóbulo 202A ha forzado a todo el gas dentro de la cámara de compresión al interior de una cámara de combustión 260 en el interior del cuerpo circunferencial 201A. La cámara de combustión 260 tiene un volumen fijo (V2).

Esta posición del rotor 202 en el interior de la zona de recepción de los lóbulos 221 puede ser conocida como "punto muerto superior" o "TDC". En ese punto del ciclo del motor, el combustible en el interior de la cámara de combustión se enciende, causando que se añada calor al gas y de ese modo aumente en gran medida la presión del gas.

El encendido puede ser iniciado por una variedad de modos conocidos en la técnica. Sin embargo, en esta forma de realización, la relación del volumen inicial de la cámara de compresión (V1) y el volumen de la cámara de combustión (V2) en el punto muerto superior puede ser tan alta como 30 o más. Por tanto, la mezcla de combustible y gas en el interior de la cámara de trabajo puede ser encendida por encendido por compresión. De hecho, el combustible puede ser inyectado dentro de la cámara de trabajo antes de que se cierre la cámara de combustión (por ejemplo, durante la compresión), o en, o después de, el momento en el que la cámara de combustión se cierra.

A medida que el rotor 202 continúa girando, el lóbulo 202A está sustancialmente estacionario durante un breve período de tiempo (o sobre un ángulo de giro pequeño) en el interior de la zona de recepción de los lóbulos 221. En otras palabras, mientras el lóbulo 202A está en el punto muerto superior, el giro del árbol 210 efectivamente causa que el lóbulo 202A pivote en el interior de la zona de recepción de los lóbulos 221 antes de empezar finalmente a retirarse de la zona de recepción de los lóbulos 221 (figura 3(d)). Por tanto, el volumen de la cámara de trabajo (esto es, la cámara de combustión), en y alrededor del punto muerto superior es sustancialmente constante para una parte del giro angular del rotor 202. Como una cuestión práctica, un cambio en el volumen del medio de trabajo atrapado en la cámara de combustión sobre aproximadamente de 5 a 10 grados de giro, debido a las propiedades aerodinámicas del gas que se mueve a través de un intersticio muy pequeño entre el rotor y el alojamiento, es inferior a la mitad del uno por ciento (0,5%) del volumen de la cámara de combustión y se puede considerar que es un volumen efectivamente constante o un volumen sustancialmente constante.

Algunas formas de realización tienen un volumen sustancialmente constante durante un periodo de tiempo más largo (o un ángulo de giro del rotor mayor) del que puede ser proporcionado por el rotor giratorio. Por ejemplo, como se ilustra esquemáticamente en la figura 8(a), algunas formas de realización incluyen un pistón 850 que se puede extender de forma controlable en el interior de la cámara de combustión 820. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el pistón 850 se puede extender en el interior de la cámara de combustión 820. A medida que el rotor 821 reduce el volumen de la cámara de compresión, el medio de trabajo en el interior de la cámara de compresión es forzado al interior de la cámara de combustión 820. En un punto determinado previamente en el ciclo del motor, el pistón 850 empieza a retirarse de la cámara de combustión 850 de modo que proporcione un volumen adicional en el interior de la cámara de combustión 850 para acoplarse exactamente a la reducción en el volumen de la cámara de compresión. De forma similar, a medida que el rotor 821 gira más allá de la cámara de combustión 852, el pistón 850 puede empezar a ocupar progresivamente más de la cámara de combustión 850. De este modo, el volumen combinado de la cámara de compresión y la cámara de combustión 820 se puede mantener constante sobre una gama determinada del desplazamiento del rotor.

En diversas formas de realización, el pistón pequeño 850 puede estar cargado por resorte, o accionado exteriormente por una leva, accionamientos eléctricos o hidráulicos sincronizados con el ciclo del motor. Cualquiera de tales mecanismos de accionamiento puede ser conocido como un "controlador". Si es accionado exteriormente, el pistón 850 se extiende en el interior de la cámara de combustión 820 y puede ser controlado de modo que mantenga una cámara de combustión de volumen constante 820 para una duración mucho más larga. Alternativamente, el pistón 850 puede ayudar en motores con una compresión muy rápida o de una relación de compresión variable, todos estos útiles en diferentes modos de funcionamiento del motor, para el propósito de aumentar el rendimiento del motor, o permitir que el motor funcione con una multitud de combustibles. Alternativamente, el volumen (y la composición) de los gases durante la fase de combustión puede estar controlada por inyección de agua.

Volviendo a las figuras 3(a) - 3(f), después de la combustión, el gas en el interior de la cámara de trabajo 250 empieza a expandirse, forzando de ese modo al rotor 202 a alejarse de la zona de recepción de los lóbulos 221, como se ilustra esquemáticamente en la figura 3(d). Durante esta fase del ciclo del motor, la cámara de trabajo 250 puede ser conocida como una "cámara de expansión". En su punto de máxima expansión, la cámara de expansión tiene un volumen (V3) que es mayor que el volumen máximo (V1) de la cámara de compresión. En algunas formas de realización, el volumen máximo de la cámara de expansión (V3) puede ser igual al volumen máximo de la cámara de expansión y en otras formas de realización el volumen de la cámara de expansión (V3) puede ser mayor que el volumen máximo (V1) de la cámara de compresión. En algunas formas de realización, el volumen de la cámara de expansión (V3) puede ser de 1,1 hasta 3 veces mayor que el volumen máximo (V1) de la cámara de compresión. Por ejemplo, las figuras 32(a) - 32(f) ilustran esquemáticamente una forma de realización en la cual los pasos de admisión y de escape han sido configurados de tal modo que el volumen V3 fuera mayor que el volumen V1. En algunas formas de realización, la configuración de los pasos de admisión y de escape puede ser descrita como "asimétrica", lo que significa que el paso de admisión se acopla con una cámara de trabajo a un ángulo de giro diferente del rotor y/o sobre una gama menor de ángulos de giro del rotor, que el ángulo (o la gama de ángulos) al cual el paso del escape se acopla a la cámara de trabajo.

El gas que se expande en el interior de la cámara de expansión 250 ejerce una fuerza en el rotor 202, causando de ese modo que el rotor 202 continúe su giro alrededor del árbol excéntrico 210 y causando de ese modo que el árbol excéntrico 210 gire alrededor de su eje 210A en un sentido contrario al sentido de giro del rotor 202. En esta forma de realización, el árbol 210 gira en el sentido de las agujas del reloj, como se indica mediante las flechas en la excéntrica 210B.

Cuando concluye la expansión y el rotor 202 continúa girando, el paso de escape (véanse las figuras 7(a) - 7(d)) en el rotor 202 comunica con la cámara de trabajo 250. El paso del escape interactúa con la lumbrera del escape, exponiendo de ese modo la cámara de trabajo 250 al entorno exterior del motor 200, de modo que los gases del escape pueden salir del motor 200. A medida que el rotor 202 continúa girando, el volumen de la cámara de trabajo se reduce y los gases del escape son expelidos.

A medida que el rotor 202 continúa girando, un paso de admisión (véanse las figuras 7(a) - 7(d)) en el rotor se expone a la cámara de trabajo, este paso de admisión comunica con una lumbrera de admisión en el lado del

alojamiento. De este modo, la cámara de trabajo 250 es finalmente expuesta al entorno exterior del motor 200 de modo que aire fresco (el cual puede ser conocido como "carga" fresca) puede ser introducido dentro de la cámara de trabajo 250 a medida que este volumen se incrementa con un giro adicional del rotor. Cuando la cámara de trabajo se expone al entorno exterior del motor 200, el volumen de la cámara de trabajo 250 puede estar caracterizado por no tener un volumen finito. Sin embargo, cuando se escapan los gases del escape, la cámara 250 puede ser conocida como una "cámara de escape" y mientras induce una carga fresca, la cámara 250 puede ser conocida como una "cámara de admisión".

Aunque la discusión anterior se enfoca en la cámara de trabajo 250, las figuras 3(a) - 3(f) también revelan que el motor 200 también forma otras dos cámaras de trabajo 252 y 253. Cada cámara de trabajo ejecuta un ciclo que incluye admisión, compresión, combustión, expansión y escape, como se ha descrito antes en este documento en conexión con la cámara 250. En esta forma de realización, las fases del ciclo del motor para cada una de las cámaras de trabajo están desfasadas 120 grados con cada una de las otras cámaras de trabajo. En cualquier punto determinado en el ciclo, la cámara que sufre expansión no sólo gira el árbol excéntrico, sino que también activa las fases que se ejecutan en las otras dos cámaras de trabajo.

Una serie de observaciones sobre el motor 200 y su funcionamiento pueden ser útiles en este punto. Primero, el rotor 202 está en contacto con todas las tres juntas de vértice 251A, 251B, 251C en todos los ángulos de giro del rotor 202. De hecho, ésta es una característica del rotor cicloide que tiene consecuencias beneficiosas como se describe más completamente más adelante en este documento.

También, aunque la presente forma de realización tiene un rotor con dos lóbulos 202A, 202B, y una abertura estacionaria 201B con tres zonas de recepción de los lóbulos 220, 221, 222 otras formas de realización pueden tener números diferentes de lóbulos y zonas de recepción de los lóbulos, siendo el número de zonas de recepción de los lóbulos uno más (N+1) que el número de lóbulos (N) en el rotor correspondiente. También, en otras formas de realización, ambos el "alojamiento" con (N+1) lóbulos y el rotor con (N) lóbulos giran alrededor de otro alojamiento fijo, o el rotor de N lóbulos puede ser estacionario y el "alojamiento" de (N+1) lóbulos gira alrededor del rotor.

Alojamiento

Vistas más detalladas de formas de realización de los alojamientos y los rotores se proporcionan en la figura 5 y en la figura 6. La figura 5 ilustra esquemáticamente una vista explosionada del alojamiento 201 y el rotor 202, que muestra el cuerpo circunferencial 201A entre la cubierta de admisión 201C y la cubierta de escape 201D. Dos de los tres vértices 205, 206 son visibles en la figura 5, junto con dos de las tres cámaras de combustión 205 y 215. El tercer vértice 207 y la tercera cámara de combustión 217 no son visibles en la figura 5 porque están bloqueados por el rotor 202. Sin embargo, todos los tres vértices 215, 216 y 217 están ilustrados esquemáticamente en las formas de realización de las figuras 7(a) - 7(c). La figura 6 se describe más adelante en este documento.

Cuerpo circunferencial

El cuerpo 201A tiene tres zonas de recepción de los lóbulos que están íntimamente relacionadas con el rotor 202. Para un rotor determinado acoplado a una excéntrica con una excentricidad conocida "e", la geometría de la abertura en un cuerpo circunferencial correspondiente se determina mediante la especificación de un conjunto de rodillos teóricos 410, 411, 412 dispuestos en una curva de generación 413, como se representa en las figuras 4(a) - 4(d). Cada uno de los rodillos teóricos 410, 411, 412 tiene una forma cilíndrica con un radio R_r y los rodillos teóricos 410, 411, 412 están separados equidistantemente alrededor de un círculo de generación 413 de radio R. También la forma del rotor 401 se determina mediante el radio R_r y el radio R, de acuerdo con las ecuaciones cicloides expuestas antes en este documento.

La geometría de la abertura se determina entonces mediante la colocación del rotor 401 en el punto muerto superior de cada uno de los rodillos teóricos 410, 411, 412. El extremo opuesto del rotor 401 define entonces la curva 420, 421, 422 de una zona de recepción de los lóbulos. Como una cuestión práctica, se debe tener en consideración la construcción de una curva práctica de una zona de recepción de los lóbulos proporcionando un intersticio entre el rotor y el alojamiento en las zonas de recepción del rotor que tenga en cuenta las tolerancias de fabricación y la dilatación térmica de los componentes. A medida que este proceso se repite para cada uno de los rodillos teóricos 420, 421, 422, se define la geometría de la abertura 430. Las ubicaciones de los rodillos teóricos corresponden a los vértices del cuerpo circunferencial. Obsérvese que en algunas formas de realización, los rodillos reales 420, 421, 422 pueden estar fabricados con las dimensiones de un rodillo "teórico" y que tales rodillos existen en realidad y no son teóricos.

Por tanto, existe una relación singular entre la abertura 430, el rotor 401 y los rodillos teóricos 410, 411, 412. Como consecuencia, la geometría del rotor y de la abertura está completamente definida por R y R_r . El radio R_r puede ser útil en la determinación de la geometría de las juntas de vértice o los rotores de vértice, como se describe más adelante en este documento.

La geometría cicloide proporciona una serie de características beneficiosas. Por ejemplo, las geometrías que

cooperan del lóbulo y de la zona de recepción de los lóbulos producen una relación de compresión muy alta (esto es, la relación entre los volúmenes máximo y mínimo de una cámara de compresión, en donde el volumen mínimo de la cámara de combustión define un volumen constante de la cámara de combustión). En el motor 200, la relación de compresión es del orden de entre por lo menos 12 hasta 25, aunque también son posibles también relaciones más elevadas. Esto es una mejora sobre los motores giratorios de la técnica anterior. Por ejemplo, es muy conocido que para un motor Wankel el límite práctico sea del orden de aproximadamente 10, lo cual no es suficiente para el encendido por compresión. Esto es por lo que no existen motores diésel Wankel naturalmente aspirados.

Como una cuestión práctica, es deseable minimizar el espacio entre el rotor y el alojamiento cuando el rotor está ubicado en su "punto muerto superior", esto es cuando geoméricamente, el volumen de la cámara de trabajo está en su valor más pequeño.

Cubiertas y rotor

La cubierta de admisión 201C incluye aberturas que forman lumbreras de admisión 260 para permitir que el aire entre en las diversas cámaras de trabajo en el interior del motor 200. Por consideraciones de simetría, se escogen 3 aberturas en una configuración del alojamiento de 3 lóbulos, aunque pueden ser escogidos diferentes números también.

En esta forma de realización, el rotor 202 incluye un paso de admisión 261 entre una cara de admisión 202F del rotor 202 y la cara radial 202R del rotor 202. En otras formas de realización, el paso de admisión puede pasar a través del árbol, mientras todavía en otras, estos dos procedimientos se pueden mezclar y acoplar. Por ejemplo, algunas formas de realización pueden tener lumbreras de escape en una cubierta o lado del alojamiento, como en la figura 7(d) y una lumbrera de admisión a través del árbol, como en la figura 30(a).

El paso de admisión 261 es expuesto intermitentemente a la lumbrera de admisión 260. Sobre una gama de ángulos de giro en el interior del alojamiento, el paso de admisión 261 estará expuesto a una cámara de trabajo, creando un conducto de admisión temporal 262 desde el entorno exterior del motor 200 al interior de la cámara de trabajo. El conducto de admisión temporal 262 existirá sobre una gama de giros angulares del rotor 202 en el interior del alojamiento 201, en tanto en cuanto el paso de admisión 261 esté expuesto por lo menos parcialmente a la cámara de trabajo. A otros giros angulares del rotor 202 en el interior del alojamiento 201, el mismo paso de admisión 261 estará cíclicamente alineado con cada una de las otras cámaras de trabajo para crear un conducto de admisión temporal a cada una de estas otras cámaras de trabajo.

La cubierta de escape 201D incluye aberturas que forman lumbreras de escape 265 para permitir que el medio de trabajo gastado salga de las diversas cámaras de trabajo en el interior del motor 200. De forma similar a la cubierta de admisión, por consideraciones de simetría, se escogen 3 aberturas en una configuración del alojamiento de 3 lóbulos, aunque pueden ser escogidos diferentes números también.

En esta forma de realización, el rotor 202 incluye un paso de escape 270 entre una cara de escape 202G del rotor 202 y la cara radial 202R del rotor 202. En otras formas de realización, el paso de escape puede pasar a través del árbol, mientras todavía en otras, estos dos procedimientos se pueden mezclar y acoplar. Por ejemplo, algunas formas de realización pueden tener lumbreras de admisión en una cubierta o lado del alojamiento, como en la figura 7© y una lumbrera de escape a través del árbol, como en la figura 30(a).

En algunas formas de realización, el paso de escape 270 es expuesto intermitentemente a la lumbrera de escape 265, mientras que en otras formas de realización el paso de escape está continuamente expuesto a la lumbrera de escape 265. Sobre una gama de ángulos de giro en el interior del alojamiento, el paso de escape 266 se alineará con una de las cámaras de trabajo, creando un conducto de escape temporal desde la cámara de trabajo determinada hasta el entorno exterior del motor 200. El conducto de escape temporal existirá sobre una gama de giros angulares del rotor en el interior del alojamiento, en tanto en cuanto el paso de escape esté alineado por lo menos parcialmente con la cámara de trabajo. En otros giros angulares del rotor en el interior del alojamiento, el mismo paso estará cíclicamente alineado con cada una de las otras cámaras de trabajo para crear un conducto de escape temporal desde cada una de estas otras cámaras de trabajo. El paso de escape 270 opcionalmente puede contener una válvula de retención para evitar el reflujo del escape dentro del motor durante el proceso de admisión, mientras el paso de escape y el paso de admisión pueden estar expuestos a la cámara de trabajo al mismo tiempo durante un breve periodo de solapamiento.

Una o ambas de las cubiertas 201C y 201D incluye un rodamiento (650, figura 6) para sostener el árbol. El rodamiento 650 puede ser de cualquier tipo convencional, incluyendo el tipo liso (hidrodinámico), éste puede ser especialmente valioso puesto que proporciona una configuración especialmente simple como se representa en la figura 30(a). También, en esta configuración los árboles de entrada/salida que sostienen excéntrica y giratoriamente los árboles del rotor se utilizan también como contrapesos. Por tanto, pueden estar fabricados de metales pesados, tales como tungsteno o tener insertos de metal pesado.

La figura 6 ilustra esquemáticamente una vista explosionada del rotor 202 y del árbol excéntrico 210. Para acomodar

juntas frontales 801, el rotor 202 tiene dos ranuras 802 (una en cada cara del rotor) en las cuales se disponen dos juntas frontales 801. Estas ranuras 802 se generan de tal modo que una junta frontal 801 en el interior de la ranura 802 estará en contacto constante con la junta de botón 810. Por tanto, en algunas formas de realización el rellano 811 en el rotor 821 tiene un ancho constante, mientras en otras formas de realización, el rellano 811 puede tener un ancho que varíe en diferentes puntos del rotor 821. También, el motor tiene tres puntos (en general, N+1 puntos para un motor con un rotor de N lóbulos) en cada lado del alojamiento (cubierta), 201C, 201D en la proximidad de cada vértice 205, 206, 207 en donde un punto de este tipo en el lado del alojamiento 201C o 201D está en contacto continuo con la junta frontal 801. Lumbrreras de suministro de aceite (tales como 270 y 271 en la figura 2(b), por ejemplo) en los lados del alojamiento 201C, 201D están colocadas sobre por lo menos uno de estos puntos. Por tanto, el diseño asegura que la junta frontal entera 801 pasará, a medida que el rotor 821 gira, finalmente por una lumbrera de aceite. En otras palabras, las juntas frontales 801 tienen cada una de ellas sus propios canales de lubricación colocados a cada lado del alojamiento 201C, 201D. Adicionalmente, las juntas frontales 801 y la lumbrera de admisión 260 y la lumbrera de escape 265 están contruidos de modo que la junta frontal 801 nunca esté expuesta a las lumbreras fijos 260, 265, esto evita que el aceite escape a través de las lumbreras. El aceite no sólo sirve para el propósito de reducir el desgaste y enfriar las juntas, sino que también puede ayudar a evitar fugas.

El movimiento del rotor 202 está definido por el árbol excéntrico 210 y un par de engranajes de sincronización: un engranaje de piñón 212 fijado al rotor 202 (el eje del árbol pasa a través de este piñón sin entrar en contacto con él), y una corona dentada interior 211 fijada a una de las cubiertas de admisión 201C. La corona dentada interior 211 tiene una relación engrane de 3:2 con el piñón 212.

El árbol 210 tiene una excéntrica 210B con una excentricidad e. Algunas formas de realización incluyen un rodamiento colocado entre la parte excéntrica del árbol 210 y el rotor 202. Otras formas de realización, tal como en la figura 30 por ejemplo, omiten un rodamiento de este tipo al mismo tiempo presentando un árbol 3210 unido al rotor 3202 y un árbol de entrada/salida que sostiene excéntricamente el rotor en los rodamientos hidrodinámicos, aquellos capaces de cargas mucho más elevadas.

El funcionamiento de las lumbreras de admisión 260, lumbreras de escape 265, el paso de admisión 261 y el paso de escape 270 se comprenderán adicionalmente con referencia a la figura 7(a) y a la figura 7(b), las cuales incluyen dos vistas del cuerpo circunferencial 201A, junto con la cubierta de admisión 201C y la cubierta de escape 201D. En la figura 7(a), el rotor 202 está alineado con una de las lumbreras de admisión 260 en la cubierta de admisión 201C, creando una trayectoria de admisión por la cual aire (una "carga fresca") 710 entra en una cámara de trabajo de expansión 711. El aire pasa a través de la lumbrera de admisión 260 y entra en el paso de admisión 261 en el rotor 202. El aire pasa a través del rotor 202 y sale a través de la cara radial 202R del rotor 202, dentro de la cámara de trabajo 711. A medida que el rotor 202 gira, la cámara de trabajo 711 se expande, aspirando el aire.

A medida que el rotor 202 continúa girando, la abertura del paso de admisión 260 finalmente pasará el vértice 206. En ese ángulo de giro, la abertura en el paso de admisión 260 estará eclipsada por el vértice, de modo que la trayectoria o conducto de admisión deja de existir. En ese ángulo, se establece la cámara de compresión y de hecho en ese ángulo la cámara de compresión está en su volumen máximo (V1).

En el ángulo del rotor representado, la figura 7(a) también ilustra esquemáticamente la abertura desde el paso de escape 270 al interior de la cara radial 202R del rotor 202 en una zona adyacente de recepción de los lóbulos 720. El gas del escape pasa desde la cámara de trabajo 720 adentro del paso de escape y por último pasa al entorno exterior del motor 200 a través de las lumbreras de escape 265 en la cubierta de escape 201D. Esto puede ser útil para el encendido por compresión, ya que evita la necesidad de recirculación de gases de escape y por lo tanto reduce las emisiones. Para el funcionamiento del encendido por chispa, las válvulas de retención podrían estar instaladas para eliminar la interferencia, lo cual podría ser valioso para un modo de funcionamiento de encendido por chispa, por ejemplo.

Como se indica en la forma de realización de la figura 7(a), el paso de admisión 261 y el paso de escape 270 pueden, en algún ángulo o gama de ángulos del rotor 202, abrirse ambos dentro de la cámara de trabajo desde la cual los gases del escape están dejando el motor, dando como resultado una mezcla de aire fresco y gases de escape.

Una forma de realización alternativa 750 se ilustra esquemáticamente en la figura 7©. En esta forma de realización 750, la abertura 751 en la cara radial 202R del rotor 202 es menor que la abertura correspondiente en la figura 7(a). Por tanto, el paso de admisión 261 no se abre a la cámara de admisión y la cámara de escape, como en la figura 7(a). Una abertura pequeña similar conduce desde la cámara de escape al paso de escape, pero no está representada en la figura 7(c) porque no es visible en la orientación ilustrada del rotor 202. Por tanto, algunas formas de realización incluyen un paso de admisión y un paso de escape configurados de tal modo que los pasos de admisión y de escape no se abren simultáneamente (o en un ángulo determinado de giro o para una gama de ángulos de giro) dentro de la misma cámara de trabajo y de tal modo que ni el paso de admisión ni el paso de escape se abren a más de una cámara de trabajo a la vez.

La figura 7(d) ilustra esquemáticamente el flujo de aire en otra forma de realización, la cual incluye una vista del

cuerpo del alojamiento 760, junto con la cubierta de admisión 761 y la cubierta de escape 762. Los pasos de admisión 260 están en comunicación con una cámara de trabajo que se expande 763, creando una trayectoria de admisión por medio de la cual una carga fresca 764 entra en la cámara de trabajo 763. El aire pasa a través de la lumbrera de admisión 260 y entra en el paso de admisión 261 en el rotor 202. El aire pasa a través del rotor 202 y sale a través de la cara radial 202R del rotor 202 al interior de la cámara de trabajo 263. A medida que el rotor 202 gira, la cámara de trabajo 263 se expande, aspirando aire. De forma similar, la figura 7(d) ilustra esquemáticamente el flujo de gases de escape 765 (por ejemplo, subproductos de la combustión en forma de gases quemados) fuera de la cámara de trabajo a través de las lumbreras de escape 765.

Trama de juntas

Durante el funcionamiento de un motor, incluyendo el motor 200 por ejemplo, el medio de trabajo bajo presión intentará escapar de las cámaras de trabajo a través de cualquier ruta disponible. En consecuencia, los motores contienen juntas para evitar o por lo menos obstaculizar el escape del medio de trabajo desde diversas cámaras de trabajo. Con este propósito, las juntas en el interior de un motor pueden ser conocidas como una "trama de cierre hermético" o "trama de juntas". Un sistema de trama de cierre hermético para motores giratorios se define como un sistema de juntas que cierran herméticamente superficies axiales, planas del rotor respecto a la superficies axiales planas del alojamiento (cubiertas), denominadas juntas laterales o juntas frontales, y superficies radiales del rotor respecto a superficies radiales del alojamiento, denominadas juntas de vértice. En algunas formas de realización, la trama de cierre hermético puede incluir botones, los cuales forman junta entre las juntas laterales y las juntas de vértice. Un sistema de trama de cierre hermético está construido de tal modo que, junto con el rotor y el alojamiento, la cámara de trabajo durante la compresión, combustión y expansión está sustancialmente cerrada de tal modo que un medio de trabajo a alta presión no se fugue a zonas de presión baja adyacentes, incluyendo la admisión y el escape. En la práctica siempre existirá una trayectoria de fuga debido a las tolerancias de fabricación así como a la necesidad de dejar un intersticio entre los elementos de la propia trama o elementos de la trama y el rotor o el alojamiento para acomodar la dilatación térmica de los componentes; si se diseña correctamente, estas fugas se podrían minimizar.

Se considera, por ejemplo, al motor giratorio Wankel, el único motor giratorio comercialmente exitoso. La geometría del motor era muy conocida antes de Wankel. La contribución de Wankel fue la de desarrollar una trama de cierre hermético teórica, la cual hiciera este motor técnica y comercialmente factible.

Una forma de realización de una trama de cierre hermético se ilustra esquemáticamente en la figura 8(a), aunque otras figuras descritas antes en este documento también ilustran partes de diversas formas de realización de una trama de cierre hermético. La trama de cierre hermético en la figura 8(a) incluye una junta frontal 801, una junta de vértice 205 y una junta de botón 810. Juntas, estas juntas evitan que el medio de trabajo escape de una cámara de trabajo al interior de una cámara de trabajo adyacente, o al entorno exterior al motor 200. Por ejemplo, la junta de vértice 205 evita la fuga del medio de trabajo desde una cámara de trabajo a otra a través de la superficie radial 821R del rotor 821. La junta frontal 801 evita la fuga de medio de trabajo desde una cámara de trabajo a través de la cara axial 821A del rotor 821.

Con la excepción de las juntas frontales, todos los otros elementos de la trama de cierre hermético (por ejemplo, juntas de vértice y juntas de botón) son estacionarios. Esto es una gran ventaja sobre Wankel en el cual las juntas (por ejemplo, juntas de punta en el rotor se desplazan con el rotor; véanse las figuras 1© y 1(d)). En contraste con Wankel, puesto que los elementos de la trama de cierre hermético son estacionarios, es posible suministrarlos directamente con lubricante (por ejemplo, a través de lumbreras de aceite en una cubierta lateral), en lugar de a través de inyectar/dosificar el aceite en el interior de la lumbrera de admisión como en un motor Wankel. Esto reducirá significativamente el consumo de aceite y las emisiones del motor comparado con un motor Wankel.

Mientras las juntas frontales se están desplazando con el rotor, también están siendo constantemente alimentadas con aceite a través de lumbreras de aceite dedicadas en el interior de las cubiertas y puesto que las juntas nunca están expuestas a lumbreras de admisión ni de escape, las fugas de aceite a partir de estas juntas se minimizan si no es que se eliminan completamente. Las propias juntas frontales las propias juntas frontales pueden tener una o más pequeñas ranuras, canales, o hendiduras en aspa que pueden contener el aceite, tal como el aceite suministrado a partir de las lumbreras de aceite colocadas en el interior de las cubiertas cerca de las juntas de botón. La forma de las juntas frontales se genera mediante la ecuación para una curva cicloidal de tal modo que el plano neutro de la junta siempre pasa a través de tres puntos en la cubierta (para un alojamiento de 3 lóbulos), sin tener en cuenta la posición angular del rotor. Cualquiera de o todos estos puntos determinan la ubicación de las lumbreras de aceite. Por lo tanto, las juntas frontales estarán continuamente expuestas a las lumbreras de aceite, mientras las lumbreras de aceite únicamente están expuestas a las juntas frontales, de modo que no ocurrirá fuga de aceite. Adicionalmente, la junta frontal siempre es adyacente a los rodillos virtuales correspondientes a las juntas de botón opcionales. Esto permite a las juntas de botón opcionales, que ocupan el espacio del rodillo de botón virtual, ser colocadas entre la junta frontal y la junta/rodillo. La junta de botón, como se ha expuesto antes en este documento, está estacionaria y se monta en una superficie plana, orellano, del rotor, cerrando el espacio entre la junta frontal y la junta de vértice.

Juntas frontales

En la forma de realización de la figura 8(a), la junta frontal 801 está apartada del borde 821E del rotor 821, en donde la carga axial 821A del rotor 821 encuentra la superficie radial 821R del rotor 821. La parte de la cara axial 821A del rotor 821 entre el borde 821E y la junta frontal 801 puede ser conocida como el rellano 811. En la forma de realización de la figura 8(a), el rellano puede tener un ancho de una décima (1/10) de pulgada, por ejemplo. Por tanto, la trama de juntas de la figura 8(a) incluye una junta de botón 810, la cual evita la fuga del medio de trabajo a través de la cara axial 821A del rotor 821 entre la junta de vértice 205 y la junta frontal 801. Formas de realización de cada una de estas juntas se describen con más detalle más adelante en este documento.

Cada una de las juntas frontales descritas en este documento puede ser de un material de hierro fundido. Sin embargo, otros materiales adecuados para utilizarlos como una junta frontal incluyen, por ejemplo, aleaciones de acero y otras aleaciones. Generalmente, una junta frontal, y el material a partir del cual está fabricada, deben tener una resistencia suficiente para actuar bajo los entornos solicitantes de un motor de combustión interna como se describe en este documento y también tener una fricción baja, un desgaste bajo y un bajo coeficiente de dilatación térmica. Una junta frontal también debe tener alguna capacidad de contener lubricante (por ejemplo, aceite) y debe tener una elevada conductividad térmica.

Mientras la figura 8(a) ilustra esquemáticamente una forma de realización de una junta frontal 801 en la cara de admisión 821A del rotor 821, otra junta frontal está dispuesta en la cara del escape del rotor 821, véanse, por ejemplo, las juntas frontales 801 en la figura 6. Estas juntas frontales 801, en conjunción con la cubierta de admisión 201C y la cubierta de escape 201D que se oponen, respectivamente, funcionan para impedir o evitar el escape del medio de trabajo a través de las caras del rotor 821. Con este propósito, las juntas frontales 801 están dispuestas en el rotor 821 de tal modo que las juntas frontales 801 nunca están expuestas a las lumbreras de admisión 260 o a las lumbreras de escape 265 en ningún ángulo de giro del rotor. La exposición de las juntas frontales 801 a las lumbreras de admisión 260 o a las lumbreras de escape 265 significaría que las juntas estarían expuestas al entorno exterior del motor 200 y podría resultar en una pérdida de algo de lubricante en las juntas. Por ejemplo, la figura 9 ilustra esquemáticamente la ubicación de una junta frontal representada contra las lumbreras de admisión 260 de una cubierta de admisión 201C. Como se muestra, en ningún punto la junta frontal 801 aparece en el interior o a través de alguna de las lumbreras de admisión de 266 o de las lumbreras de escape 265.

Una forma de realización de una junta frontal 1001 se ilustra esquemáticamente en las figuras 10(a) y 10(b). Una junta frontal 1001 puede ser una banda continua del material como en la figura 10(a), o puede incluir varias partes del material acopladas juntas como en la figura 10(b). Algunas formas de realización 1001 incluyen bandas múltiples, como se ilustra esquemáticamente en la figura 11(a), por ejemplo, en la cual la junta frontal 1001 incluye tres bandas en el interior de un rebajo 1102 en el rotor 202: banda interior 1101A, banda exterior 1101C y banda media 1101B.

Una forma de realización ilustrativa de una banda de este tipo 1101A se ilustra esquemáticamente en la figura 11(b). La banda 1101A incluye partes de resorte 1103 que, cuando están instaladas en los rebajos 1102 en el rotor 202, ejercen fuerza contra el fondo del rebajo 1102B de modo que solita la banda 1101A en una dirección axial desde la cara 202F del rotor 202 y de ese modo solicita la junta frontal 1101A contra una cubierta de admisión o una cubierta de escape opuestas. Esto es útil en la creación de un contacto inicial de la junta con la cubierta. En funcionamiento, el aire pasa a través del canal entre el borde exterior de la ranura 1102 y la junta 1101A, llega por debajo de la junta 1101A y genera un movimiento axial de la junta en la dirección de, y en contacto con, la cubierta correspondiente, generando una junta para un funcionamiento a alta presión. Esto se denomina una junta accionada por un gas.

Una forma de realización alternativa de una banda segmentada 1150 se ilustra esquemáticamente en la figura 11©. La banda segmentada 1150 incluye varios segmentos (1150A, 1150B) que están unidos para formar una banda y también incluye partes de resorte 1150C.

Formas de realización alternativas de las juntas frontales se ilustran esquemáticamente en las figuras 12(a) - 12(g). En una forma de realización, la junta frontal 1201 está dispuesta en un borde achaflanado o biselado 1203 del rotor 1202. Por tanto, la junta frontal 1201 tiene una sección transversal aproximadamente triangular 1203. Esta configuración elimina la necesidad de una junta de botón, puesto que no existe espacio de rellano en el rotor 1202. En estos tipos de juntas, no hay ranura, y por tanto, no hay canal entre el rotor y la junta; el gas no puede penetrar por debajo de la junta. Sin embargo, la junta todavía se considera que es activada por aire, puesto que la superficie radial puede estar expuesta a gases y de ese modo recibe la fuerza que es convertida por el borde achaflanado del rotor en una fuerza axial y, por lo tanto, en movimiento axial de la junta hacia la cubierta, facilitando de ese modo la función de cierre hermético.

La junta anterior puede tener una superficie axial (plana) 1210 en la figura 12(d) que puede estar a una distancia muy corta alejada de la superficie de la cubierta. Esto crea un intersticio para que pase el gas a través y cree presión/fuerza en una dirección opuesta a la fuerza axial anteriormente mencionada. La variación del área de la superficie de este intersticio permite el control de la fuerza axial, la cual puede servir como un freno no deseado, reduciendo de ese modo la fricción entre la junta frontal y la cubierta.

Si la superficie achaflanada 1201B de la junta de vértice 1201 tiene el mismo ángulo del chaflán que la junta de cuña 1220 la parte pequeña de la junta de vértice podría estar diseñada para moverse junto con la junta de cuña 1220, reduciendo o eliminando totalmente de ese modo el intersticio entre la junta de vértice 1201 y la junta de cuña 1202.

5 Un montante 1230 está dispuesto en el rotor 1202 adyacente a la junta frontal 1201 y sirve para evitar que la junta frontal 1201 se suba en el borde biselado 1203 y sobre la cara axial 1203F del rotor 1202. Una junta de cuña 1220 está dispuesta en el otro lado de la junta frontal 1201, opuesta al montante 1230, y sirve para evitar que la junta frontal 1201 se mueva alejándose del rotor 1202.

10 La figura 12(d) también ilustra esquemáticamente el perfil superior 1205 de la junta frontal 1201, el cual incluye ranuras o canales 1206 que retienen lubricante suministrado a la junta frontal 1201. Un enfoque alternativo es aplicar un modelo de hendidura en aspa a la superficie de la junta frontal.

15 Una estructura alternativa para sostener una junta frontal 1250 al rotor 1202 se ilustra esquemáticamente en la figura 12(e). En esta forma de realización, una junta frontal 1250 incluye un brazo de resorte de enganche 1251 que se extiende desde la junta frontal 1250 paralelo a la superficie axial 1202A del rotor 1202. El brazo de resorte 1251 se extiende en el interior de una cavidad 1252 en el rotor 1202 y alrededor de un pasador 1253 en el interior de la cavidad 1252. El pasador 1253 se utiliza de ese modo para permitir que un brazo de resorte 1251 tire de la junta frontal 1250 hacia dentro hacia el centro del rotor. Esto creará una condición de carga previa necesaria para empujar la junta frontal contra el lado del alojamiento, permitiendo de ese modo el inicio de funcionamiento de la junta. Bajo la condición de presión, la presión del gas será asumida.

25 Todavía otro enfoque para sujetar una junta frontal 1260 al rotor 1202 se ilustra esquemáticamente en la figura 12(f). En esta forma de realización, el borde biselado 1201 del rotor 1202 incluye una segunda área biselada que se opone 1261A, de modo que el borde tiene un vértice 1261B. La junta frontal 1260 incluye una muesca 1261A con una sección transversal configurada para acoplarse con el vértice 1261B. Una parte de lengüeta 1260B de la junta frontal 1260 se acopla en el área biselada que se opone 1261 de modo que evita que la junta frontal 1260 se aleje del borde 1261 y sobre la cara axial 1260F del rotor 1202. Una junta de cuña 1220 fija el lado opuesto de la junta frontal 1260.

30 Todavía otra estructura alternativa para sujetar una junta frontal 1270 al rotor 1202 se ilustra esquemáticamente en la figura 12(g). Otra vez, como en las configuraciones anteriores, la función de los mecanismos de enganche y de soporte 1203 es proporcionar una carga previa inicial en la junta.

35 Enfoques alternativos a juntas frontales se ilustran esquemáticamente en las figuras 13(a) - 13(g). En una primera forma de realización, una junta de alambre 1301 reside en una ranura 1302 dispuesta en el rotor 1303. Cuando el motor está frío, como en la figura 13(a), la junta de alambre 1301 descansa entre la ranura del rotor 1302 y la cubierta lateral 1304, la cual puede ser una cubierta de admisión o una cubierta de escape, por ejemplo. La junta de alambre 1301, la cual puede tener una sección transversal circular o triangular, hace contacto físico con el rotor 1303 y la cubierta 1304, de modo que se forma una junta. Cuando el motor está caliente, como en la figura 13(b), los componentes se dilatan debido a la dilatación térmica. Por tanto, el espacio entre los componentes se contrae aunque el alambre 1301 hace contacto físico todavía entre el rotor 1302 y la cubierta 1304.

45 Cualquier cable de acero o tungsteno de alta temperatura puede ser utilizado para la junta de alambre 1301. La trayectoria de fuga para las condiciones de inicio en frío se calcula a $0,11 \text{ mm}^2$ en sección transversal para un diámetro de alambre de $0,020''$ ($0,5 \text{ mm}$); para condiciones de funcionamiento en caliente, la sección transversal está a $0,03 \text{ mm}^2$. Existen cuatro lugares para la trayectoria de fuga, 2 lados del rotor x 2 lugares por las juntas de pico; por lo tanto la trayectoria de fuga total para este tipo de juntas laterales es de $0,33 \text{ mm}^2$ para el inicio en frío y de $0,12 \text{ mm}^2$ para las condiciones de funcionamiento en caliente. Esto se tiene que comparar con $\sim 4 \text{ mm}^2$ de área de fuga para motores Wankel (véase "*Performance and Combustion Characteristics of Dire-Injection Stratified-Charge Rotary Engines*", Nguyen, Hung Lee, N.A.S.A. 1987).

50 En otra forma de realización, ilustrada en las figuras 13(c) y 13(d), la ranura 1302 puede estar en el borde 1305 del rotor 1303. En esta forma de realización, la junta de alambre 1301 se mantiene en su sitio mediante una junta de cuña 1220.

55 En otra forma de realización, ilustrada en las figuras 13(e) y 13(f), el rotor 1303 incluye una cavidad 1310 por debajo de su cara axial, cavidad la cual se abre a la superficie radial 1306 del rotor 1303. La disposición produce una viga en voladizo 1301 en la superficie axial 1303A del rotor 1303, viga la cual 1311 puede doblarse ligeramente en la dirección axial. Una junta de alambre 1301 está dispuesta en la cavidad, entre dos superficies achaflanadas 1310A, 1310B y sirve para desviar la viga 1311 en la dirección axial cuando el gas ejerce presión en ella, hacia una cubierta encarada (tal como una cubierta de admisión o una cubierta de escape, por ejemplo). En algunas formas de realización, la parte en voladizo 1311 de la junta puede estar completamente separada del rotor.

65 Una forma de realización alternativa se ilustra esquemáticamente en la figura 13(g). Es muy similar a la forma de realización descrita antes, excepto en que la junta frontal 1370 puede formar ángulo con respecto a la superficie

axial 1303A del rotor 1303. Una forma de realización de este tipo permite que diversas "capas" 1370A, 1370F de junta frontal sean colocadas en el rotor 1303. El aceite será recogido entre las "capas" y ayudará en el cierre hermético y la lubricación.

- 5 Una forma de realización alternativa se ilustra esquemáticamente en la figura 14 e incluye una junta frontal de metal 1401. En esta forma de realización, la junta frontal de metal 1401 reduce, pero no abarca enteramente el intersticio entre el rotor y la cubierta adyacente. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el intersticio microscópico entre la junta y la cubierta todavía puede ser mayor que el tamaño de las moléculas del gas en tres órdenes de magnitud.
- 10 Para facilitar una junta, se proporciona una película de aceite para llenar el intersticio anteriormente mencionado. Debido a las fuerzas de la capilaridad el aceite llenará el espacio completamente y resistirá la presión desde el medio de trabajo (por ejemplo, gases) en el interior del motor. Además, la película de aceite disminuirá drásticamente la fricción entre la junta y la cubierta y de ese modo mejorará la refrigeración del motor.
- 15 Como se ha mencionado antes en este documento, una característica beneficiosa de la geometría de rotor cicloidal del motor 200 es que, por lo menos en tres puntos de la cubierta, las lumbreras (orificios) de lubricación pueden estar dispuestas de tal modo que estén siempre por encima de la junta frontal. También, las lumbreras de admisión/escape en las cubiertas están colocadas de tal modo que las juntas laterales nunca interfieran con estas lumbreras. Por tanto, esta geometría permite la creación de una capa de aceite permanente en la parte superior de las juntas frontales. Para mejorar esta capa la superficie superior de la junta frontal puede tener ranuras de aceite y/o almohadillas de diversos diseños para crear condiciones de lubricación elastohidrodinámicas requeridas para disminuir la fricción entre una junta frontal y una cubierta adyacente.

Rodillos

- 25 Como se ha descrito antes en relación con otras formas de realización, cada vértice 1505 en el cuerpo circunferencial 1501 de un alojamiento 1502 tiene una junta de vértice, pero formas de realización alternativas, esquemáticamente ilustradas en las figuras 15(a) - 15(c), incluyen rodillos 1503 en cada vértice 1505. En tales formas de realización, la superficie cilíndrica 1503A del rodillo 1503 están contacto de forma hermética con la superficie radial 1511R del rotor 1511; en otras palabras, el contacto crea una junta entre el rodillo 1505 y el rotor 1511. Cada rodillo debe tener un radio igual al radio del rodillo teórico (R_r) que corresponde al rotor y a la abertura del cuerpo circunferencial.
- 30 En la forma de realización de las figuras 15(a) - 15(c), el rodillo 1505 está dispuesto en el interior de una cavidad del rodillo 1510, la cual está llena de aceite 1520 o bien otro lubricante para lubricar el rodillo 1503 y también para solicitar el rodillo 1503 en una dirección radial para acoplar el rotor 1511. Una o más escobillas 1520 están dispuestas en la cavidad del rodillo 1510 para contener el lubricante en el interior de la cavidad del rodillo 1510 y ayudar a fijar el rodillo 1505 en el interior de la cavidad del rodillo 1510. Una junta de botón 1530 y una junta frontal 1540, como se ha descrito antes, completan la trama de juntas en esta forma de realización.
- 40 Formas de realización alternativas de una trama de juntas se ilustran esquemáticamente en las figuras 16(a) - 16(d) e incluyen una junta frontal 1601 y una junta de botón 1602 como se ha descrito antes en este documento. Estas formas de realización, sin embargo, también incluyen una junta de cuña 1610. La junta de cuña 1610 está dispuesta en un vértice (esto es, es una junta de vértice) y está solicitada contra el alojamiento circunferencial (omitido por claridad) por un elemento de resorte 1611, de modo que se acopla a la superficie radial 1611R del rotor 1611. La figura 16(d) ilustra esquemáticamente una forma de realización alternativa de la parte de cuña 1612 de una junta de cuña 1611.

Juntas de vértice

- 50 Una variedad de juntas de vértice están disponibles para utilizarlas en diversas formas de realización del motor. Como se muestra en la figura 8(a), por ejemplo, las juntas de vértice están dispuestas en el alojamiento 880. En esa forma de realización, la junta de vértice 205 está dispuesta en un canal 825 de la junta de vértice en el vértice 822. En algunas formas de realización, la junta de vértice puede estar solicitada en una dirección radial hacia el rotor 821 de modo que se acople al rotor 821.
- 55 Con este propósito, cada junta de vértice puede incluir un resorte que se acopla en el canal de la junta de vértice 825, dando como resultado una fuerza radial en la junta de vértice en la dirección del rotor 821. Dos formas de realización de este tipo están ilustradas esquemáticamente en la figura 17 y en la figura 18. La junta de vértice 1701 incluye un cuerpo 1702 de la junta de vértice y un elemento de resorte 1703. De forma similar, la junta de vértice 1801 incluye un cuerpo 1802 de la junta de vértice y un elemento de resorte 1803. En otras formas de realización, una junta de vértice puede estar solicitada en el interior del canal de la junta de vértice por aceite o bien otro líquido dispuesto en el canal de la junta de vértice.
- 60 Otra forma de realización de una junta de vértice 1901 se ilustra esquemáticamente en las figuras 19(a) y 19(b). La junta de vértice 1901 incluye dos pares de elementos de junta 1902 y 1903 dispuestos uno al lado del otro como se
- 65

representa en la figura 19(a). Cada par puede consistir en un segmento pequeño 1903 y uno grande 1902 sostenido por resortes divididos 1904. Un canal de lubricación 1910 entre los segmentos proporciona lubricante (tal como aceite) a la interfaz de junta/rotor directamente. Esto se puede distinguir a partir de los motores giratorios de la técnica anterior, en los cuales se inyecta aceite en el interior del motor para llegar a las juntas en el rotor. Mediante el suministro de aceite directamente a la junta y a la interfaz junta/rotor, se requiere menos aceite y menos aceite se quema en el motor, reduciendo de ese modo el consumo de aceite y las emisiones.

Los bordes de las juntas de vértice 1925, en donde la junta de vértice se encuentra con el rotor, preferentemente están curvados, como se ilustra esquemáticamente en la figura 19(b). En algunas formas de realización, las juntas de vértice están curvadas con un radio de curvatura R_r , el radio del rodillo teórico. Esto minimizará el desplazamiento de la junta de pico.

Todavía otras formas de realización de la junta de vértice 2001, 2010 y 2020 se ilustran esquemáticamente en las figuras 20(a) - 20(c). Estas juntas están divididas o perforadas 2020 para permitir que el gas entre por debajo de la superficie de cierre hermético para igualar la presión desde el exterior del gas de la junta. Para minimizar la fuga el espacio entre la junta y el rotor o el inserto debe estar lleno de lana de metal a alta temperatura 2003.

Se debe observar que, a diferencia de las juntas de pico Wankel, las cuales requieren aproximadamente 0,070 - 0,110 pulgadas (1,778 - 2,794 mm) de desplazamiento para las juntas en su rotor (para un motor de aproximadamente 100 kW), ninguna junta de vértice en las diversas formas de realización descritas antes en este documento se desplaza más de 0,01 pulgadas (0,0254 cm) como máximo y, en algunas formas de realización, posiblemente mucho menos.

Juntas de botón

Una junta de botón simple 810 se ilustra esquemáticamente en la figura 8(a) y puede ser de un tipo conocido, tal como las juntas de botón utilizadas en los motores Wankel, por ejemplo. Sin embargo, cuando el rotor 821 se dilata debido al calentamiento, la junta frontal 801, colocada en una ranura en el rotor 821, se mueve en una dirección radial hacia fuera. Dependiendo de la elección de los materiales y de las temperaturas de funcionamiento, la junta frontal 801 puede interferir con el botón 810. Una solución a este problema puede ser hacer el botón con unas dimensiones menores o permitir que el botón se mueva junto con la junta frontal durante la dilatación térmica del rotor 821.

Con este propósito, el botón 810 en la figura 8(b) está dispuesto en un manguito 856 del botón. El manguito 856 del botón permite que el botón 870 se mueva, ligeramente, en la dirección radial en concierto con la dilatación térmica del rotor 821. El botón 870 de la junta de botón 810 tiene una sección transversal circular y un radio del botón.

Formas de realización alternativas

Aunque han sido descritas antes en este documento formas de realización en el contexto de un motor cicloidal, muchas de las características pueden ser utilizadas en una variedad de motores.

Por ejemplo, un compartimiento del motor giratorio 2100 que tenga un rotor de tres lóbulos 2102 se ilustra esquemáticamente en la figura 21 en la cual el rotor interior 1202 y el rotor exterior 2103 giran con una velocidad constante alrededor de ejes fijos en el interior del alojamiento 2100. El rotor interior 2102 tiene un diente menos que el rotor exterior 2103. El rotor 2102 puede incluir una junta frontal según las formas de realización descritas antes en este documento. Una forma de realización alternativa de un motor 2300 con un rotor de tres lóbulos 2301 se ilustra esquemáticamente en la figura 23.

En la forma de realización de la figura 21, se crea un volumen sustancialmente constante cuando el rotor interior 2102 acopla los lóbulos correspondientes 2104 del rotor exterior 2103.

El rotor interior 2102 gira y acciona al rotor exterior. Rodillos cargados por resorte o sostenidos en aceite 2110 ayudan en el cierre hermético y reducen la fricción. Lumbreras de admisión y lumbreras escape están conformadas y colocadas de tal modo que el volumen de admisión es menor que el volumen de expansión. Es posible una cámara de combustión de volumen sustancialmente constante debido a la relativamente baja velocidad de expansión del volumen que existe justo después de la combustión.

Durante el funcionamiento de esta forma de realización, cavidades, o cámaras de trabajo, de volumen variable son creadas por los rotores interior y exterior y las cubiertas del alojamiento. Cada cámara gira y en el transcurso de su movimiento cambia el volumen desde un mínimo, V_2 , que corresponde a un volumen de la cámara de combustión de volumen constante, hasta un máximo, V_4 , que corresponde a un volumen de escape. Combustible es inyectado a través de inyectores de combustible estacionarios (no representados) colocados en el interior de las cubiertas. El funcionamiento es típicamente según un ciclo HEHC-S en donde el aire es barrido (escapado e inducido), el aire es comprimido, el combustible es inyectado y quemado y los productos de la combustión se expanden. Mientras se representa una configuración $\frac{3}{4}$, son igualmente posibles configuraciones $\frac{2}{3}$, $\frac{4}{5}$, etc. Este motor también puede

ser accionado en un modo digital.

Otra forma de realización incluye una configuración de álabe individual. Un conjunto de motor con un rotor de este tipo se ilustra esquemáticamente en las figuras 22(a) - 22(c). Esta forma de realización incluye un alojamiento (el gerotor exterior) 2201 y un álabe individual 2202 (un gerotor interior) 2202, el cual gira alrededor de su eje mientras el eje simultáneamente gira (en la excéntrica 2203) con respecto al alojamiento 2201. El gerotor interior 2202 utiliza un diente menos (o lóbulo) que zonas de recepción de los lóbulos tiene el exterior. Un volumen sustancialmente constante (2200) se crea cuando el lóbulo del gerotor interior acopla el lóbulo correspondiente del gerotor exterior. El rotor 2202 puede incluir una junta frontal según las formas de realización descritas antes.

El alojamiento 2201 de esta forma de realización junto con el álabe 2202, forma 4 (en este ejemplo) cavidades, o cámaras, de volumen variable las cuales son análogas a un motor de pistones con 4 cilindros. Los álbes 2202 que se acoplan en cada cámara, a su vez, simulan un funcionamiento de carrera de 4 tiempos. El medio de trabajo será inducido, comprimido, quemado, expandido y escapado.

El alojamiento alojará una cámara de combustión de volumen constante la cual puede estar colocada en el propio alojamiento o en la cubierta. Válvulas accionadas por leva convencionales o válvulas esféricas o válvulas de disco pueden ser utilizadas para controlar la temporización de la carrera de admisión y de escape. Las válvulas no están representadas en esta figura. Si la cámara de combustión de volumen constante 2220 está colocada en el interior del alojamiento como se representa, entonces se puede emplear algunas válvulas cilíndricas. Estas válvulas serán concéntricas con la cámara de combustión y girarán exponiendo la abertura desde la cámara de combustión de volumen constante hacia las lumbreras de admisión o de escape. Teniendo abiertas las válvulas de admisión mientras el volumen de la cámara está disminuyendo permite un volumen de admisión menor que el volumen de escape, consiguiendo de este modo la parte Atkinson del ciclo. Esta forma de realización también puede ser accionada en un modo digital de funcionamiento y puede ser utilizada con un sistema de inyección de combustible.

Una forma de realización alternativa de un motor 2301 con un rotor de tres lóbulos 2300 se ilustra esquemáticamente en la figura 23.

La figura 24 ilustra esquemáticamente otra forma de realización de un motor 2401, en el cual un rotor de 2 lóbulos (generalmente, de N lóbulos) 2402 está rígidamente acoplado a un árbol de entrada/salida 2403. El árbol 2403 gira en el interior del alojamiento 2404 junto con el segundo rotor exterior de 3 lóbulos (generalmente, de N + 1 lóbulos) 2405 el cual está montado de forma excéntrica con respecto al rotor de 2 lóbulos. Cubiertas laterales contienen lumbreras de entrada/salida a través de las cuales la carga fresca es soplada a través en un modo de cuchillas de aire, consiguiendo de este modo el escape y la admisión al mismo tiempo y ejecutando un funcionamiento de 2 tiempos. Además de la simplicidad de la cinemática y del poco número de piezas que se mueven, esta configuración puede ejecutar un ciclo del motor conocido como ciclo "HEHC", como se describe en la publicación de solicitud de patente americana número US 2011/023814.

La figura 25 ilustra esquemáticamente todavía otra forma de realización de un motor 2501. En la forma de realización, un rotor interior de 2 lóbulos (generalmente, de N lóbulos) 2502 está estacionario y un rotor exterior de 3 lóbulos (generalmente, de N + 1 lóbulos) 2503 está configurado para orbitar y girar alrededor del rotor interior estacionario 2502. Un árbol de accionamiento 2504 con rodillos 2505 acciona el rotor de 3 lóbulos 2503. Ésta es una configuración cinemáticamente simple que tiene pocas piezas que se mueven.

La figura 26, la figura 27 y la figura 28 ilustran esquemáticamente formas de realización en las cuales el ajuste de fase o la sincronización de giro y de órbita del rotor se pueden conseguir sin engranajes.

La figura 26 ilustra esquemáticamente una leva 2601 fijada en un rotor 2602 y tres rodillos 2603 fijados en la cubierta (la cubierta se omite por claridad). Alternativamente, también puede ser utilizada una configuración simétrica, tal como dos levas/ 6 rodillos, con la segunda leva en el otro lado del rotor y los rodillos cuarto, quinto y sexto en la otra cubierta. Se debe observar que el perfil de la leva se calcula mediante las mismas fórmulas que para el propio rotor 2602, excepto en que el radio de formación R y el radio del rodillo (R_r) son diferentes, mientras la excentricidad es la misma que la del rotor 2602.

La figura 27 ilustra esquemáticamente una configuración diferente en donde la leva 2701 está fijada en la cubierta mientras dos rodillos están fijados en el rotor.

La figura 28 ilustra esquemáticamente una forma de realización conocida como la placa W. En esta forma de realización, los rodillos 2803 están fijados en un cubo separado 2802 de tal modo que los rodillos "recogen" el movimiento del rotor 2801 y lo transforman en un movimiento puramente giratorio del cubo.

Un motor de este tipo tiene un alojamiento provisto de una cavidad de trabajo, un árbol con una parte excéntrica, un rotor dispuesto en la parte excéntrica y en el interior de la cavidad de trabajo, un cubo que comprende una pluralidad de rotores, una placa acoplada de forma fija al árbol, presentando la placa varias aberturas, de tal modo que cada uno de los rodillos pasa a través de una correspondiente de la pluralidad de aberturas. En funcionamiento, el giro del

rotor causa que los rodillos circulen alrededor de las aberturas, de tal modo que el movimiento excéntrico del rotor es transferido a un movimiento circular en la placa.

Se debe observar que la característica de las formas de realización de las figuras 26 - 28 se puede mezclar y acoplar como se desee para evitar posibles puntos muertos. También, muchas otras formas de realización resultarán evidentes a aquellos expertos en la técnica.

Otra forma de realización 2901 se ilustra esquemáticamente en las figuras 29(a) - 29(b). En un motor cicloide, la excéntrica toma la mayor parte de la carga a partir de la presión del gas. La función del par de engranajes es ajustar la fase del rotor en correlación con el alojamiento. Teniendo un piñón de tamaño relativamente pequeño se limita el tamaño del árbol y, por lo tanto, el grosor del rotor, conduciendo a geometrías en su mayor parte de forma plana. La figura 29 muestra un enfoque alternativo, que incluye leva (o levas) adicionales 2903 incorporadas en el interior del rotor 2901. Tres (o seis, con tres a cada lado del rotor) palpadores de leva 2905 rígidamente unidos a la(s) cubierta(s) ajustarán la fase del rotor sin engranajes. La leva 2904 y los palpadores de leva 2905 se definen mediante las mismas ecuaciones y excentricidad que el propio rotor 2902. Por supuesto, los radios R y Rr son diferentes de aquellos del rotor. Un beneficio adicional en este caso es que son posibles velocidades potencialmente más altas, ya que tres rodillos bastante grandes aceptan las cargas inerciales en oposición a un diente individual.

Una forma de realización alternativa de un motor se ilustra esquemáticamente en la figura 30(a), la figura 30(b) y la figura 30(c). En esta forma de realización el árbol del rotor 3210 está rígidamente conectado con el rotor 3202. El árbol del rotor 3210 está sostenido excéntricamente por dos árboles de entrada/salida 3050, un árbol de entrada/salida colocado en cada dirección axial del rotor. Cada árbol de entrada/salida 3050 tiene dos superficies de apoyo 3050A, 3050B, en donde la superficie de apoyo exterior 3050A está centrada con el centro del motor y la superficie de apoyo interior 3050B está configurada excéntricamente y por lo tanto sostiene el árbol del motor 3210 excéntricamente. Debido a la excentricidad de los árboles de entrada/salida 3050, éstos pueden servir como contrapesos para equilibrar dinámicamente el rotor, eliminando la necesidad de contrapesos separados, mientras permite que el apoyo y los contrapesos estén cerca del rotor. Los árboles de entrada/salida 3050 transforman el movimiento de órbita del rotor 3202 en un movimiento puramente giratorio. La sincronización del rotor, sin embargo, todavía tiene que ser realizada por engranajes o bien otros medios descritos antes en este documento, por ejemplo con el engranaje 3051. Los rodamientos 3060 pueden ser hidráulicos como se representa o de otro tipo.

Una configuración alternativa para el intercambio de gas (admisión y escape) se representa también en la figura 30(b) y en la figura 30(c). Esta alternativa también puede ser aplicada, completa o parcialmente (para una de las estrategias de las lumbreras de admisión y de escape), a la forma de realización representada en la figura 2. En esta forma de realización, la admisión de aire al motor y el escape del medio de trabajo desde el motor, ocurre a través del árbol (3210), en donde el árbol está rígidamente conectado con el rotor. Específicamente, la lumbrera de admisión (3110) comunica con pasos a través de los orificios en el árbol de entrada/salida, el paso entonces continúa a través de una oquedad en el árbol del rotor (3210). Este paso continúa a través del canal (3260) en el rotor conectado rígidamente y se comunica a su vez periódicamente con una cámara de trabajo (3225). La lumbrera de escape está construida de forma similar en el extremo axialmente opuesto del rotor y los árboles, permitiendo periódicamente la comunicación entre la cámara de trabajo (escape) y el entorno. Elementos adicionales representados son el canal de escape en el rotor (3161), el canal de escape en el árbol (3111), la lumbrera de escape (3112).

Las diversas formas de realización descritas antes en este documento pueden ser accionadas a una carga parcial, utilizando una modulación del combustible convencional o procedimientos de salto del ciclo de combustible como se describe más adelante. Por ejemplo, para funcionar a una carga parcial, especialmente con combustibles pesados como diésel, JP8, etc. están disponibles una serie de opciones. Por ejemplo, la cantidad de combustible proporcionada al motor se puede modular como en los motores convencionales.

Alternativamente, el motor puede funcionar en "modo digital", funcionando cada ciclo de encendido a carga total, pero saltando un porcentaje de ciclos. Por ejemplo, saltando tres de cada diez ciclos podría permitir que el motor funcionara bajo el 70% de la potencia completa; saltando ocho de cada diez ciclos permitirá que el motor funcione bajo el 20% de la carga, etc. El salto de ciclos se puede implantar simplemente cortando el suministro de combustible. En este caso, el aire comprimido en la cámara de compresión se expandirá en una cámara de expansión, aunque no ocurra combustión en el ínterin. Esto no sólo ocurrirá con una pérdida mínima de energía, ya que el medio de trabajo (aire, en este caso) actúa como un resorte de aire, sino que es posible alguna recuperación de energía, ya que el calor es transferido desde las paredes de la cámara de trabajo al aire, enfriando de ese modo interiormente el motor, mientras aumenta la temperatura y, por lo tanto, la presión de los gases que se expanden, por lo tanto algunas de las pérdidas afiliadas con la refrigeración del motor pueden ser recuperadas parcialmente como trabajo útil.

La figura 31 ilustra esquemáticamente una forma de realización 3100 que incluye un engranaje interior y un piñón con una relación de 3:2 o, alternativamente de 2:1 si engranajes secundarios libres son accionados por el árbol excéntrico 3101.

La figura 32 ilustra esquemáticamente una forma de realización configurada para ejecutar el ciclo híbrido de alta eficiencia ("HEHC").

En analogía con los motores de pistón convencionales los ciclos HEHC pueden ser denominados ciclos de cuatro tiempos ya que tienen cuatro carreras distintas: admisión, compresión, combustión y expansión y escape. Una variante de barrido del HEHC (HEHC-s) es equivalente a un ciclo de un motor de dos tiempos en donde, al final de la expansión, la cavidad es barrida por el aire ambiental soplado, el cual elimina los gases quemados y rellena la cavidad con una carga de aire fresco o una mezcla de aire/combustible.

Un diagrama de presión - volumen de un ciclo HEHC se representa en las figuras 1 y 2 de la solicitud publicada de patente americana US 2011/023814. En el estado inicial, únicamente se comprime el aire, como en un ciclo diésel, durante la carrera de compresión. El combustible puede ser añadido cerca del final de la carrera de compresión o justo después de la carrera de compresión. Puesto que el aire ya está comprimido en este punto hasta una presión relativamente alta (~ 55 bar), se requieren presiones de inyección altas, similares a aquellas utilizadas en los motores diésel modernos, para conseguir una combustión completa y un escape limpio. El funcionamiento es parecido a los motores diésel excepto por el hecho de que la combustión ocurre a volumen constante, como se consigue en los motores de ciclo Otto que son encendidos por chispa. Sin embargo, a diferencia de los motores de encendido por chispa, la combustión ocurre debido a la inyección de combustible en el interior de un aire comprimido muy caliente. Habiendo dicho esto, sin embargo, también puede ser utilizada una bujía. La expansión ocurre en este ciclo a las presiones del ambiente, similar al ciclo Atkinson.

El funcionamiento a carga parcial puede ser conseguido por una modulación del combustible, como en los motores diésel o mediante el salto de algunas de las inyecciones juntas, como será descrito más adelante en este documento.

Debido a las similitudes de este ciclo al diésel, Otto y Atkinson, este ciclo es referido como un "ciclo híbrido". También es posible inyectar agua durante las carreras de combustión y/o expansión ya que esto puede mejorar el rendimiento del motor, mientras proporciona refrigeración desde el interior del motor.

Si las fugas entre los componentes que se mueven y el alojamiento se mantienen a un nivel bajo, el rendimiento máximo de este ciclo se espera que sea aproximadamente del 57%, mientras el rendimiento promedio se espera que esté por encima del 50%.

La forma de realización 3201 ilustrada esquemáticamente en las figuras 32(a) - 32(f) incluye un rotor 3202 en el interior de un alojamiento 3203. A medida que el rotor 3202 gira, forma diversas cámaras de trabajo con el alojamiento 3202 para ejecutar un ciclo HEHC.

El ciclo empieza con el inicio de la carrera de admisión de aire fresco, punto en el cual el rotor 3202 está en el interior de la zona de recepción de los lóbulos 3210, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(a). En esta posición, un conducto de admisión se abre en el interior del motor 3201, por ejemplo como se ha ilustrado en las formas de realización anteriores. En el punto en el cual se completa la admisión, la admisión de aire se cierra y el aire (el cual puede ser referido como un medio de trabajo) está confinado en el interior de la cámara de trabajo 3250, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(b). A medida que el rotor continúa girando, el aire en el interior de la cámara de trabajo 3250 es comprimido, en una fase de compresión del ciclo HEHC. Por tanto, en este punto en el ciclo, la cámara de trabajo 3250 es una cámara de compresión. Cuando la cámara de compresión es inicialmente desconectada del entorno exterior del motor 3201, tiene un volumen V1.

A medida que el rotor 3202 continúa girando, finalmente ocupa en su totalidad la zona de recepción de los lóbulos 3210 y el medio de trabajo está confinado en el interior de una cámara de combustión 3251, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(c). La cámara de combustión 3251 tiene un volumen V2, el cual es menor que el volumen V1. En este punto, el medio de trabajo incluye el aire comprimido y un combustible, y empieza la combustión. La combustión puede ser iniciada por cualquier medio, pero en esta forma de realización la combustión es iniciada por el grado de compresión del medio de trabajo.

La combustión aumenta la presión en el medio de trabajo, el cual a su vez ejerce una fuerza en el rotor 3202, causando que el rotor 3202 continúe su giro y de ese modo permitiendo que el medio de trabajo se expanda en una fase de expansión del ciclo HEHC, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(d). El volumen de la cámara de trabajo, y por lo tanto el volumen del medio de trabajo, se expande hasta que el volumen (V3) excede del volumen de admisión V1, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(e).

Finalmente termina la fase de expansión y el medio de trabajo escapa al entorno exterior del motor 3201, como se ilustra esquemáticamente en la figura 32(f).

Aunque las formas de realización anteriores en este documento hayan sido descritas en términos de motores de combustión interna, algunas formas de realización pueden ser utilizadas como un expansionador, tal como en un motor de vapor, por ejemplo. De hecho, diversas formas de realización pueden estar configuradas como un motor de

calor exterior (por ejemplo, un motor de combustión externa). Por ejemplo, el calor puede ser suministrado al interior de la cámara de trabajo colocando una tubería caliente en el interior del volumen descrito antes como una cámara de combustión, para permitir la transferencia de calor exterior a partir del sol, combustión, nuclear, etc., al interior de esa cámara.

5 De hecho, la exposición de este documento soportará una amplia variedad de reivindicaciones potenciales. Por ejemplo, en formas de realización con una junta de cuña, y/o con una junta frontal en un borde achaflanado de un rotor, la presión (tal como la presión del gas por ejemplo), generará una fuerza radial en la junta frontal y esa fuerza, a su vez, solicitará la junta frontal para que se suba en el borde achaflanado, convirtiendo de ese modo la fuerza en
10 un movimiento axial de la junta por el borde achaflanado del rotor. También, en algunas formas de realización, una junta frontal puede tener una superficie axial (plana) que puede estar a una distancia muy corta de la superficie de la cubierta. Esto crea un intersticio para que el gas pase a través y cree una presión/fuerza en dirección opuesta a la fuerza axial anteriormente mencionada. El área superficial de este intersticio controla la fuerza axial, que a menudo sirve como un freno indeseado, reduciendo de ese modo la fricción entre la junta frontal y la cubierta.

15 Si una superficie de la junta de vértice tiene el mismo ángulo de chaflán que la junta de cuña, la parte pequeña de la junta de vértice podría estar diseñada para moverse junto con la junta de cuña, produciendo de ese modo o eliminando totalmente el intersticio entre el vértice y la junta de cuña.

20 Una variedad de juntas, tales como juntas frontales y de vértice, han sido descritas antes en este documento y todas las cuales podrían ser reivindicadas, tanto solas como en el contexto de una trama de juntas.

Además, formas de realización de los motores descritos en este documento pueden ser accionados en una variedad de modos. Por ejemplo, formas de realización pueden ser accionadas en un modo de dos tiempos, o en una
25 variedad de modos de cuatro tiempos, incluyendo sin limitación, la ejecución de un ciclo HEHC (esto es, funcionamiento HEHC).

REIVINDICACIONES

1. Motor (200) que incluye:

- 5 - un rotor cicloidal (202) que tienen N lóbulos (202A, 202B);
- un alojamiento (201) que tiene un conjunto correspondiente de N + 1 zonas de recepción de lóbulos (250, 252, 253) para recibir sucesivamente los lóbulos a medida que el rotor gira alrededor de un eje con relación al alojamiento, presentando el alojamiento:
10 (i) un par de lados axialmente dispuestos en unos lados primero y segundo del rotor, y
 (ii) un vértice (205, 206, 207) dispuesto entre cada par de zonas de recepción de lóbulos adyacentes, y
 (iii) una lumbrera de admisión (260) y una lumbrera de escape (265);
- 15 - una pluralidad de juntas de vértice (251A, 251B, 251C), por lo menos una de la pluralidad de juntas de vértice dispuesta en cada vértice y configurada para mantener contacto con el rotor durante un periodo de giro del rotor, estando solicitada radialmente cada junta de vértice contra el rotor durante el giro del rotor, debido a la geometría cicloidal del rotor y las partes de recepción de lóbulos;
- 20 - un primer paso (261) definido en el rotor para la comunicación cíclica entre la lumbrera de entrada y una cámara de trabajo (711), el primer paso configurado para permitir que el aire entre desde una cara radial (202R) del rotor al interior de la cámara de trabajo, la cámara de trabajo definida como un volumen que descansa entre dos juntas del vértice, el alojamiento y el rotor;
- 25 - un segundo paso (270), distinto del primer paso, definido en el rotor para la comunicación cíclica entre la lumbrera de escape y la cámara de trabajo, el segundo paso configurado para permitir que el gas de escape salga desde la cámara de trabajo a través de la cara radial (202R) del rotor;
- 30 - una primera junta frontal (801), dispuesta entre el primer lado del alojamiento y el rotor, configurada para cerrar herméticamente la cámara de trabajo; y
- una segunda junta frontal (801), dispuesta entre el segundo lado del alojamiento y el rotor, configurada para cerrar herméticamente la cámara de trabajo;
- 35 en el que la primera junta frontal está dispuesta cerca de un borde exterior del rotor, el borde exterior definido por una intersección de una cara axial (821A) del rotor con la cara radial del rotor, en el que los pasos y las juntas frontales están configurados para causar que cada junta frontal mantenga contacto con el rotor y uno de los lados del alojamiento a través de todas las posiciones angulares del rotor mientras se evita la comunicación con una u otra de las lumbreras.
- 40 2. Motor según la reivindicación 1, en el que cada junta de vértice tiene una zona de contacto con el rotor, y la zona de contacto está curvada con un radio de curvatura igual a un radio de curvatura de un rodillo teórico, rodillo teórico que está únicamente definido por la geometría del rotor y la geometría de las zonas de recepción de lóbulos.
- 45 3. Motor según la reivindicación 1, en el que la segunda junta frontal está dispuesta cerca de un segundo borde exterior del rotor, el segundo borde exterior definido por una intersección de una segunda cara axial del rotor con la cara radial del rotor.
4. Motor según la reivindicación 1, en el que la primera junta frontal está dispuesta en la cara axial del rotor y la cara axial incluye un rellano en el borde exterior, en el que el rellano está entre el borde exterior y la primera junta frontal, comprendiendo adicionalmente el motor una junta de botón dispuesta de modo que está en contacto con el rotor y la primera junta frontal en el rellano.
- 50 5. Motor según la reivindicación 1, en el que en un primer ángulo del rotor en el interior del alojamiento, la cámara de trabajo forma una cámara de compresión que presenta un volumen máximo de la cámara de compresión y en un segundo ángulo del rotor en el interior del alojamiento la cámara de trabajo forma una cámara de expansión que presenta un volumen máximo de la cámara de expansión, siendo el volumen máximo de la cámara de expansión mayor que o igual a 1,0 veces el volumen máximo de la cámara de compresión.
- 55 6. Motor según la reivindicación 5, en el que el volumen máximo de la cámara de expansión es por lo menos 3 veces el volumen máximo de la cámara de compresión.
- 60 7. Motor según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pluralidad de canales de lubricante en por lo menos uno de los lados, cada uno de la pluralidad de canales de lubricante dispuesto de modo que suministre lubricante a una junta de vértice correspondiente de la pluralidad de juntas de vértice.
- 65 7. Motor según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pluralidad de canales de lubricante en por lo menos uno de los lados, cada uno de la pluralidad de canales de lubricante dispuesto de modo que suministre lubricante a una junta de vértice correspondiente de la pluralidad de juntas de vértice.

8. Motor según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un canal de lubricante en por lo menos uno de los lados, el canal de lubricante dispuesto de modo que suministre continuamente lubricante a una junta frontal correspondiente de las juntas frontales.

5 9. Motor según la reivindicación 1, en el que el alojamiento tiene una cavidad de trabajo y una cámara de combustión (820) en comunicación fluida con la cavidad de trabajo, en el que el motor comprende adicionalmente:

- un pistón (850) dispuesto en el alojamiento y configurado para entrar en el interior y salir de la cámara de combustión de forma controlable;

10 - el rotor montado de forma giratoria en el interior de la cavidad de trabajo, de modo que forme una cámara de trabajo de volumen variable con el alojamiento, en diferentes ángulos de giro del rotor en el interior de la cavidad de trabajo; y

15 - un controlador sincronizado con el ángulo de giro del rotor para causar de forma controlable que el pistón entre y salga de la cámara de combustión, de modo que cause que el volumen combinado de la cámara de trabajo y la cámara de combustión sea constante sobre una gama de ángulos de giro del rotor.

20 10. Motor según la reivindicación 1, en el que el alojamiento presenta una cavidad de trabajo, en el que el motor comprende adicionalmente:

- un árbol (210) que presenta una parte excéntrica (210B);

25 - el rotor (2602) que presenta una primera cara axial y una segunda cara axial opuesta a la primera cara axial, el rotor dispuesto en la parte excéntrica y en el interior de la cavidad de trabajo, comprendiendo el rotor una primera leva (2601) en la primera cara axial, presentando la primera leva una excentricidad que corresponde a la excentricidad de la parte excéntrica del árbol; y

30 - una cubierta integral con, o unida fijamente a, el alojamiento, comprendiendo la cubierta una pluralidad de rodillos (2603), cada rodillo acoplado con la leva, en el que la leva guía el giro del rotor a medida que el rotor gira en el interior de la cavidad de trabajo y orbita alrededor del árbol.

11. Motor según la reivindicación 10, que comprende adicionalmente una segunda leva (2903) en la segunda cara axial del rotor.

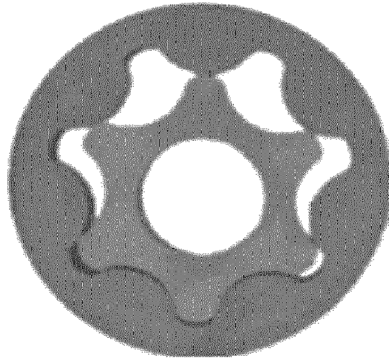


Fig. 1(a)

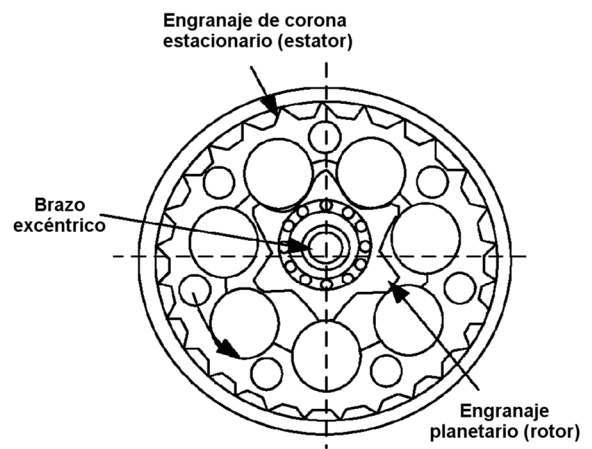


Fig. 1(b)

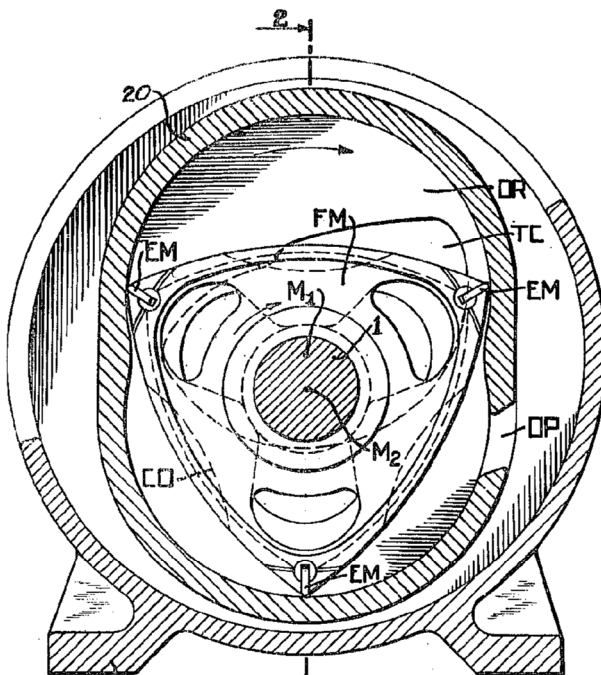


Fig. 1(c)

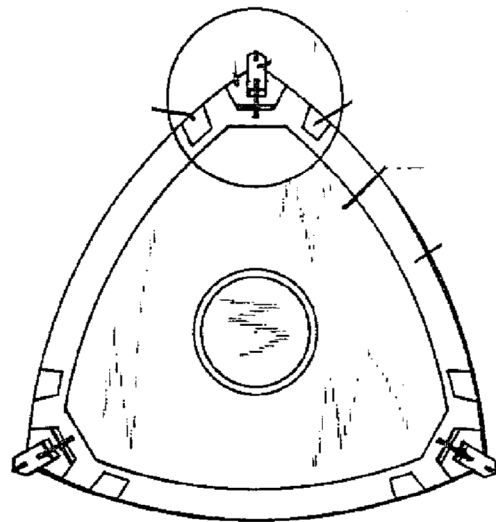
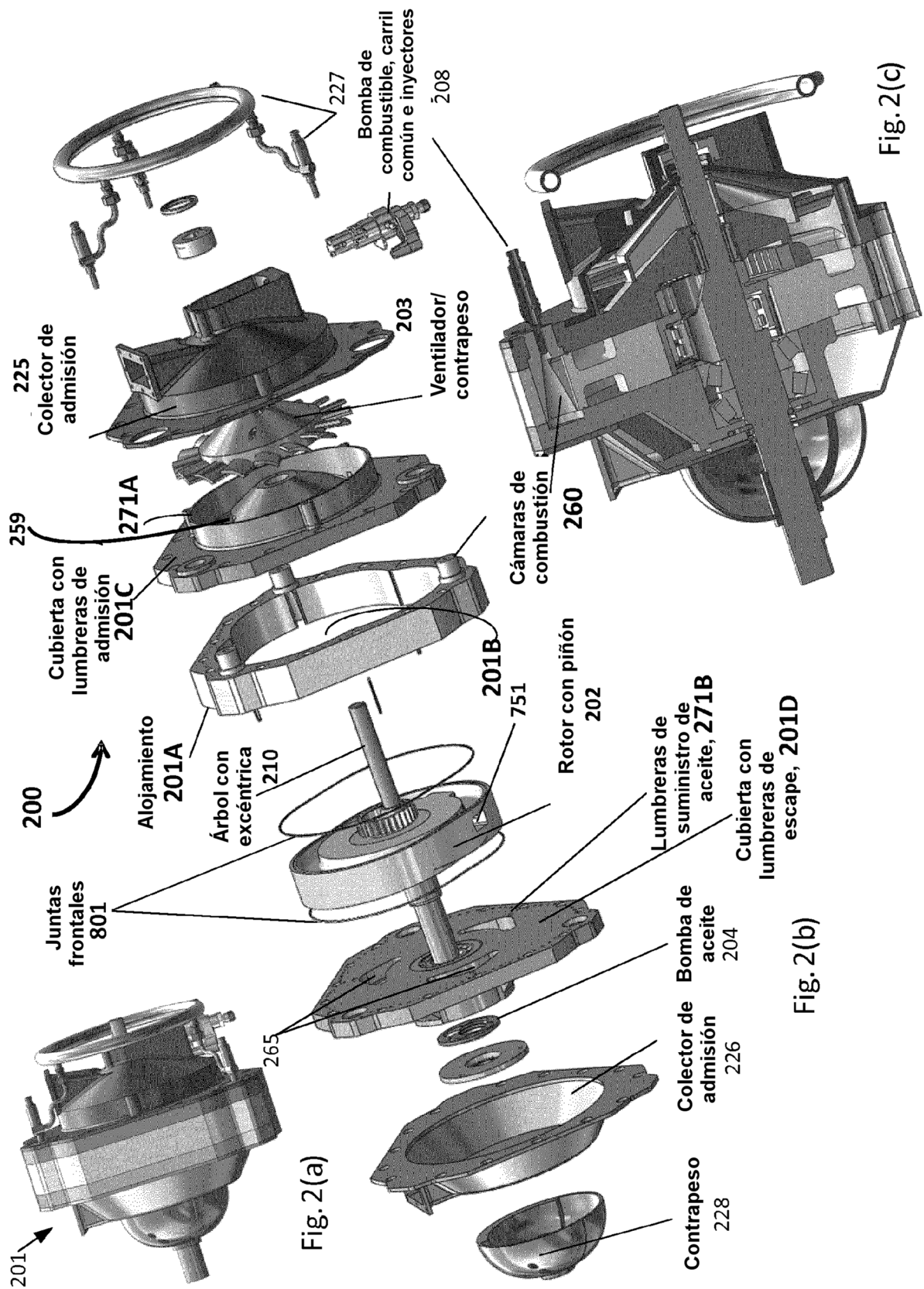


Fig. 1(d)

TÉCNICA ANTERIOR



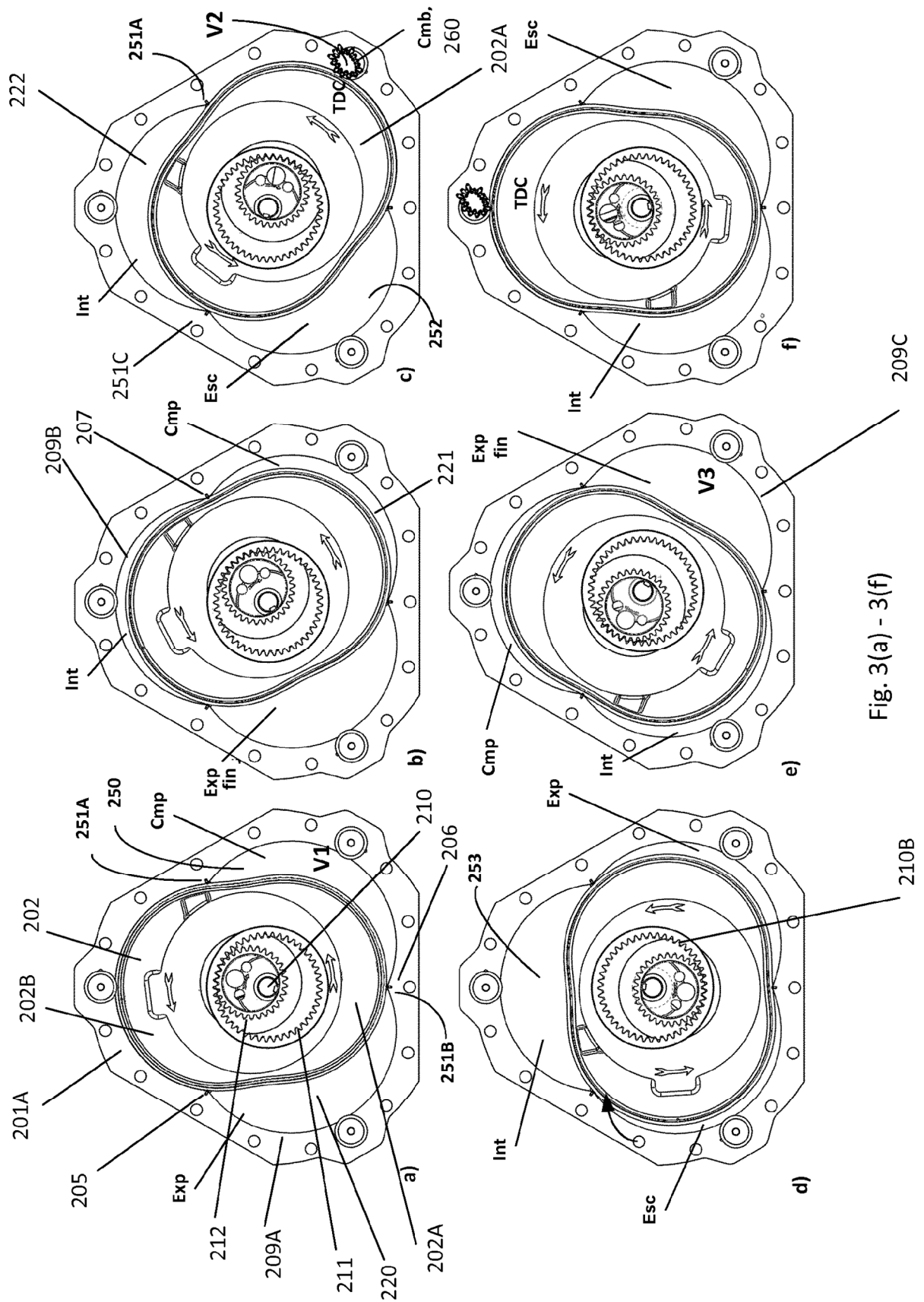
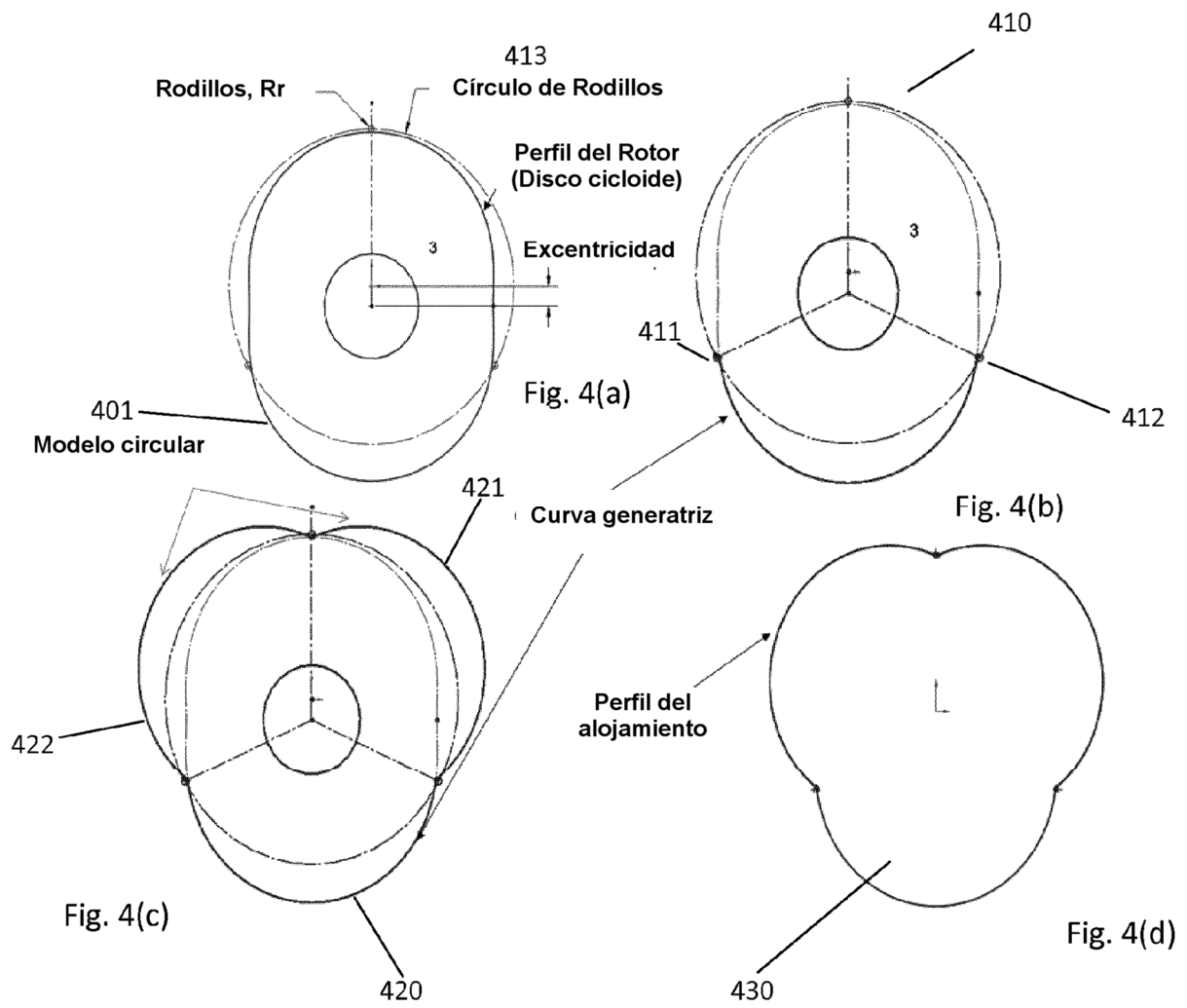


Fig. 3(a) - 3(f)



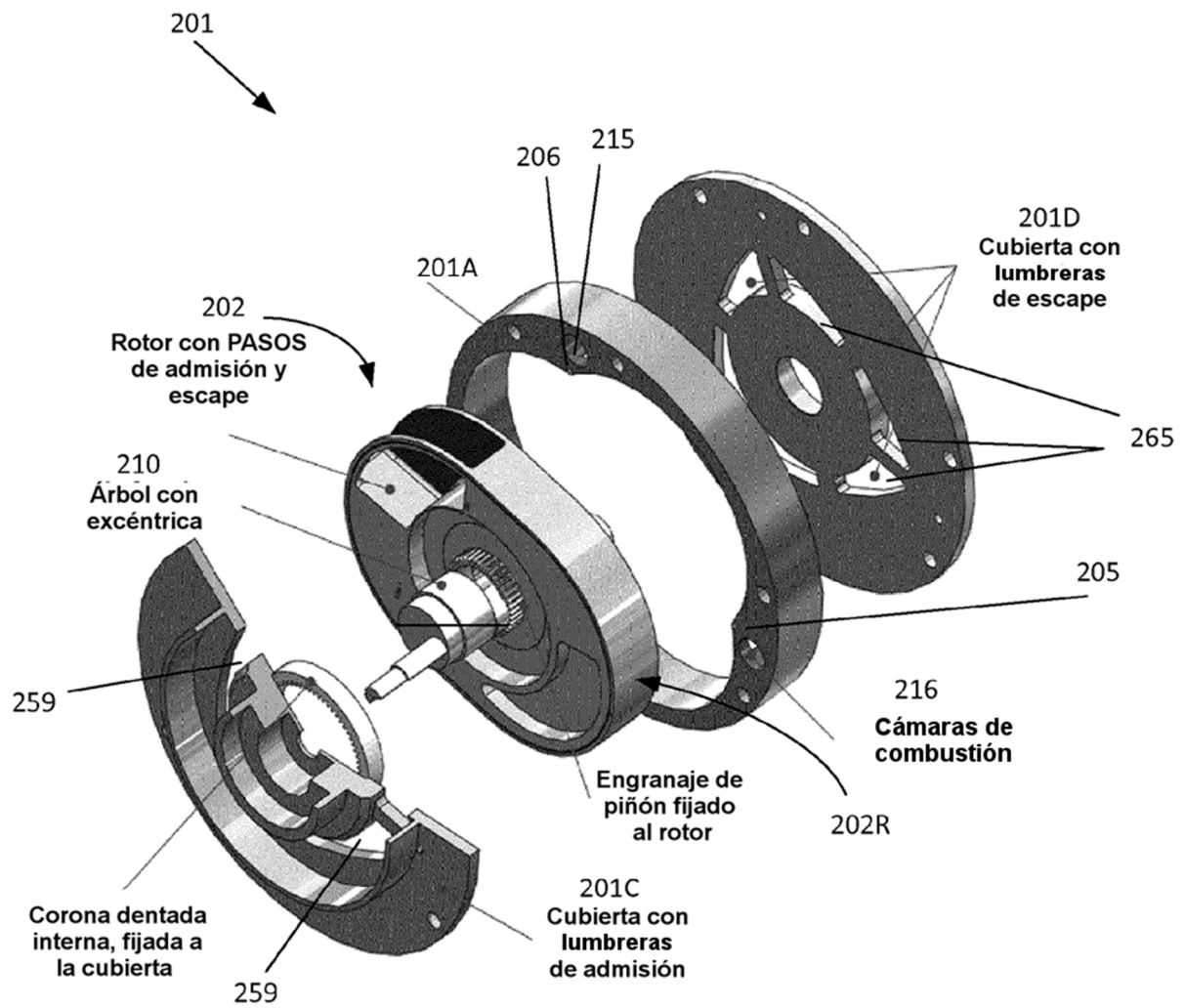
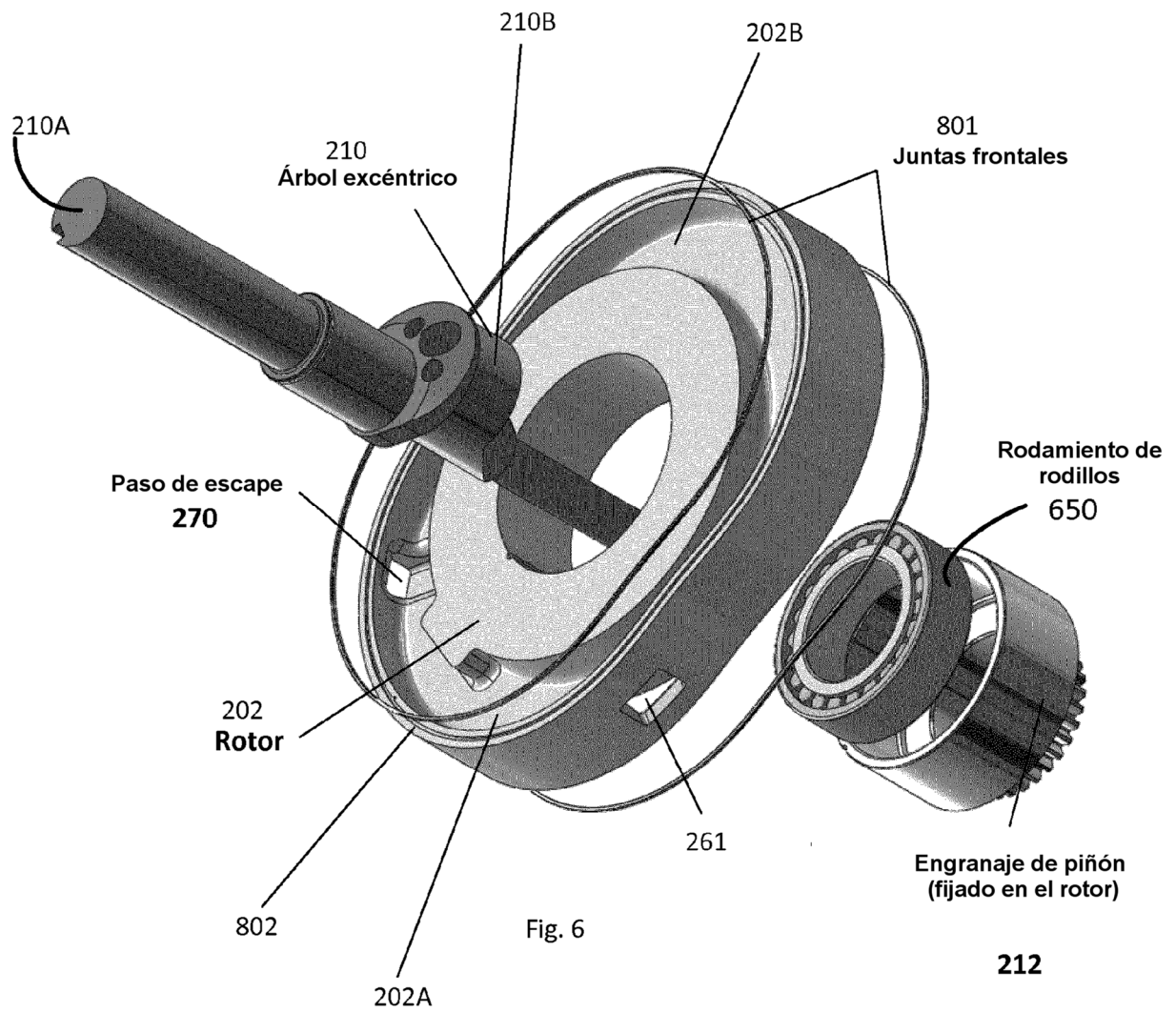
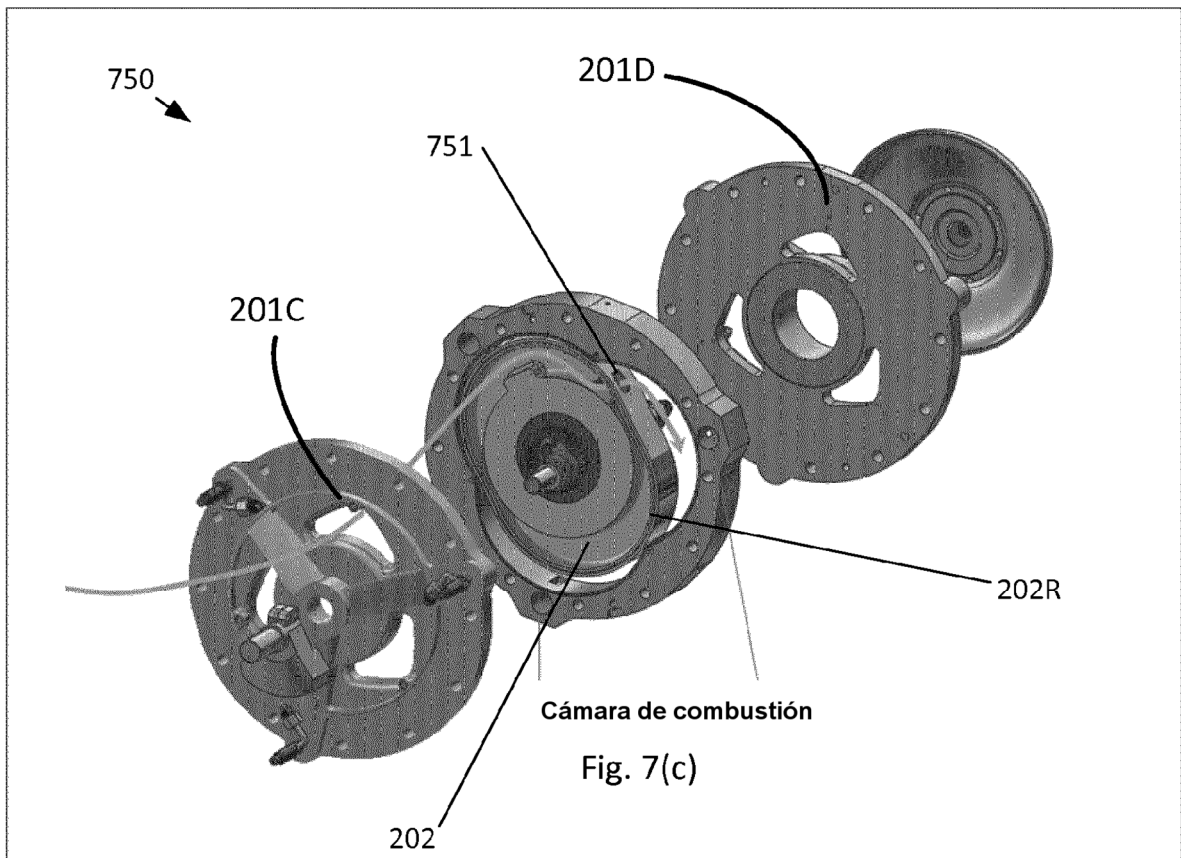
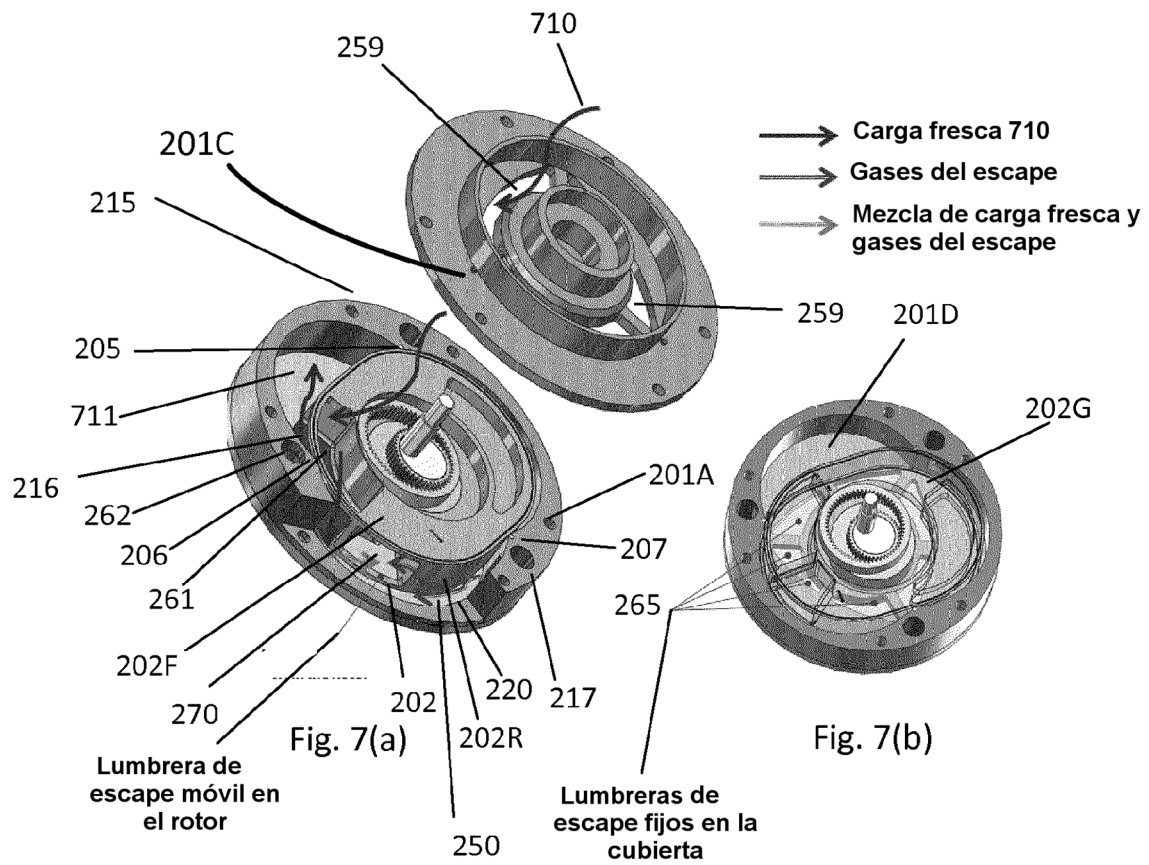


Fig. 5





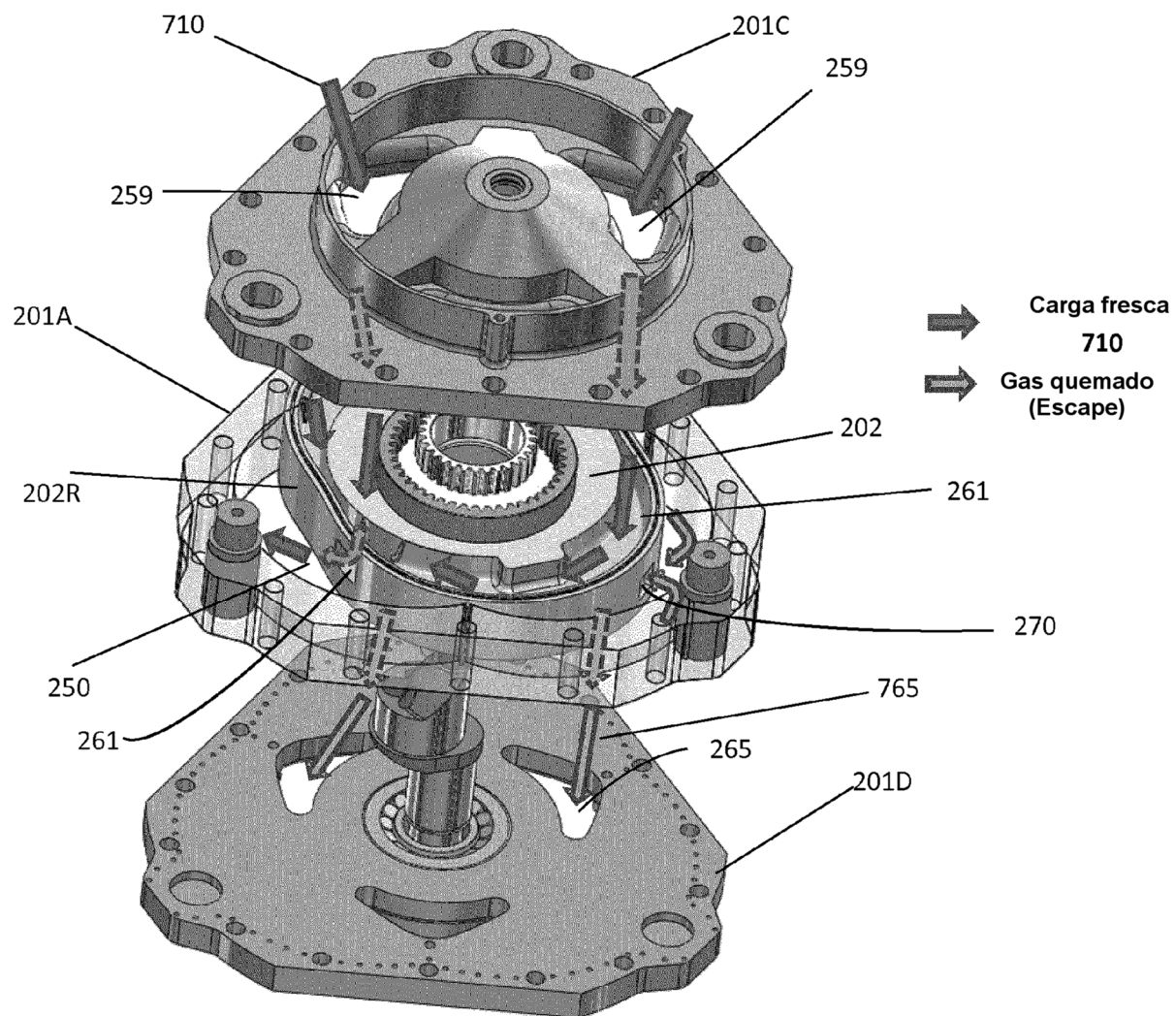
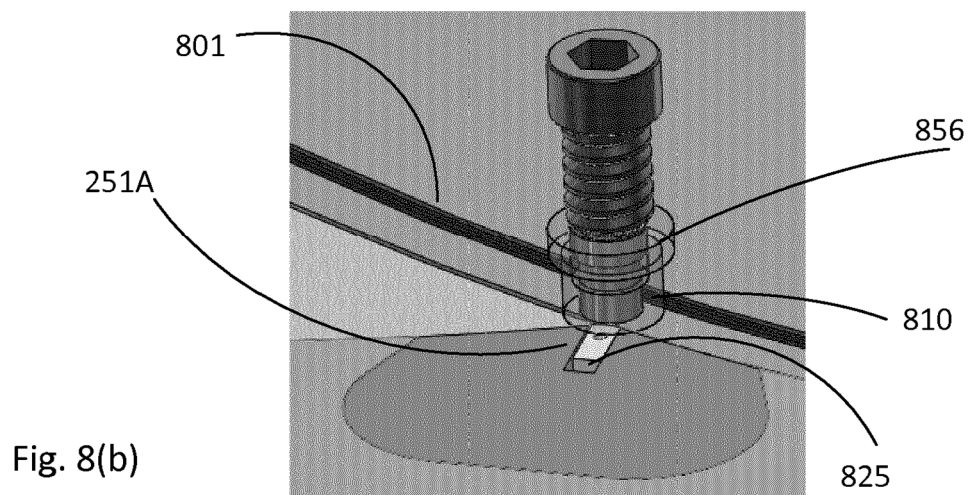
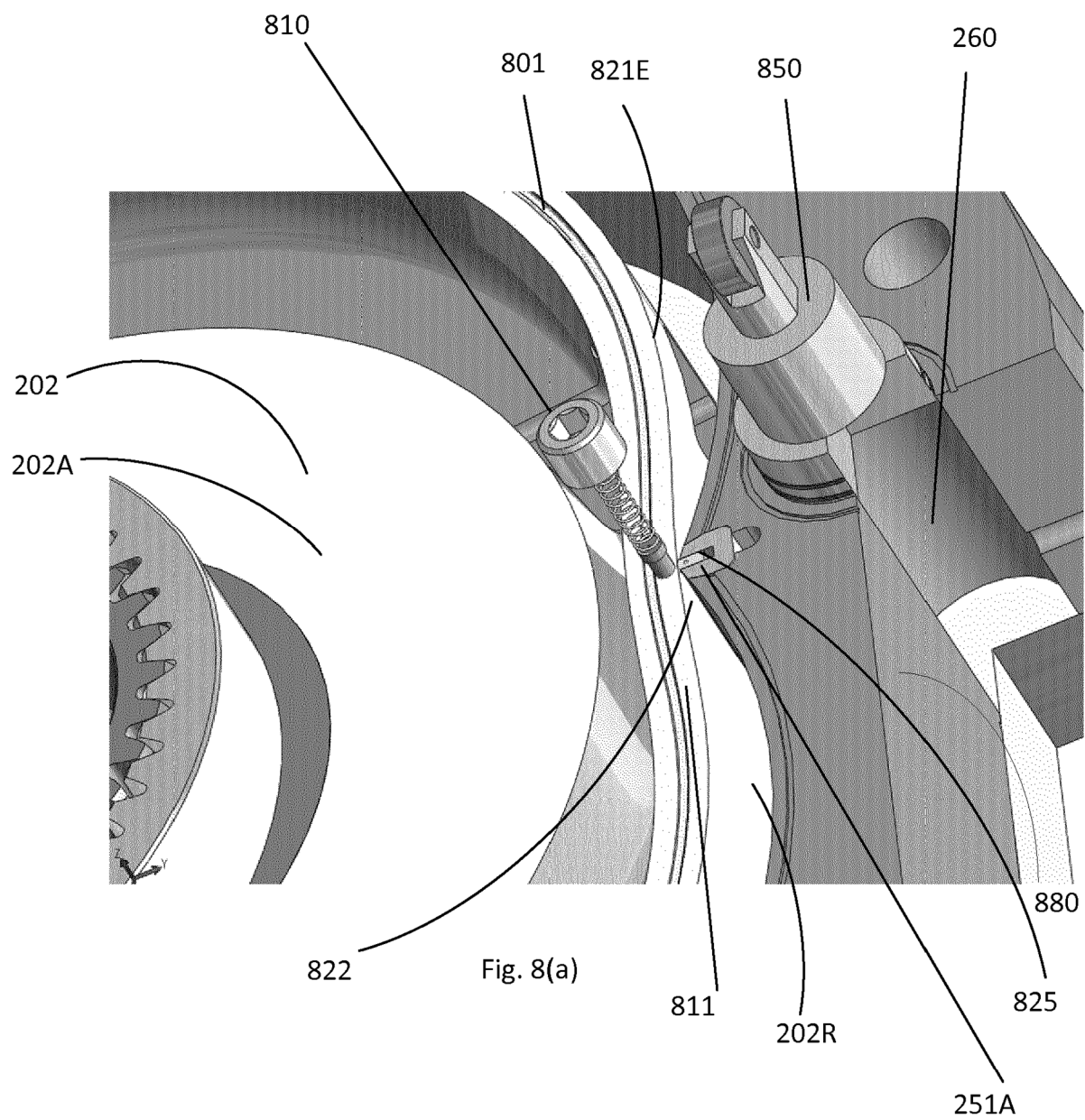


Fig. 7(d)



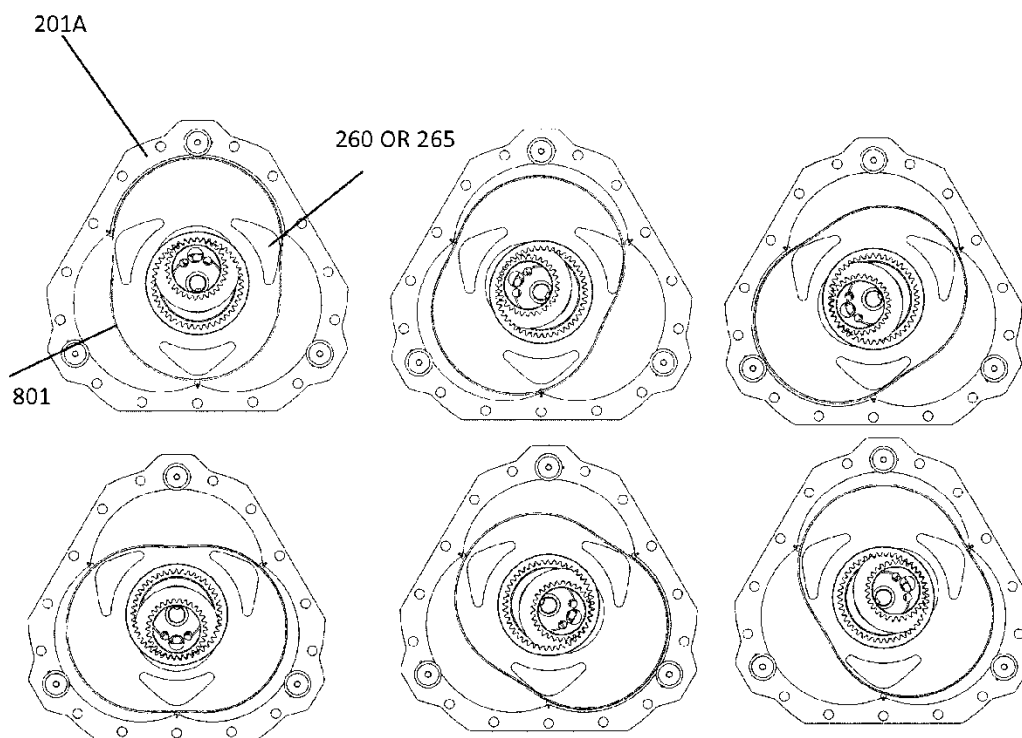


Fig. 9

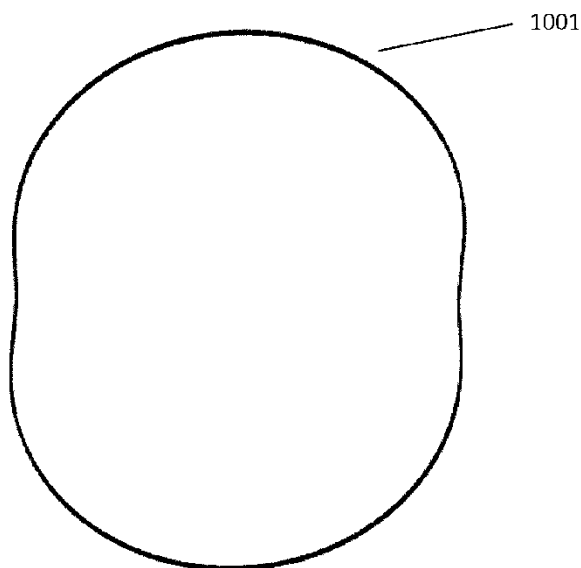


Fig. 10(a)

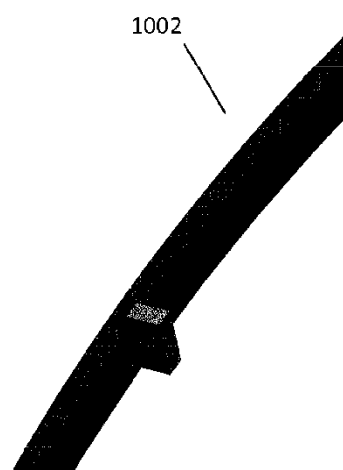
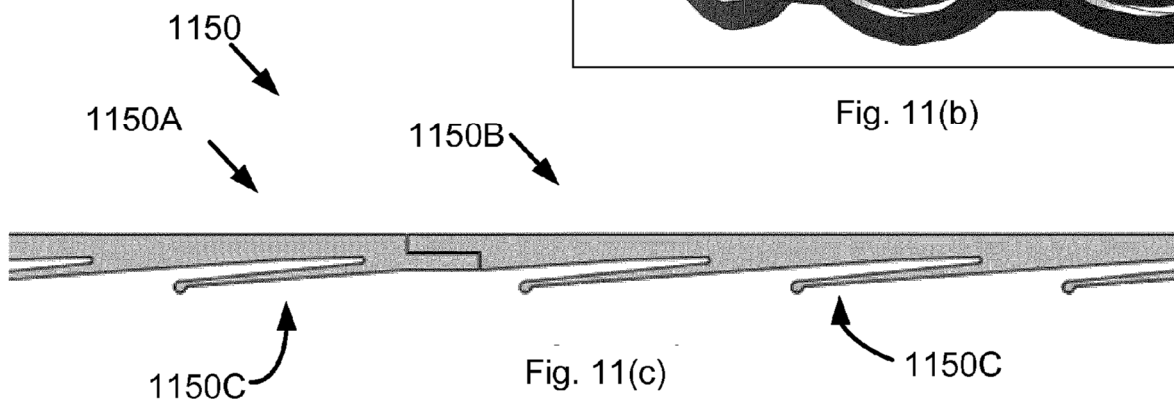
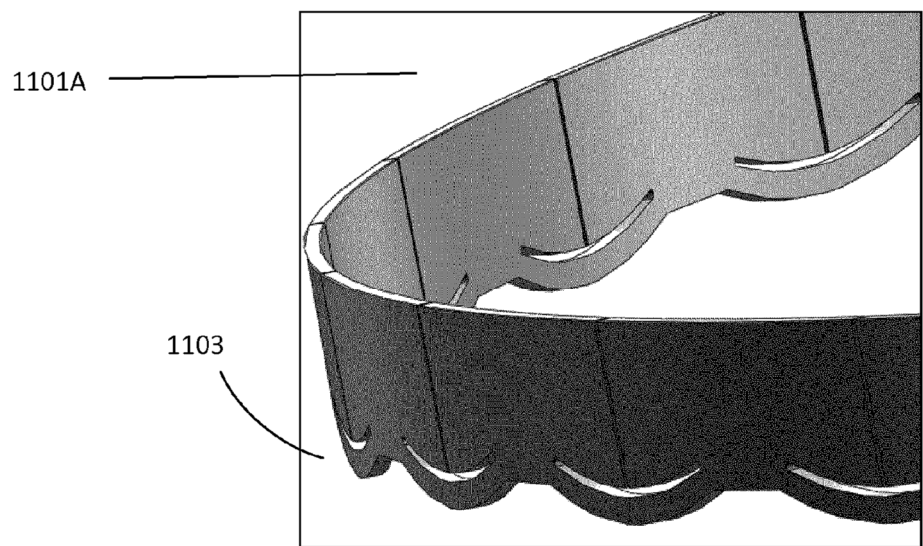
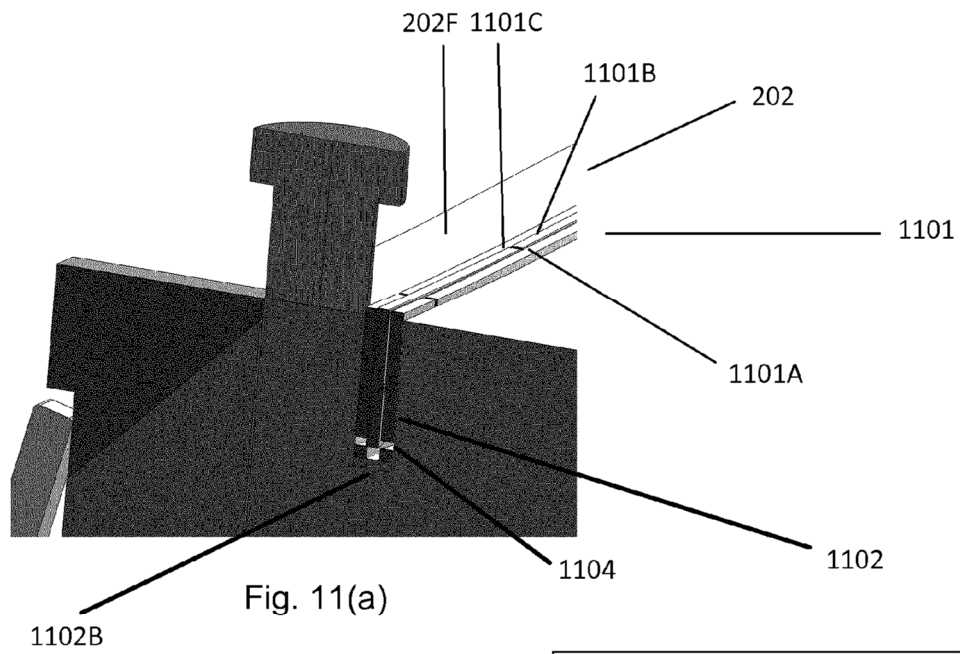


Fig. 10(b)



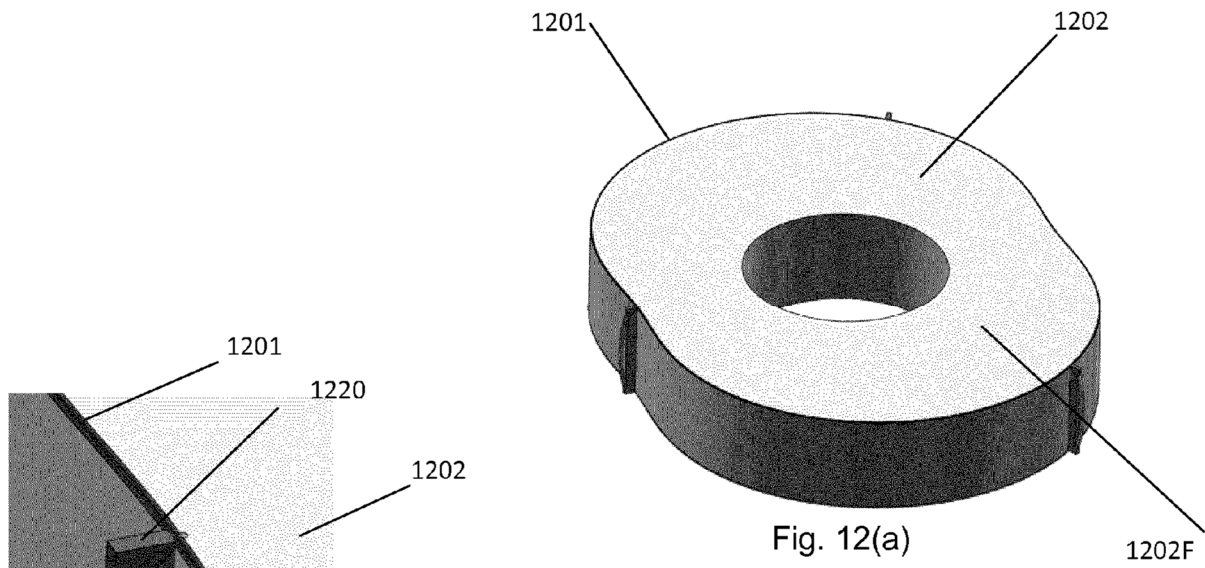


Fig. 12(b)

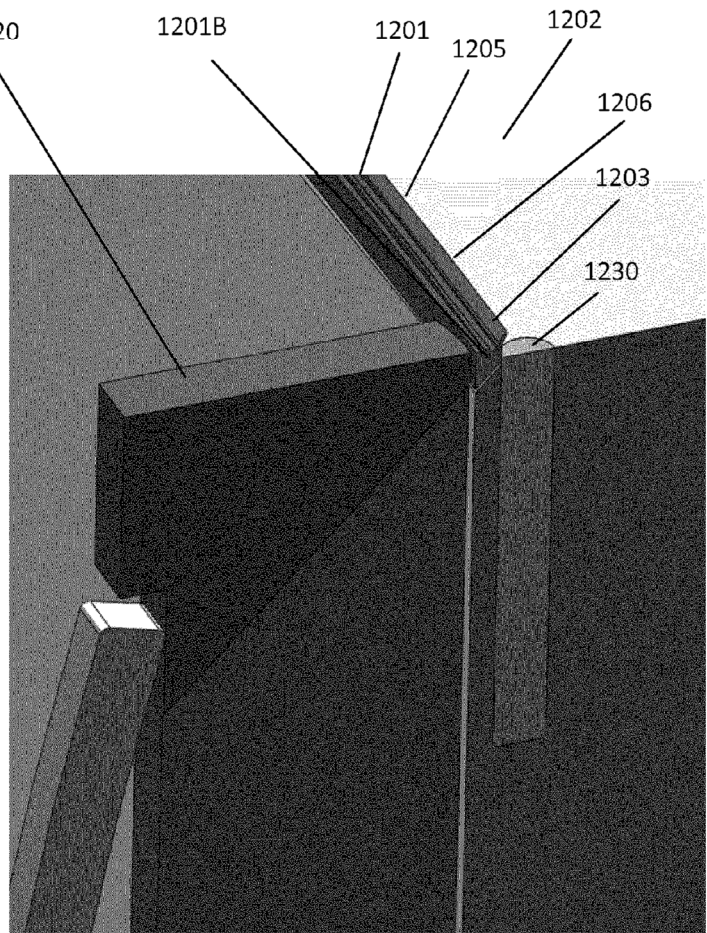


Fig. 12(c)

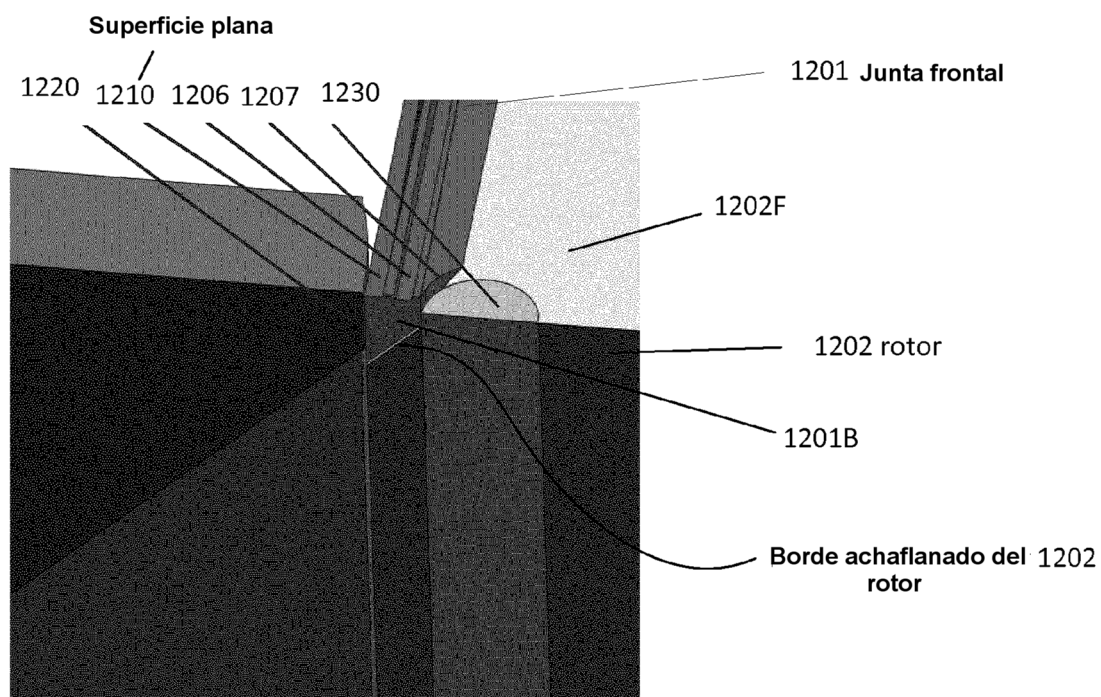


Fig. 12(d)

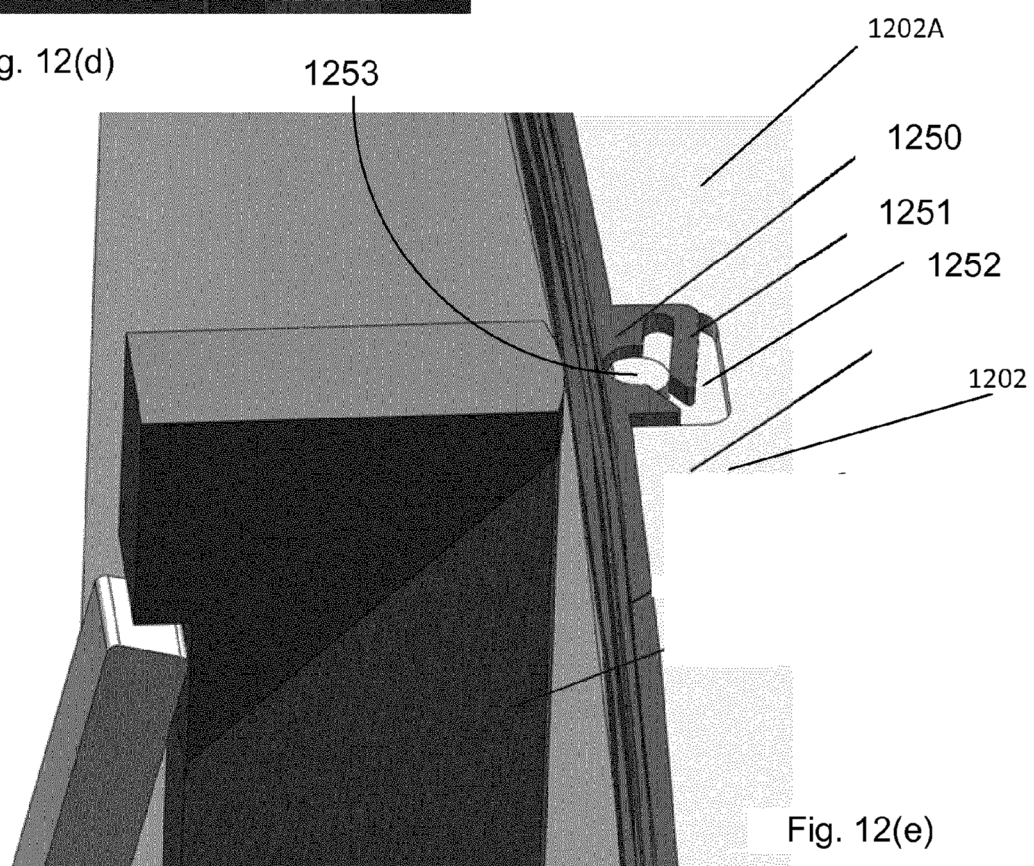


Fig. 12(e)

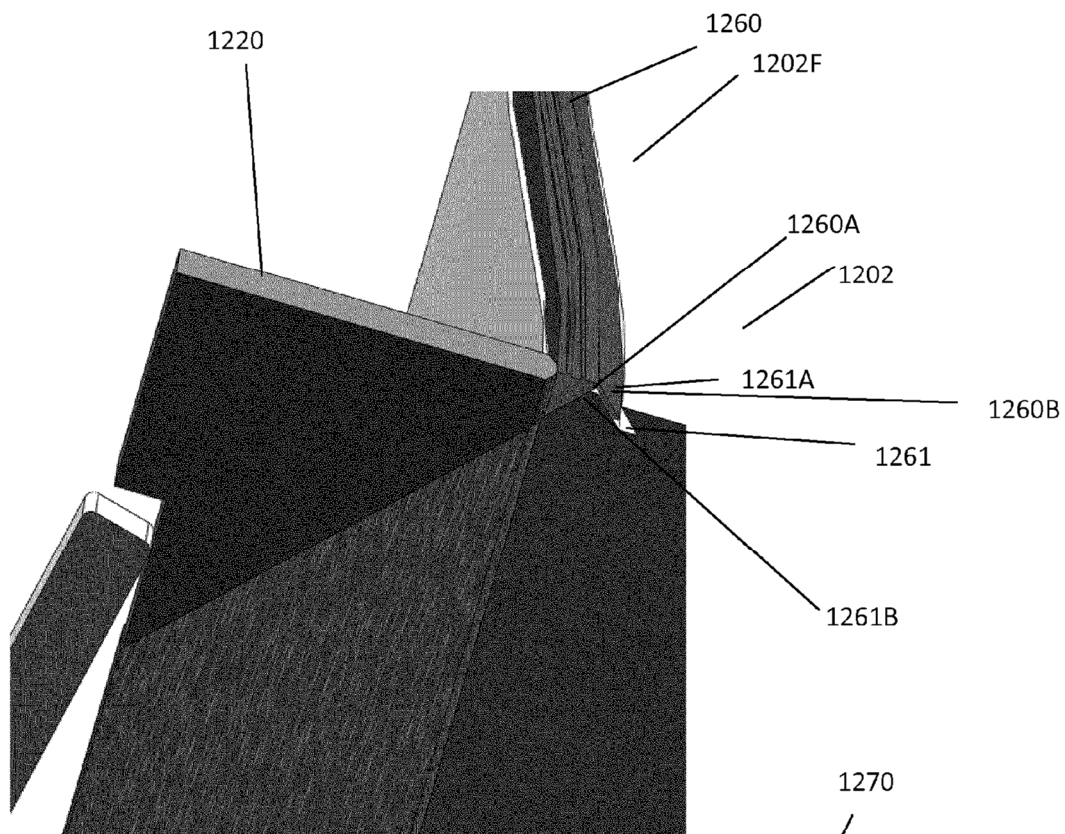


Fig. 12(f)

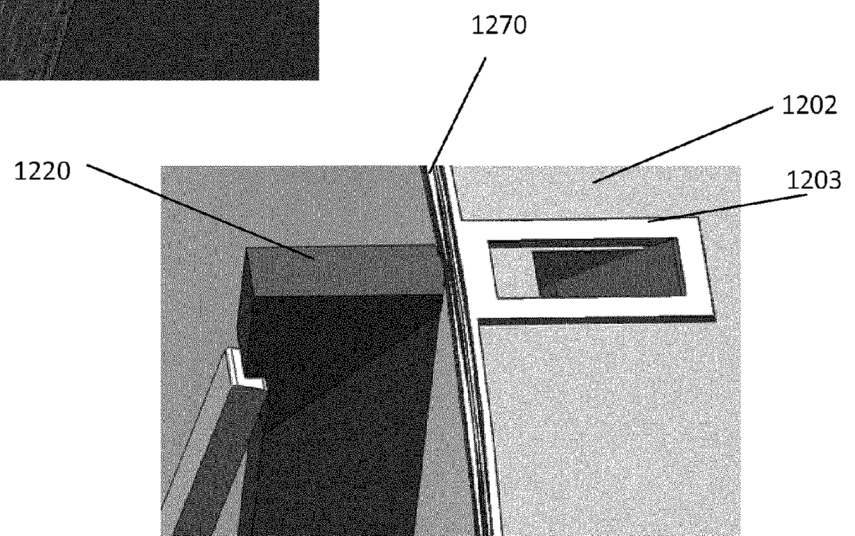


Fig. 12(g)

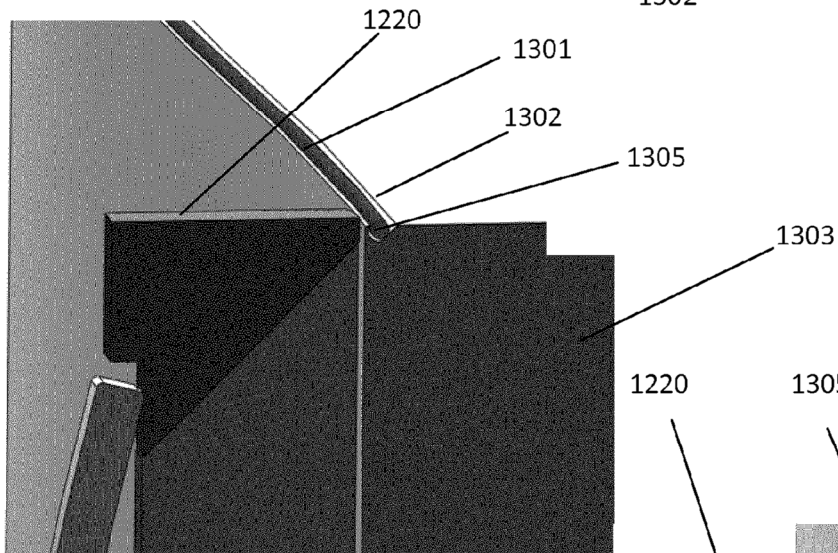
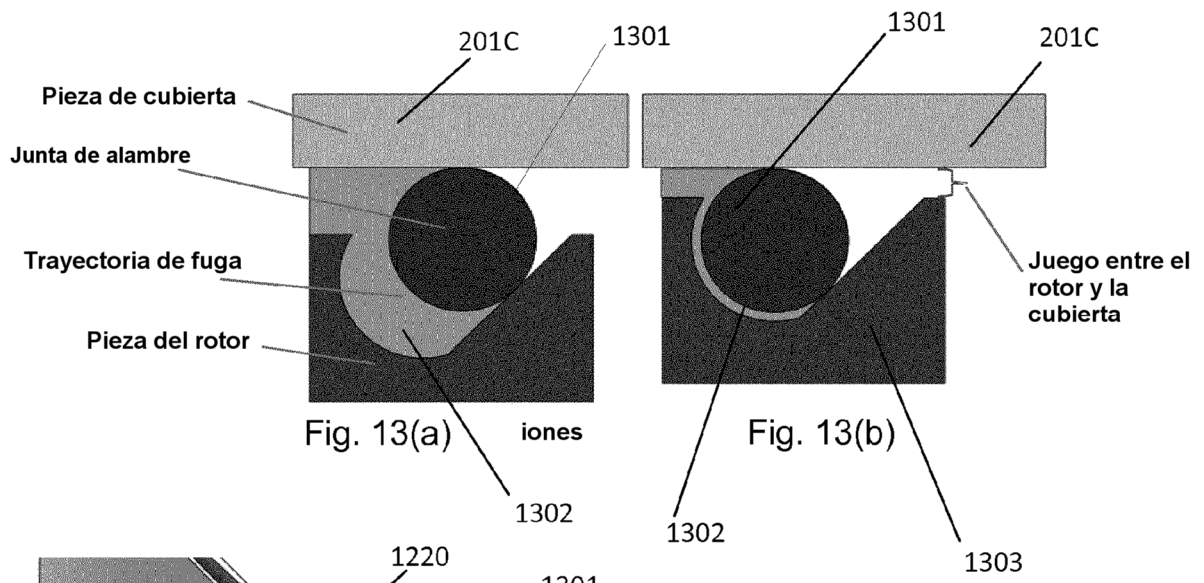


Fig. 13(c)

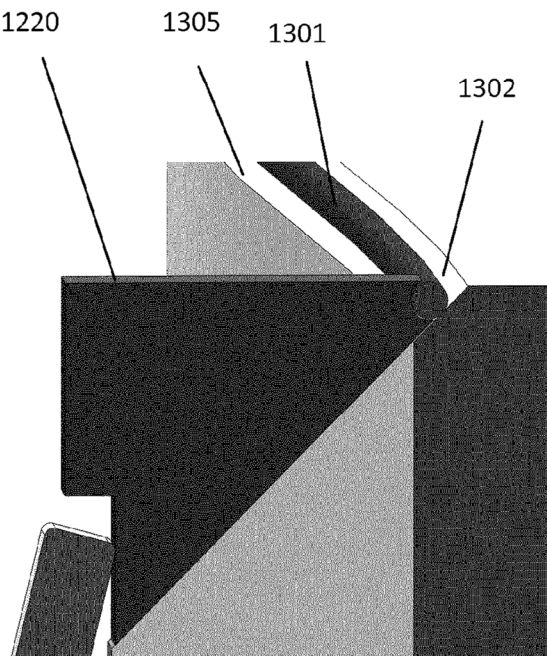
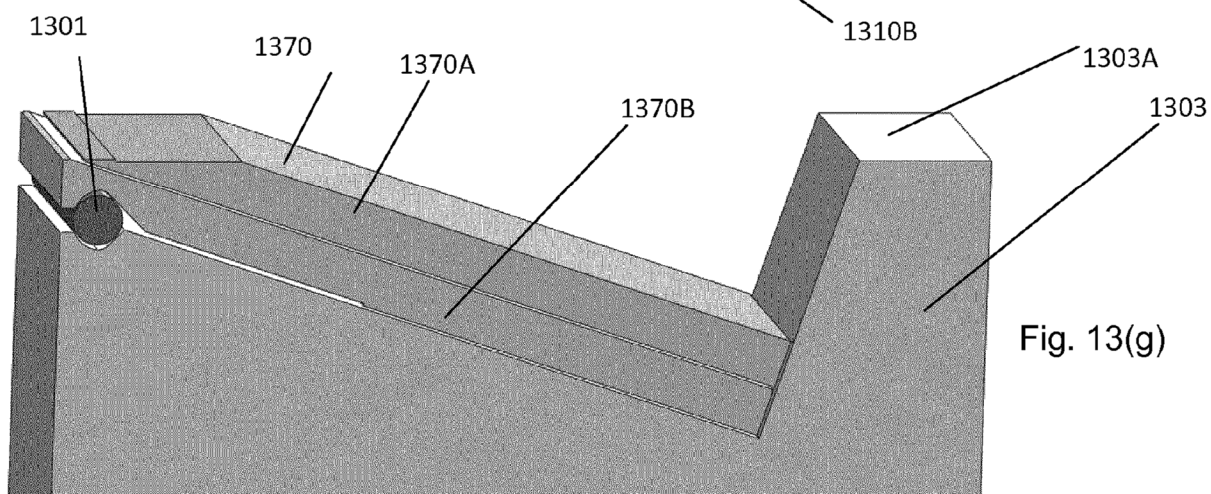
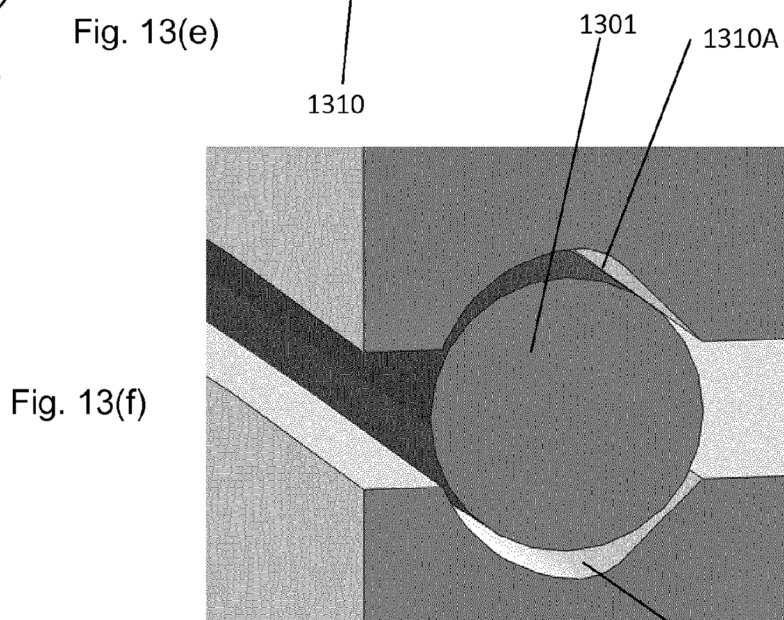
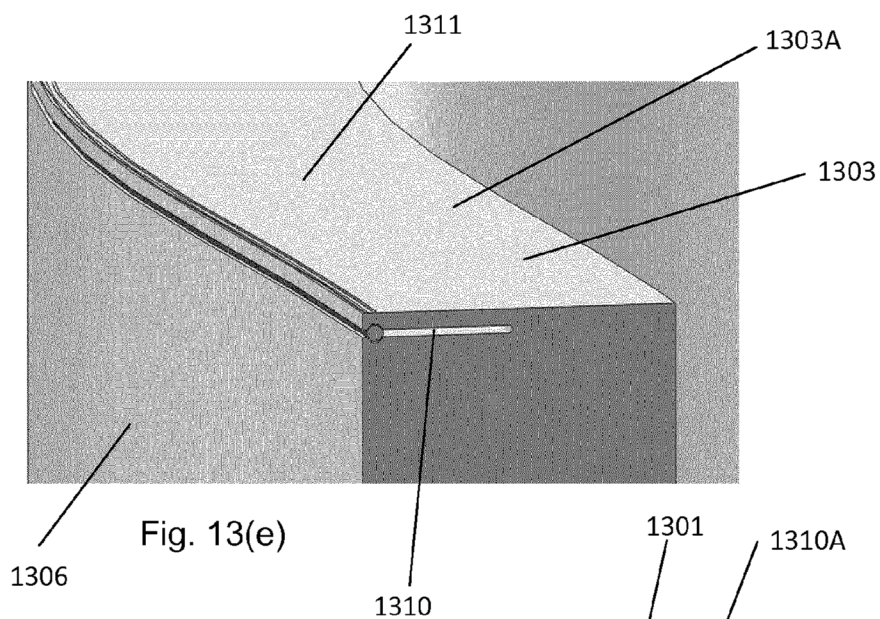


Fig. 13(d)



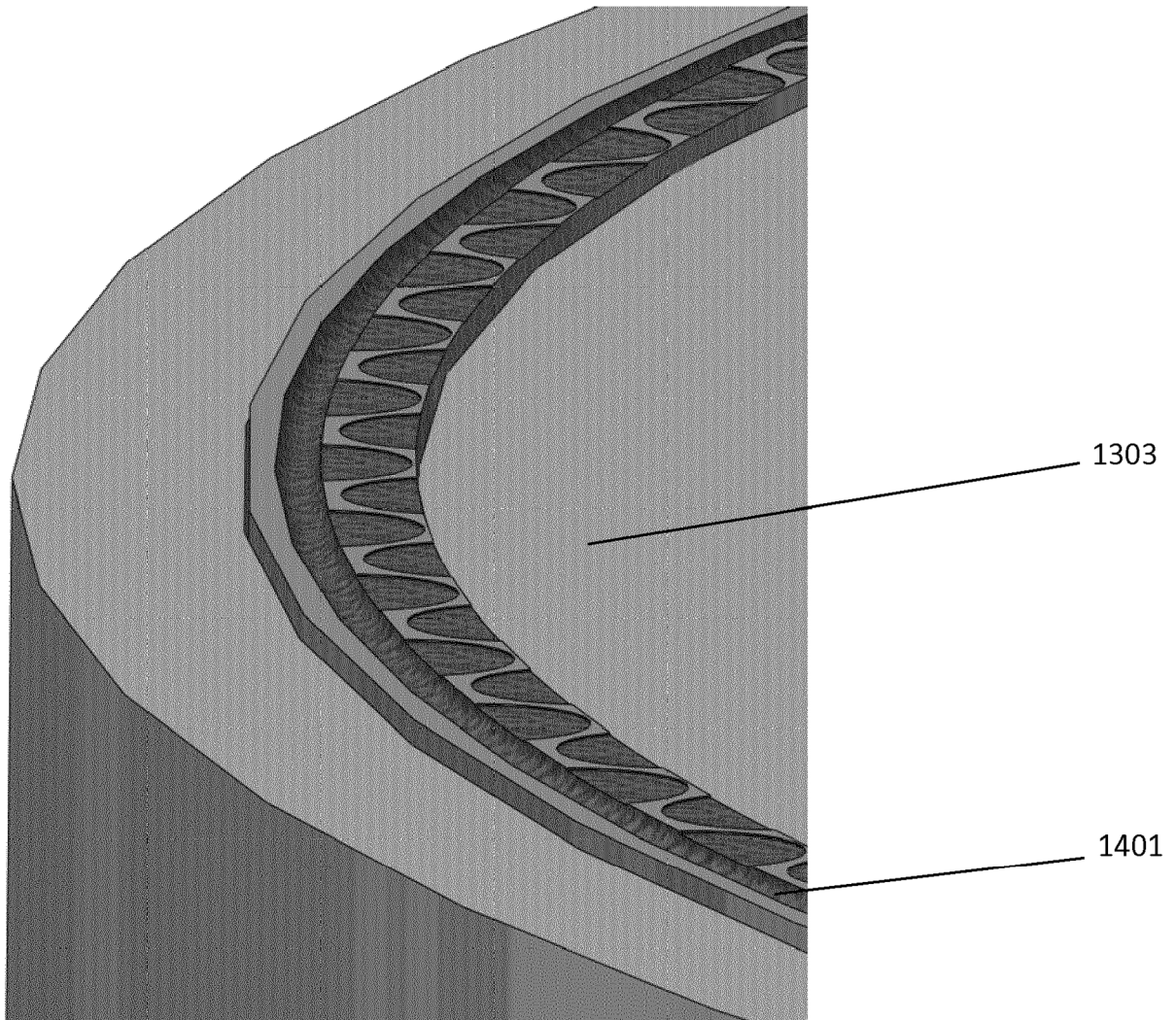
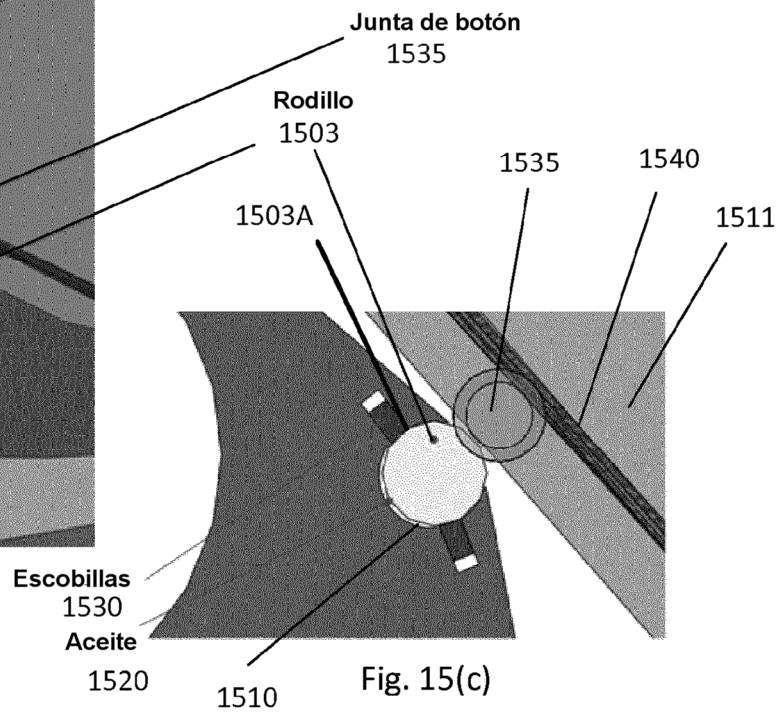
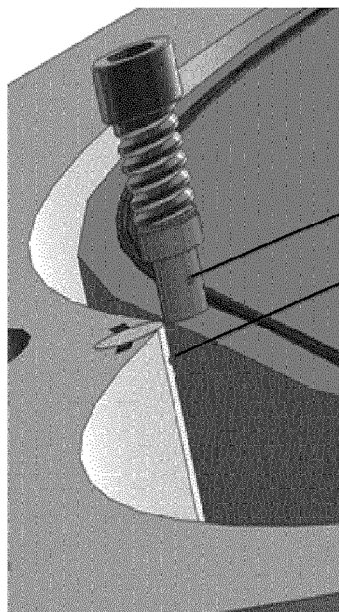
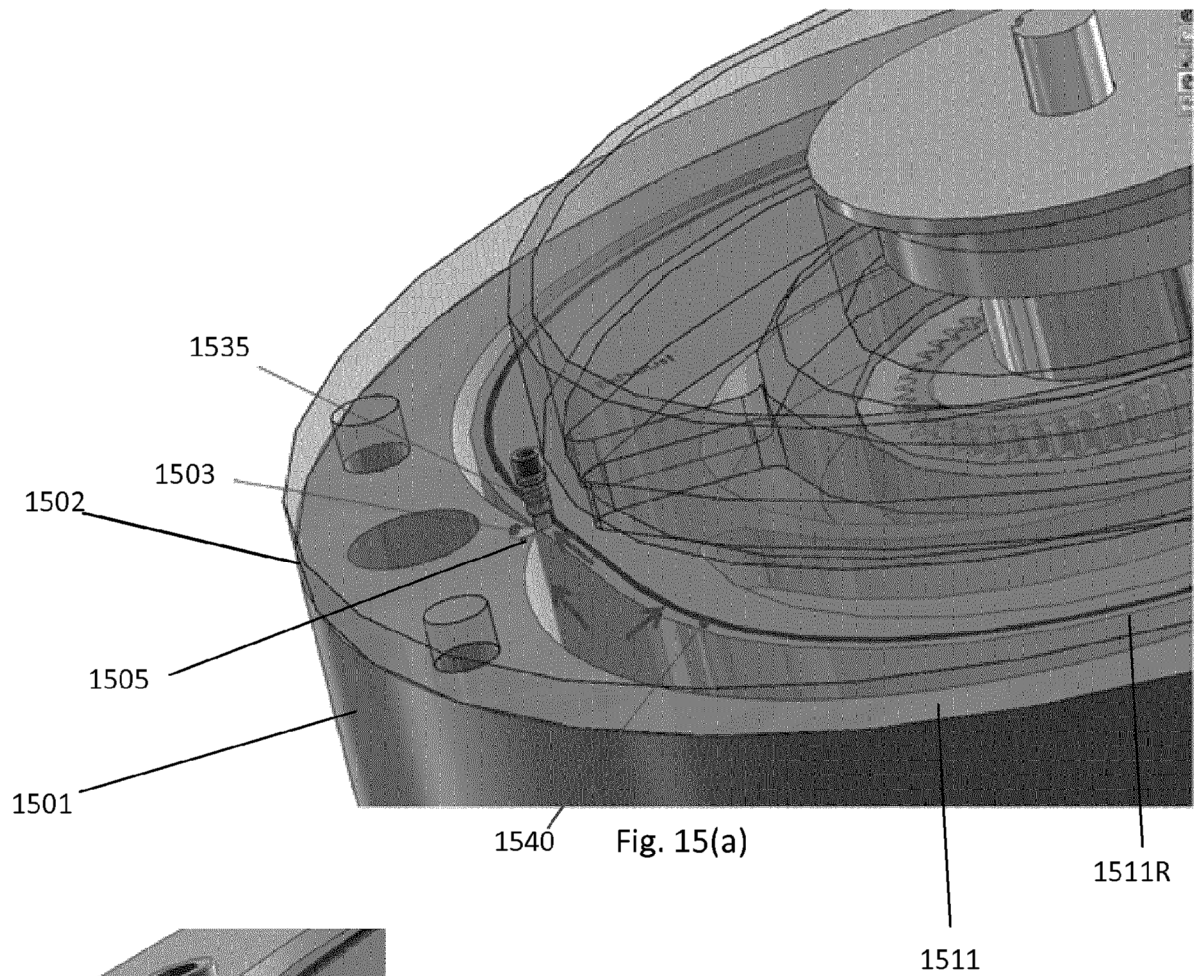


Fig. 14



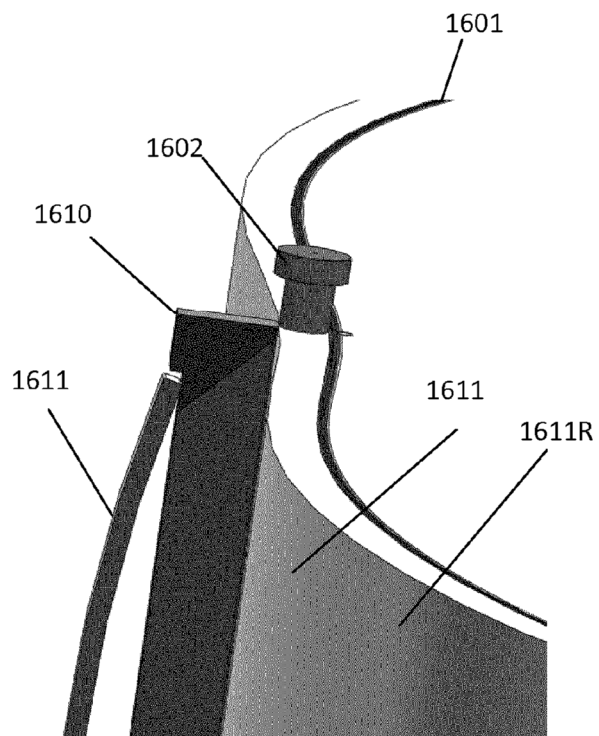


Fig. 16(a)

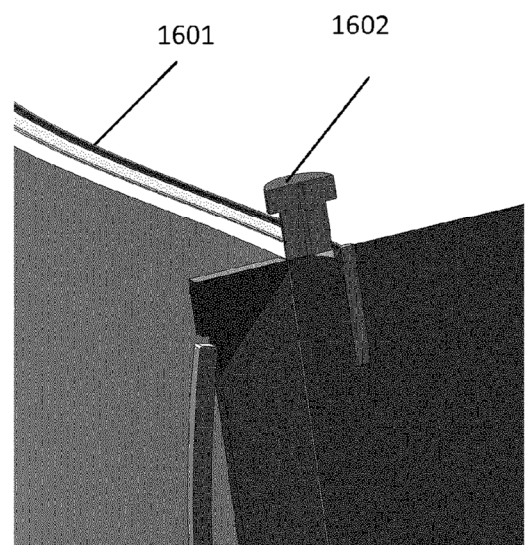


Fig. 16(b)

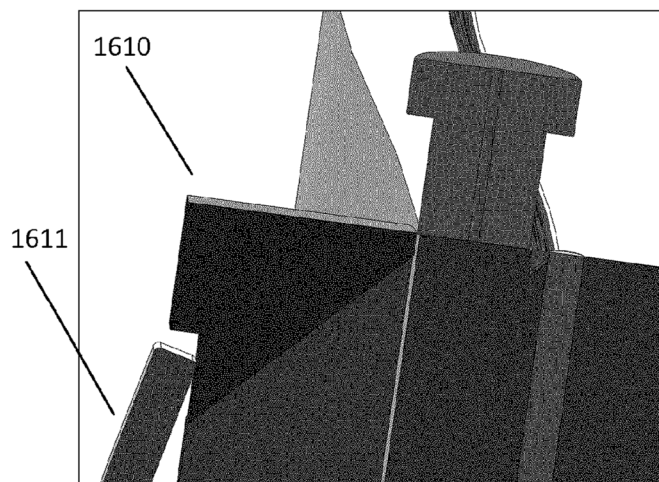


Fig. 16(c)

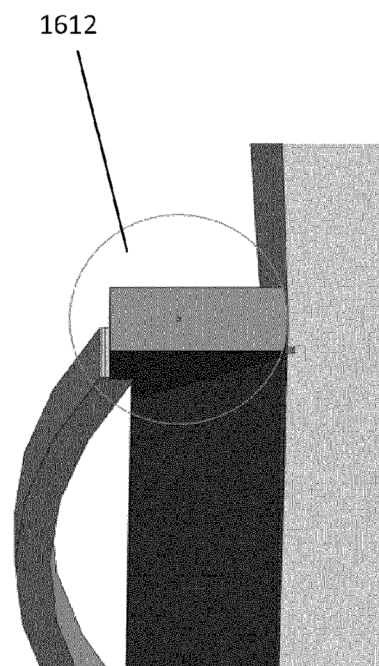
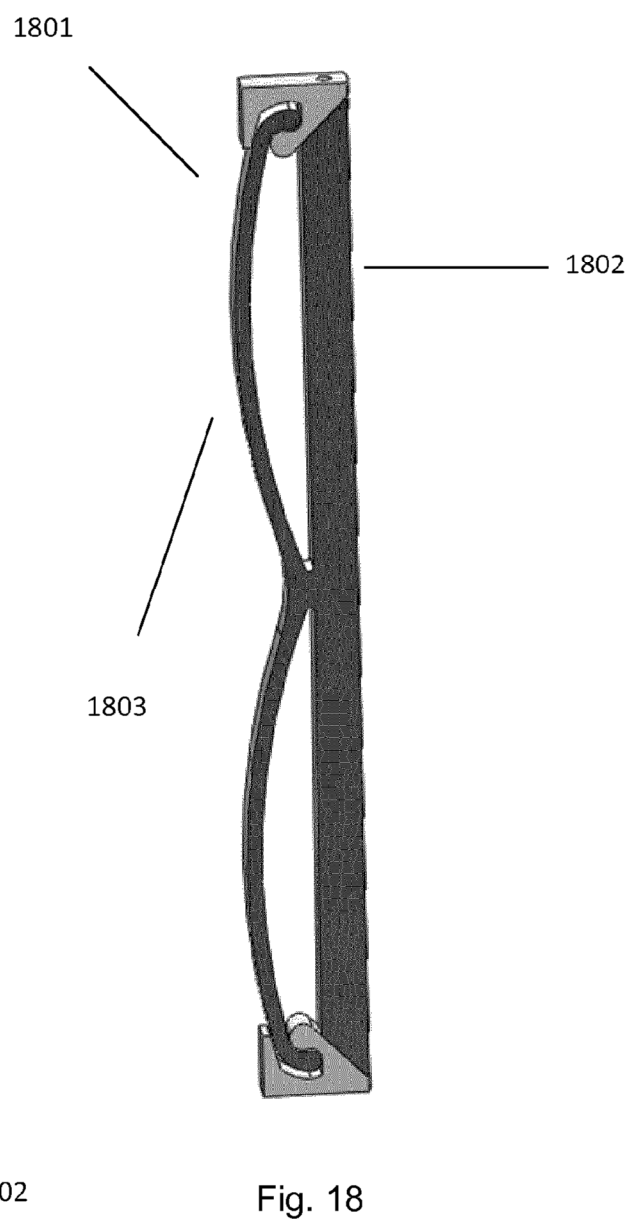
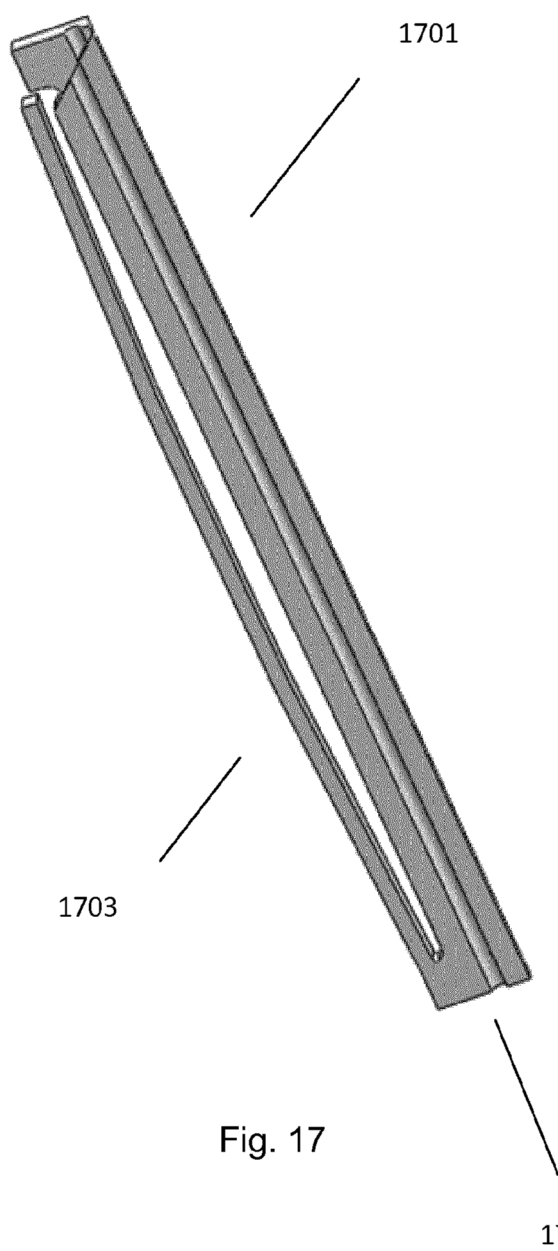
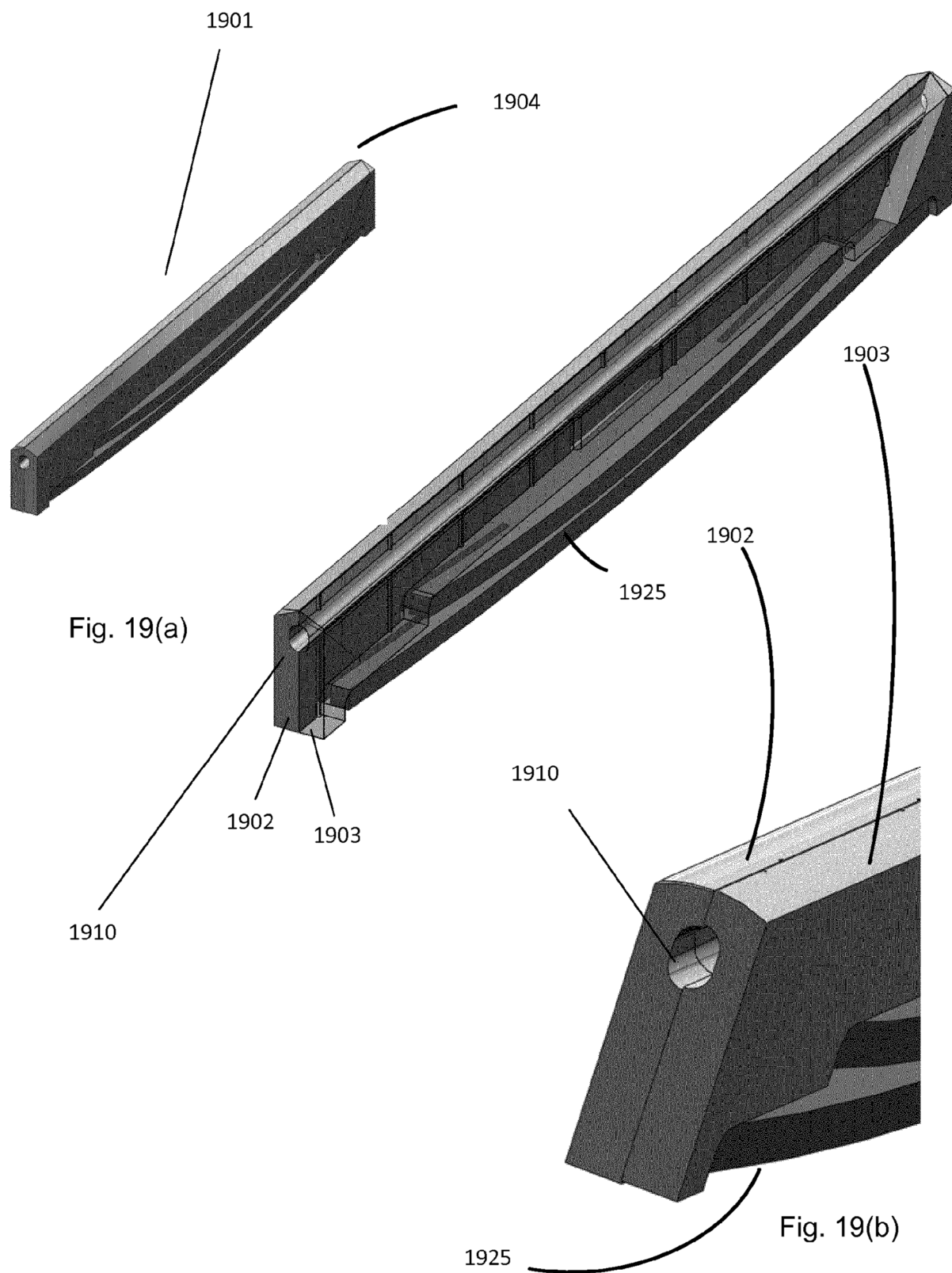


Fig. 16(d)





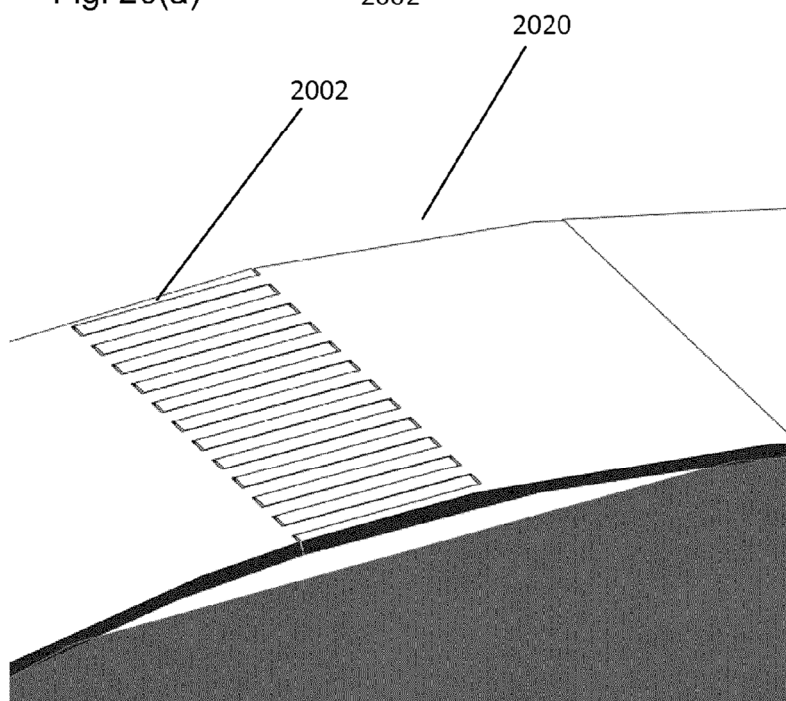
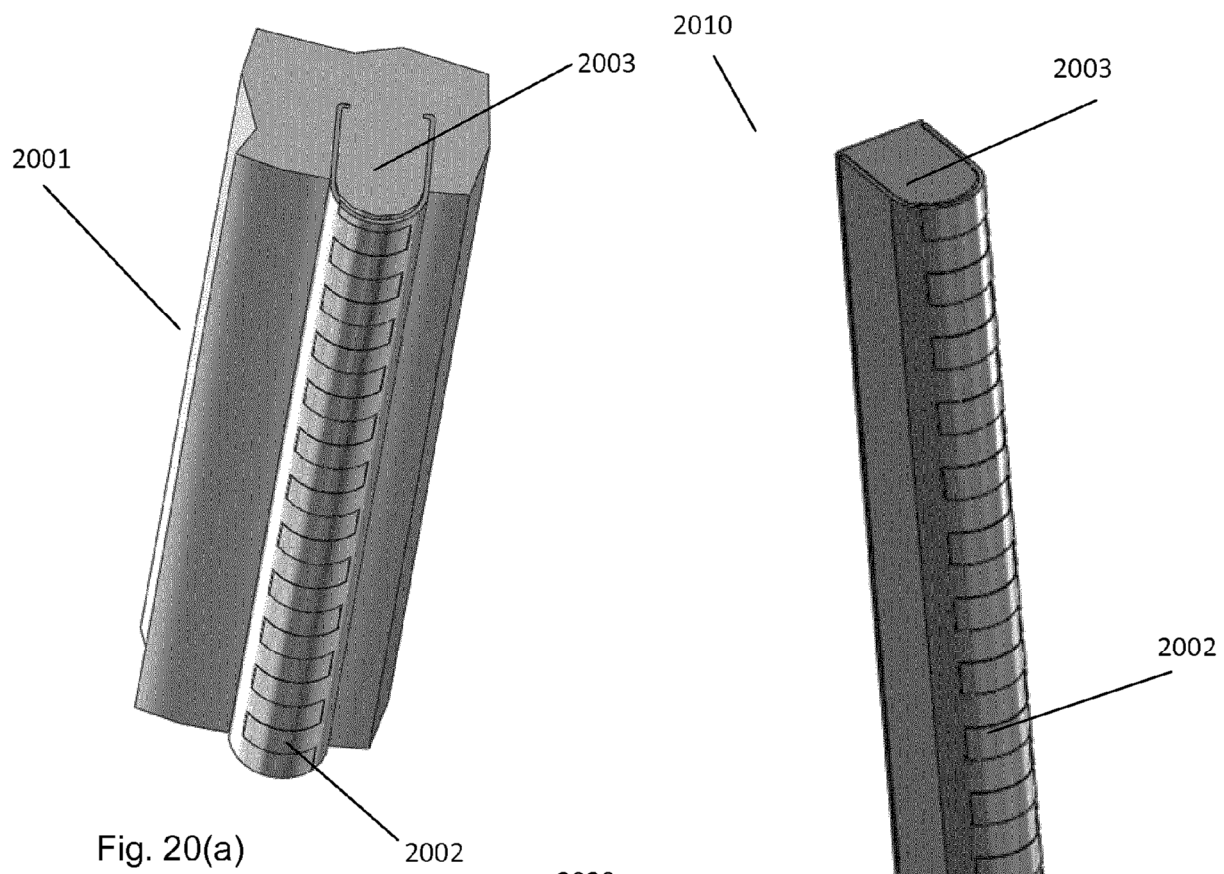
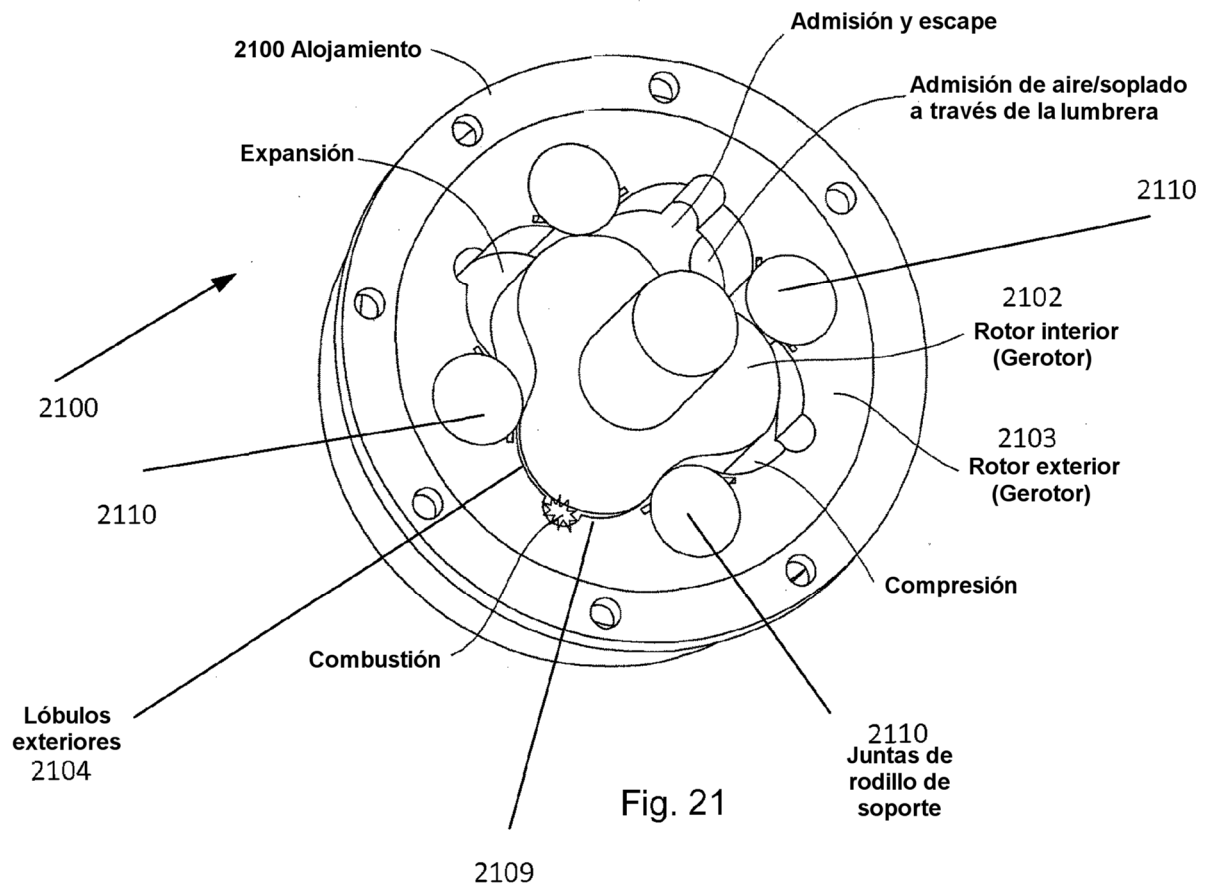
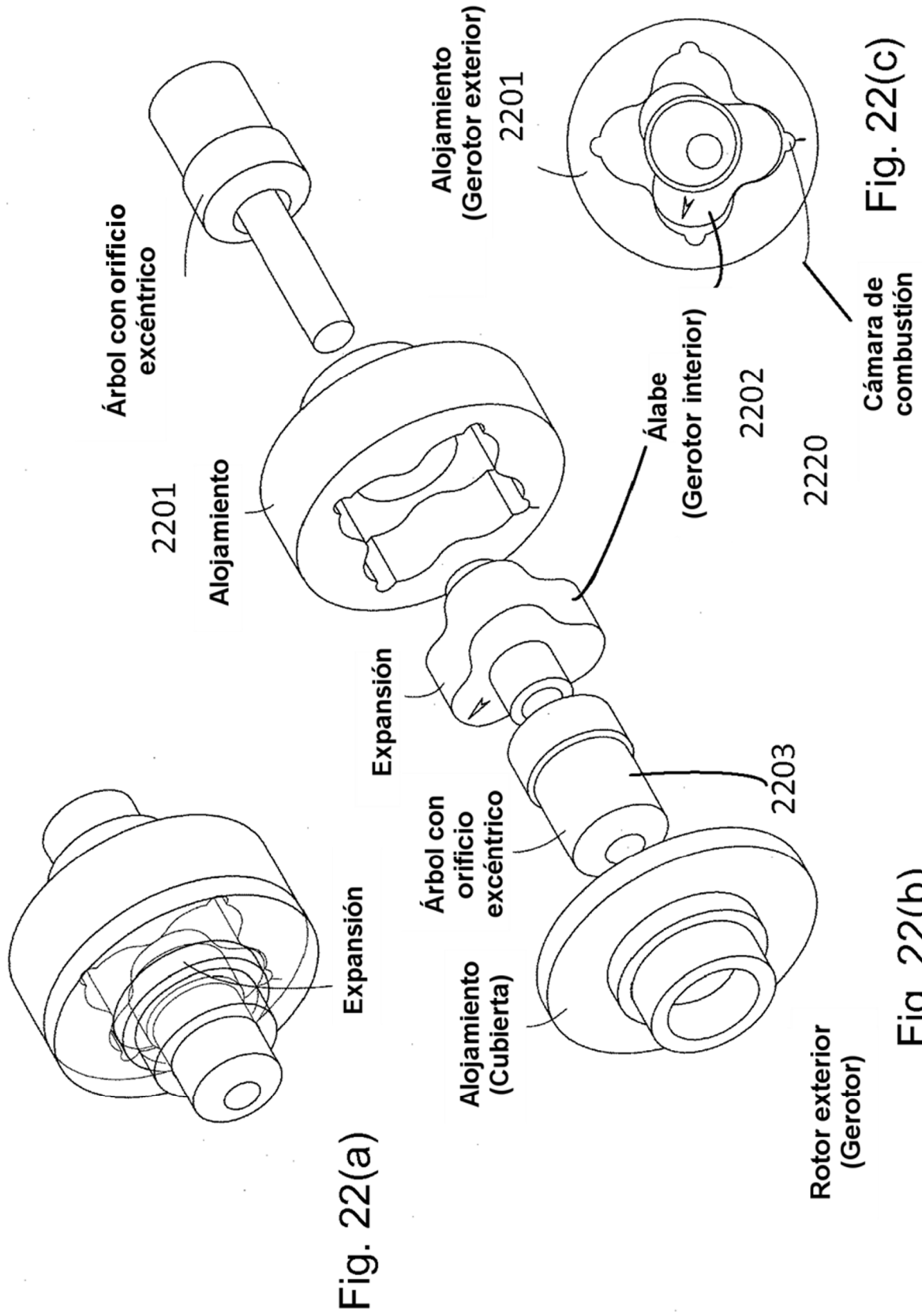


Fig. 20(c)





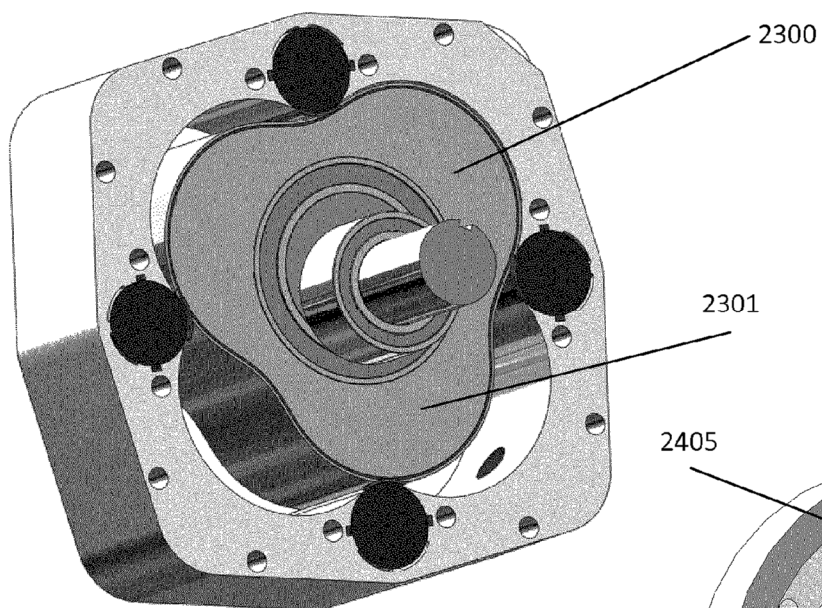


Fig. 23

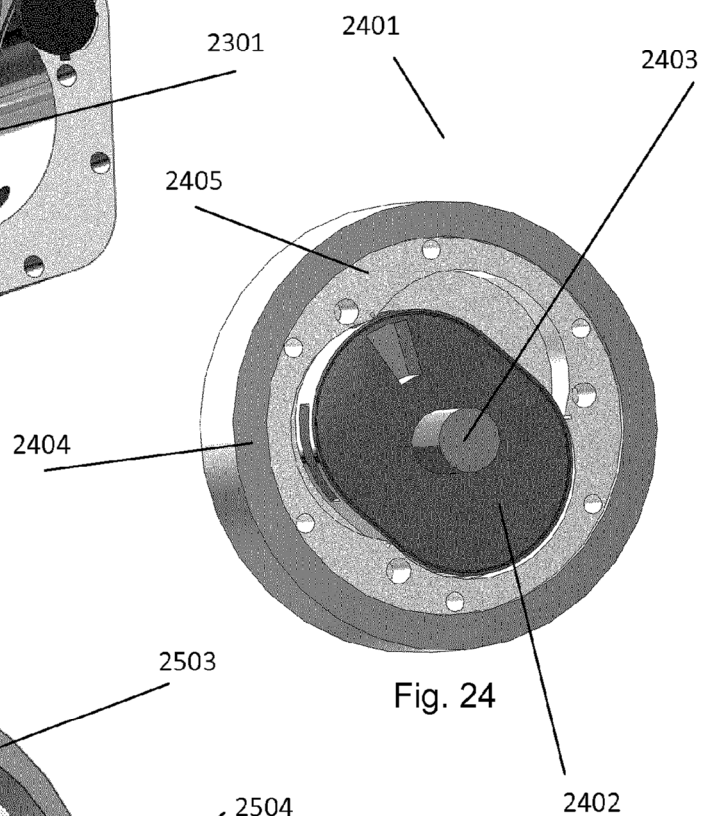


Fig. 24

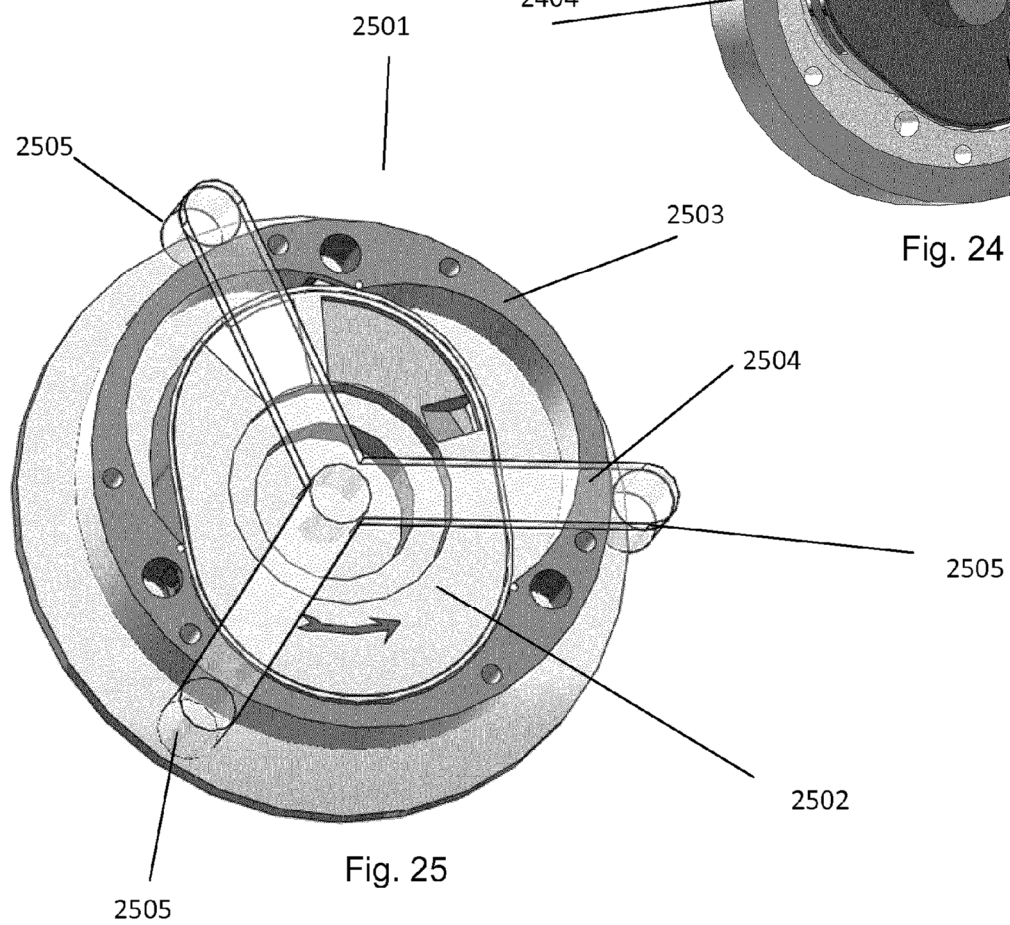


Fig. 25

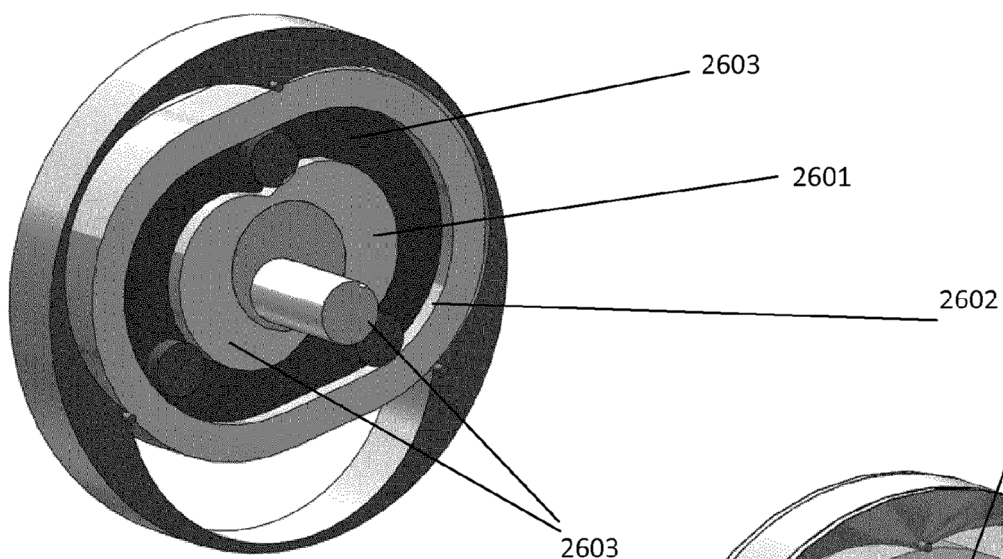


Fig. 26

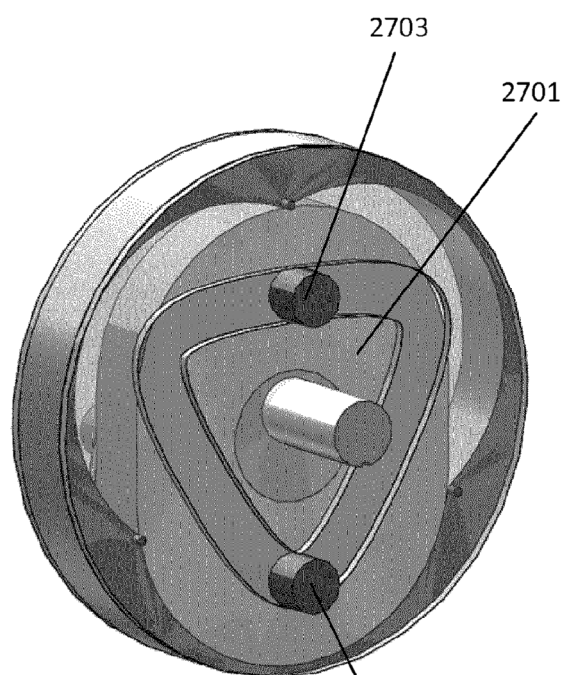


Fig. 27

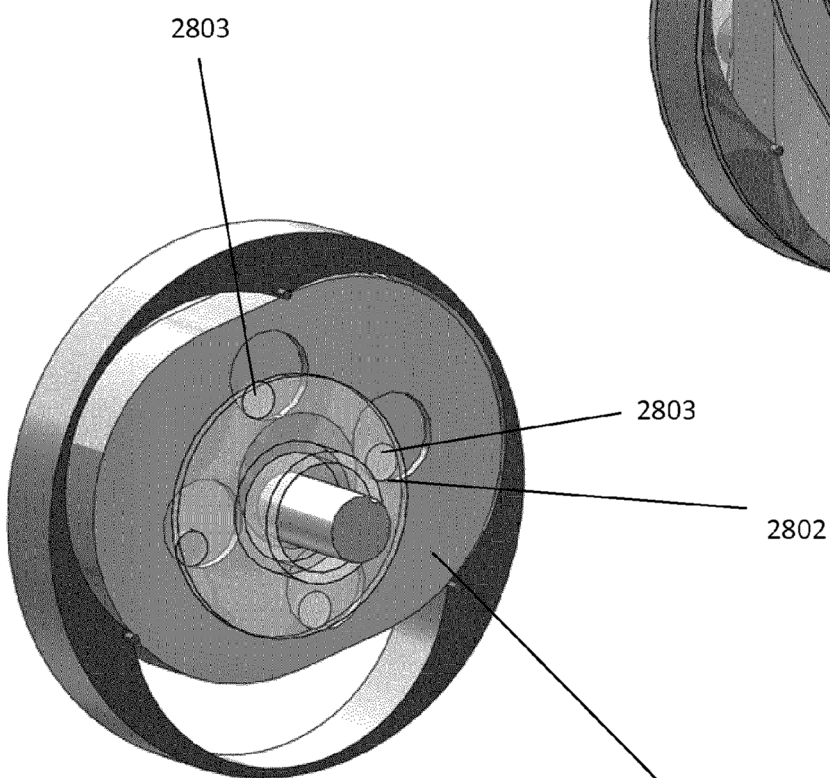


Fig. 28

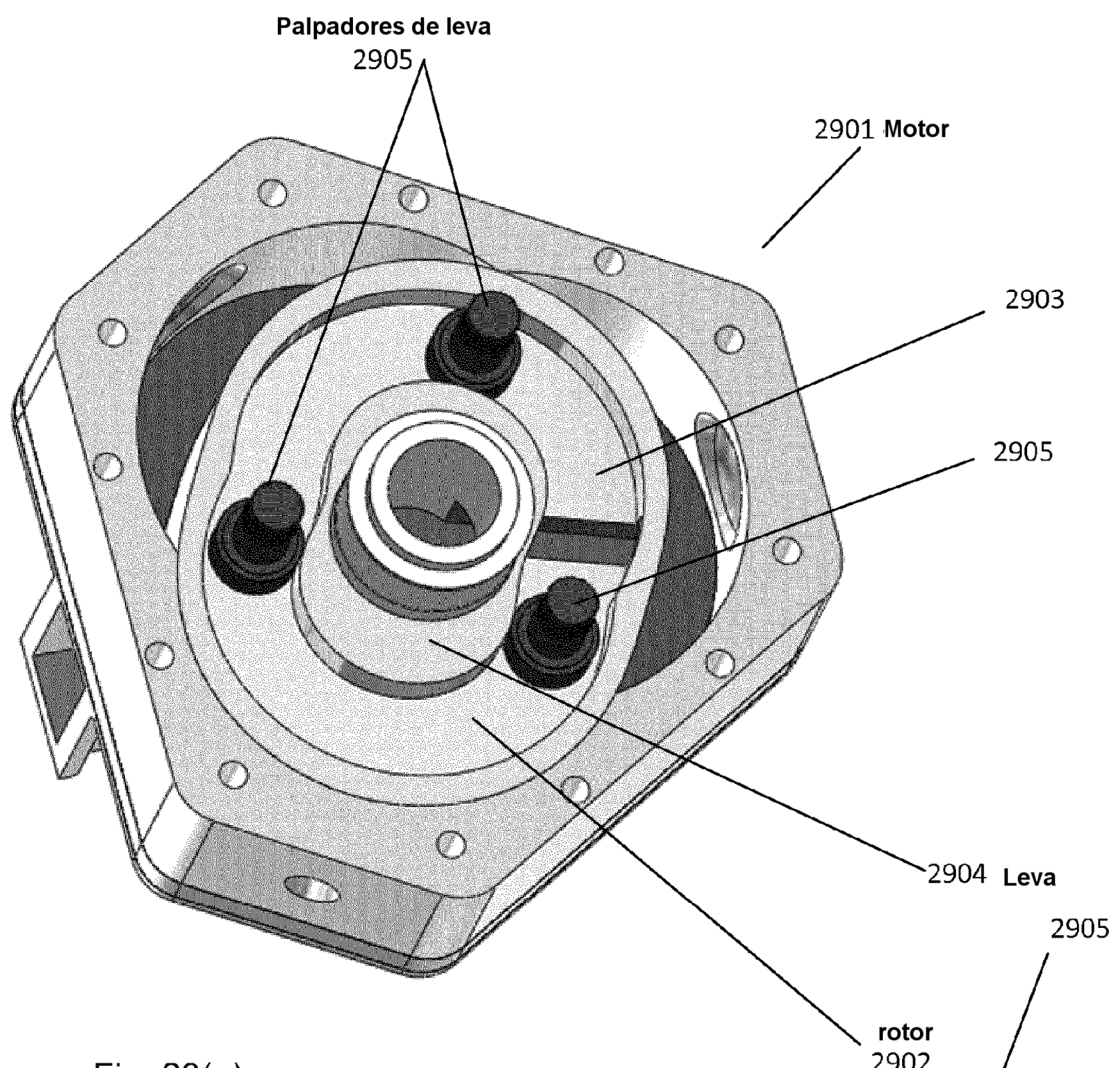


Fig. 29(a)

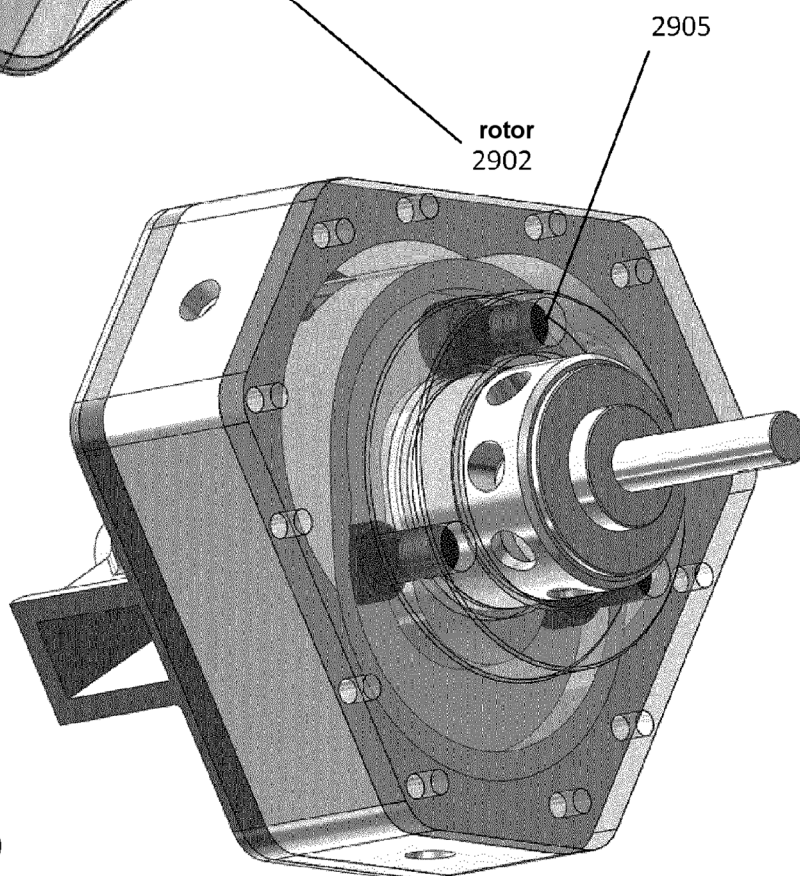
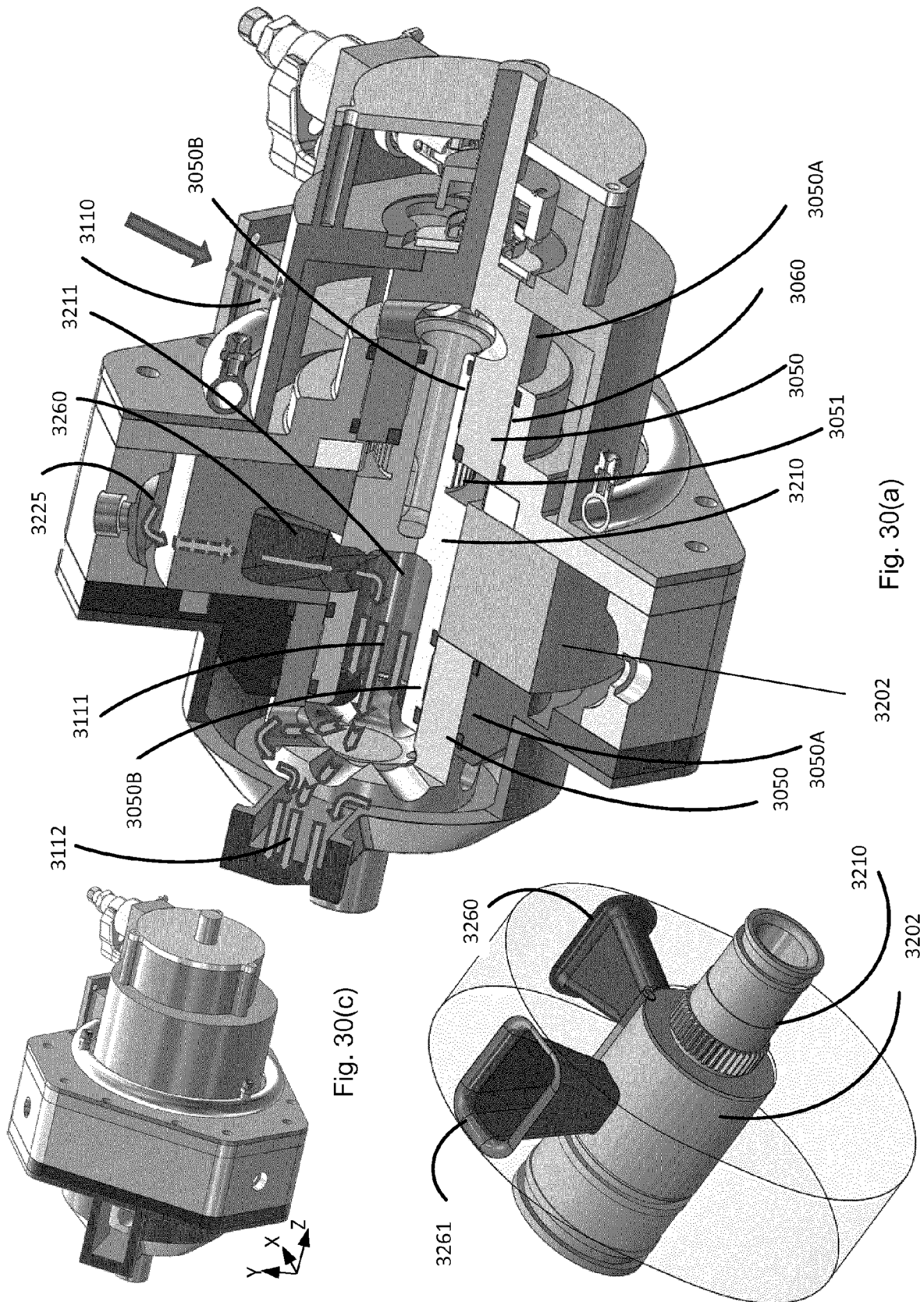


Fig. 29(b)



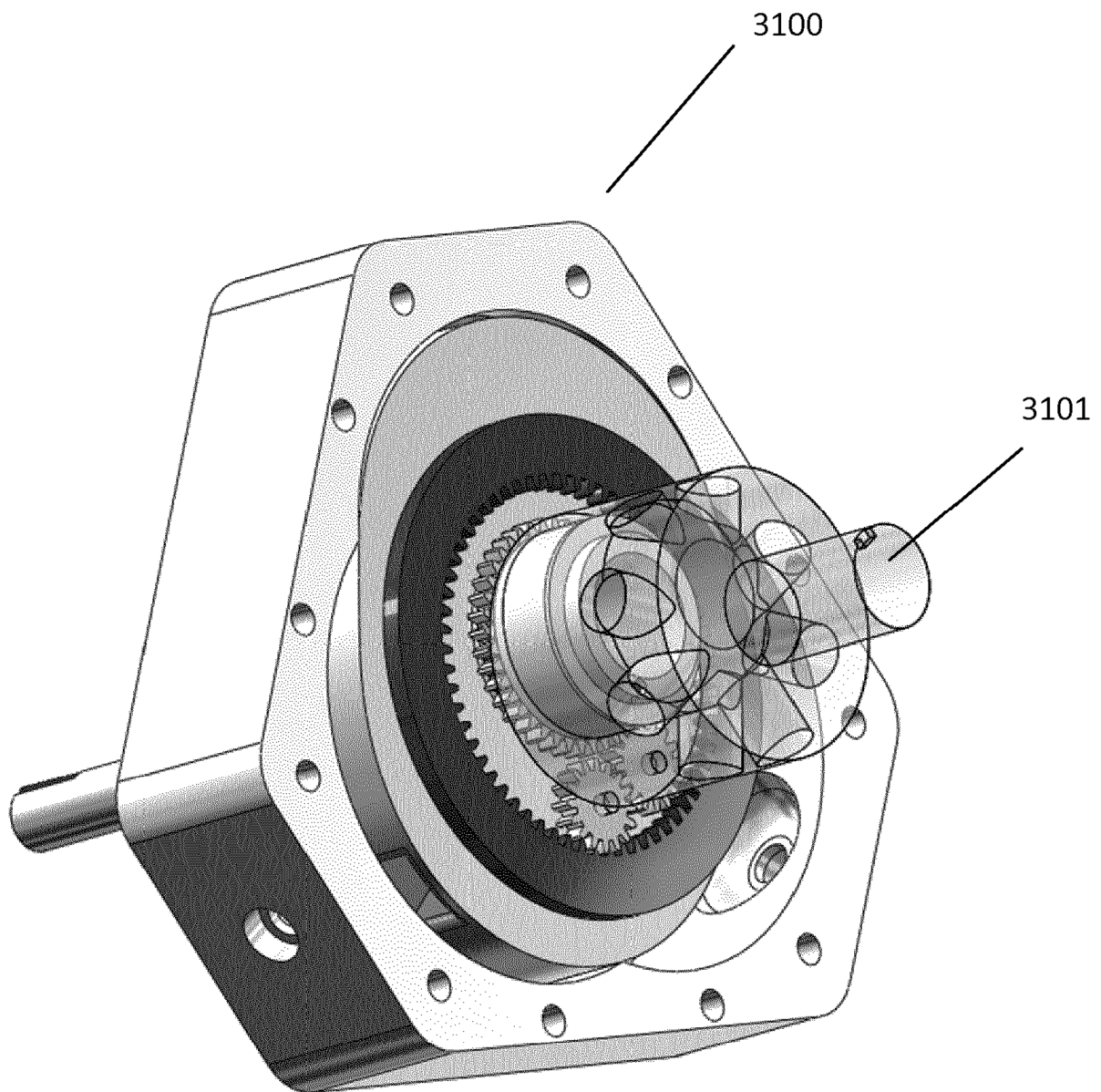


Fig. 31

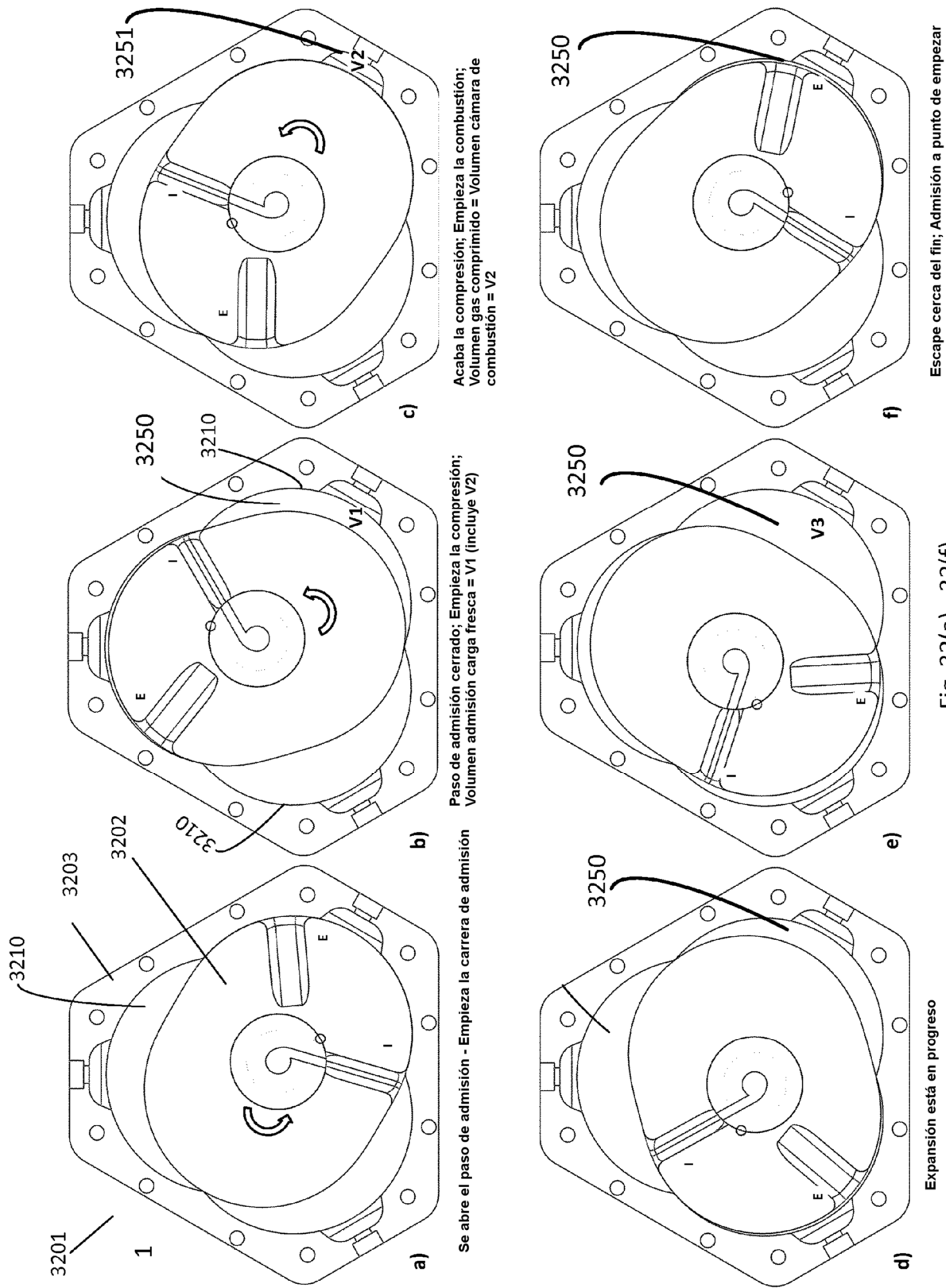


Fig. 32(a) - 32(f)