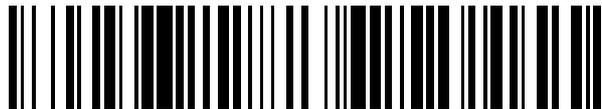


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 754**

51 Int. Cl.:

F02B 37/00 (2006.01)

F01C 1/00 (2006.01)

F01C 11/00 (2006.01)

F02B 41/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2016** **E 16174864 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 3106644**

54 Título: **Motor de ciclo combinado**

30 Prioridad:

16.06.2015 US 201514740878

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

19.03.2019

73 Titular/es:

**PRATT & WHITNEY CANADA CORP. (100.0%)
1000 Marie-Victorin (01BE5)
Longueuil, Québec J4G 1A1, CA**

72 Inventor/es:

**BOLDUC, SEBASTIEN;
FONTAINE, MIKE;
LANDRY, LUC y
THOMASSIN, JEAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 704 754 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 ciclo combinado

Campo técnico

5 La solicitud se refiere de manera general a motores de ciclo combinado y, más particularmente, a tales motores de ciclo combinado que incluyen uno o más motores rotativos de combustión.

Antecedentes de la técnica

10 Algunos motores de ciclo combinado incluyen un motor rotativo turboalimentado y compuesto por una turbina situada aguas abajo de la turbina del turbocompresor. No obstante, las disposiciones conocidas de motores rotativos combinados tienen típicamente una potencia disponible limitada para la turbo composición y/o unas prestaciones limitadas, por ejemplo, en el arranque antes de que esté funcionando el turbocompresor.

15 El documento EP 2687675 A2 describe un motor de ciclo combinado que tiene al menos una unidad rotativa que define un motor de combustión interna, una turbina de velocidad en la proximidad de cada unidad y un turbocompresor. El puerto de escape de cada unidad rotativa está en comunicación fluida con la trayectoria de flujo de la turbina de velocidad aguas arriba de su rotor. Los rotores de la turbina de velocidad y de cada unidad rotativa accionan una carga común. La salida del compresor del turbocompresor está en comunicación fluida con el puerto de entrada de cada unidad rotativa, y la entrada de la turbina de presión del turbocompresor está en comunicación fluida con la trayectoria de flujo de la turbina de velocidad aguas abajo de su rotor.

Compendio

La presente invención proporciona un motor de ciclo combinado como se define en la reivindicación 1.

20 La relación de reacción de la turbina de primera etapa puede ser una relación de reacción basada en la presión que tenga un valor de a lo sumo 0,2.

La relación de reacción de la turbina de primera etapa puede ser una relación de reacción basada en la presión que tenga un valor de a lo sumo 0,1 y la turbina de segunda etapa puede tener una relación de reacción basada en la presión que tenga un valor de al menos 0,25.

25 La relación de reacción de la turbina de primera etapa puede ser una relación de reacción basada en la presión que tenga un valor de a lo sumo 0,1 y la turbina de segunda etapa puede tener una relación de reacción basada en la presión que tenga un valor de al menos 0,25.

Cada tubo de escape puede extenderse axialmente o sustancialmente axialmente.

Cada uno de los al menos dos motores rotativos puede ser un motor Wankel.

30 La turbina de primera etapa puede tener el eje de salida que se extiende a través de la misma y estar en contacto de impulsión con el eje de salida a través de una transmisión, la transmisión que está situada entre el primer y el segundo motores rotativos.

Se pueden proporcionar inyectores de combustible de conducto común para cada uno de los al menos dos motores rotativos, y una fuente de combustible pesada en comunicación con los inyectores de combustible.

35 Los al menos dos motores rotativos se pueden situar de manera que un mismo número de los al menos dos motores rotativos estén dispuestos delante y detrás de la turbina de primera etapa a lo largo del eje de salida.

Los al menos dos motores rotativos se pueden situar de manera que un número de al menos dos motores rotativos dispuestos delante de la turbina de primera etapa sea uno más o uno menos que un número de al menos dos motores rotativos dispuestos detrás de la turbina de primera etapa a lo largo del eje de salida.

40 La presente invención proporciona además un método para combinar al menos dos motores rotativos como se define en la reivindicación 14.

Descripción de los dibujos

Ahora se hace referencia a las figuras que se acompañan en las que:

la Fig. 1 es un diagrama de bloques de un motor de ciclo combinado según una realización particular;

45 la Fig. 2 es una vista en sección transversal de un motor Wankel que se puede usar en un motor de ciclo combinado tal como se muestra en la Fig. 1, según una realización particular;

la Fig. 3 es una representación esquemática del motor de ciclo combinado de la Fig. 1 según una realización particular;

la Fig. 4 es una vista tridimensional esquemática de un motor de ciclo combinado tal como se muestra en la Fig. 3 según una realización particular;

5 la Fig. 5 es una representación esquemática del motor de ciclo combinado de la Fig. 1 según otra realización;

la Fig. 6 es una vista tridimensional esquemática de un motor de ciclo combinado tal como se muestra en la Fig. 5 según una realización particular;

la Fig. 7 es una representación esquemática del motor de ciclo combinado de la Fig. 1 según otra realización más; y

10 la Fig. 8 es una vista tridimensional esquemática de un motor de ciclo combinado tal como se muestra en la Fig. 7 según una realización particular.

Descripción detallada

Con referencia ahora a la Fig. 1, se muestra esquemáticamente un motor de ciclo combinado 10. El motor de ciclo combinado 10 incluye unidades rotativas 12, cada unidad 12 que está definida por un motor rotativo de combustión interna que tiene un rotor acoplado de manera sellada en un alojamiento respectivo. Las unidades rotativas 12 accionan una carga común. En la realización mostrada, la carga común incluye un eje de salida 16 que se puede conectar, por ejemplo, a una hélice a través de una caja de cambios de reducción (no mostrada) y a la que se acopla el rotor de cada unidad 12.

El motor de ciclo combinado 10 también incluye un turbocompresor 18, formado por un compresor 20 y una turbina de segunda etapa 22 que están interconectados impulsivamente por un eje 24. En una realización particular, la turbina de segunda etapa 22 es una turbina de presión, también conocida como turbina de reacción. El compresor 20 y la turbina de segunda etapa 22 pueden ser cada uno un dispositivo de una única etapa o un dispositivo de múltiples etapas con un único eje o dividirse en múltiples ejes independientes en paralelo o en serie, y puede ser un dispositivo centrífugo o axial. En la realización mostrada, el eje 24 del turbocompresor 18 gira independientemente de la carga común. El compresor 20 del turbocompresor 18 comprime el aire antes de que entre en la unidad o las unidades 12.

La unidad o las unidades rotativas 12 forman el núcleo del motor de ciclo combinado 10 y cada una proporciona un flujo de escape en forma de pulsos de escape. El flujo de escape de la unidad o las unidades 12 se suministra a un recinto o turbina de primera etapa 26 en comunicación fluida con las mismas, accionando también la carga común. La turbina de primera etapa 26 es una turbina del tipo de velocidad, también conocida como turbina de tipo impulso, y podría ser una turbina de flujo axial, radial o mixto.

Una turbina de impulso puro funciona cambiando la dirección del flujo sin acelerar el flujo dentro del rotor; el fluido se desvía sin una caída de presión significativa en los pasajes de las palas. Las palas de la turbina de impulso puro están diseñadas de manera que en un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo, el área definida entre las palas es la misma en los bordes de ataque de las palas y en los bordes de salida de la pala: el área de flujo de la turbina es constante, y las palas normalmente son simétricas alrededor del plano del disco giratorio. El funcionamiento de la turbina de impulso puro es debido solamente al cambio de dirección en el flujo a través de las palas de la turbina. Cada pala de la turbina de impulso puro forma de este modo un cubo empujado por el flujo de escape. Las turbinas de impulso puro típicas incluyen turbinas de vapor e hidráulicas,

Por el contrario, una turbina de reacción acelera el flujo dentro del rotor, pero necesita una caída de presión estática a través del rotor para permitir esta aceleración de flujo. Las palas de la turbina de reacción están diseñadas de manera que en un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo, el área definida entre las palas es mayor en los bordes de ataque de las palas que en los bordes de salida de la pala: el área de flujo de la turbina se reduce a lo largo la dirección de flujo, y las palas normalmente no son simétricas alrededor del plano del disco giratorio. El funcionamiento de la turbina de reacción pura se debe principalmente a la aceleración del flujo a través de las palas de la turbina.

La mayoría de las turbinas aeronáuticas no son de "impulso puro" o "reacción pura", sino que más bien operan siguiendo una mezcla de estos dos principios opuestos pero complementarios, es decir, hay una caída de presión a través de las palas, hay alguna reducción del área de flujo de las palas de la turbina a lo largo de la dirección de flujo, y la velocidad de rotación de la turbina se debe tanto a la aceleración como al cambio de dirección del flujo. El grado de reacción de una turbina se puede determinar usando la relación de reacción basada en la temperatura (ecuación 1) o la relación de reacción basada en la presión (ecuación 2), que típicamente son cercanas una a otra en valor para una misma turbina:

$$(1) \text{ Reacción (T)} = \frac{(t_{s3} - t_{s5})}{(t_{s0} - t_{s5})}$$

$$(2) \text{ Reacción (P)} = \frac{(P_{s3} - P_{s5})}{(P_{s0} - P_{s5})}$$

5 donde T es la temperatura y P es la presión, s se refiere a un puerto estático y los números se refieren a la ubicación en la que se mide la temperatura o la presión: 0 para la entrada de la paleta de la turbina (estator), 3 para la entrada de la pala de la turbina (rotor) y 5 para la salida de la pala de la turbina (rotor); y donde una turbina de impulso puro tendría una relación de 0 (0%) y una turbina de reacción pura tendría una relación de 1 (100%).

Las turbinas aeronáuticas a las que se hace referencia como turbinas de impulso típicamente tienen una relación de reacción de 0,25 (25% de reacción) o inferior, aunque también son posibles otros valores.

10 En una realización particular, la turbina de primera etapa 26 está configurada para beneficiarse de la energía cinética del flujo pulsante que sale del motor o de los motores del núcleo 12 mientras que se estabiliza el flujo, y la turbina de segunda etapa 22 está configurada para extraer energía de la presión restante en el flujo. Por consiguiente, la turbina de primera etapa 26 tiene una relación de reacción más baja (es decir, un valor más bajo) que la de la turbina de segunda etapa 22.

15 El rotor de la turbina de primera etapa 26 se hace rotar por las fuerzas ejercidas sobre las palas por el choque contra ellas de los pulsos de escape. Por tanto, la energía cinética proporcionada por cada pulso de escape se usa para accionar el rotor de la turbina de primera etapa 26 al tiempo que se impone una contrapresión mínima sobre la unidad o las unidades rotativas 12.

20 En una realización particular, la turbina de segunda etapa 22 tiene una relación de reacción más alta que 0,25; en otra realización particular, la turbina de segunda etapa 22 tiene una relación de reacción mayor que 0,3; en otra realización particular, la turbina de segunda etapa 22 tiene una relación de reacción de alrededor de 0,5; en otra realización particular, la turbina de segunda etapa 22 tiene una relación de reacción mayor que 0,5.

25 En una realización particular, la turbina de primera etapa 26 tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,2; en otra realización particular, la turbina de primera etapa 26 tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,15; en otra realización particular, la turbina de primera etapa 26 tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,1; en otra realización particular, la turbina de primera etapa 26 tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,05.

Se entiende que cualquiera de las relaciones de reacción mencionadas anteriormente para la turbina de segunda etapa 22 se puede combinar con cualquiera de las relaciones de reacción mencionadas anteriormente para la turbina de primera etapa 26 y que estas relaciones pueden estar basadas en la presión o basadas en la temperatura. También son posibles otros valores.

30 La turbina de primera etapa 26 está conectada al eje de salida 16 a través de un tipo adecuado de transmisión 28, por ejemplo, un sistema de engranajes planetario, de estrella, de desplazamiento o angular. La salida de la turbina de primera etapa 26 está en comunicación fluida con una entrada de la turbina de segunda etapa 22. La energía se extrae del gas de escape que sale de la turbina de primera etapa 26 por la turbina de segunda etapa 22 para accionar el compresor 20 a través del eje de conexión 24.

35 Aunque no se muestra, el aire puede circular opcionalmente a través de un refrigerador intermedio entre el compresor 20 y las unidades 12, y el motor de ciclo combinado 10 también incluye un sistema de enfriamiento, que incluye, por ejemplo, un sistema de circulación para un refrigerante (por ejemplo, agua-etileno, aceite, aire) para enfriar el alojamiento de cada unidad 12, un refrigerante de aceite para las piezas mecánicas internas de las unidades 12, uno o más intercambiadores de calor de refrigerante, etc.

40 El inyector o los inyectores de combustible de cada unidad 12, que en una realización particular son inyectores de combustible de conducto común, se comunican con una fuente 30 de combustible pesado (por ejemplo, diesel, queroseno (combustible de reactor), biocombustible equivalente), y suministran el combustible pesado a las unidades 12 de manera que la cámara de combustión se estratifique con una mezcla rica de combustible y aire cerca de la fuente de encendido y una mezcla más pobre en otra parte.

45 En una realización particular, cada unidad 12 es un motor Wankel. Con referencia a la Fig. 2, se muestra una realización ejemplar de un motor Wankel; se entiende que la configuración de las unidades 12 usadas en el motor de ciclo combinado 10, por ejemplo, la colocación de los puertos, el número y la ubicación de juntas, etc., pueden variar de la de la realización mostrada; cada unidad 12 se puede definir por un motor rotativo distinto de un motor Wankel.

50 Como se muestra en la Fig. 2, en una realización particular, cada unidad 12 comprende un alojamiento 32 que define una cavidad del rotor con un perfil que define dos lóbulos, que es preferiblemente un epitrocoide. Un rotor 34

ES 2 704 754 T3

se recibe dentro de la cavidad del rotor. El rotor define tres partes de ápice 36 separadas circunferencialmente, y un perfil generalmente triangular con lados arqueados exteriormente. Las partes de ápice 36 están en acoplamiento de sellado con la superficie interior de una pared periférica 38 del alojamiento 32 para formar tres cámaras de trabajo 40 entre el rotor 34 y el alojamiento 32.

5 El rotor 34 está acoplado a una parte excéntrica 42 del eje de salida 16 para realizar revoluciones orbitales dentro de la cavidad del estator. El eje de salida 16 realiza tres rotaciones para cada revolución orbital del rotor 34. El eje geométrico 44 del rotor 34 está desplazado del y paralelo al eje 46 del alojamiento 32. Durante cada revolución orbital, cada cámara 40 varía en volumen y se mueve alrededor de la cavidad del estator para someterse a las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape.

10 Se proporciona un puerto de admisión 48 a través de la pared periférica 38 para admitir aire comprimido en una de las cámaras de trabajo 40. También se proporciona un puerto de escape 50 a través de la pared periférica 38 para la descarga de los gases de escape desde las cámaras de trabajo 40. Pasos 52 para una bujía u otro mecanismo de encendido, así como para uno o más inyectores de combustible (no mostrados) también se proporcionan a través de la pared periférica 38. Alternativamente, el puerto de admisión 48, el puerto de escape 50 y/o los pasos 52 se pueden proporcionar a través de un extremo o pared lateral 54 del alojamiento.

15 Para una operación eficiente, las cámaras de trabajo 40 se sellan, por ejemplo, mediante juntas de ápice cargadas por resorte 56 que se extienden desde el rotor 34 para acoplar la pared periférica 38, y juntas de cara o gas cargadas por resorte 58 y juntas de extremo o esquina 60 que se extienden desde el rotor 34 para acoplar las paredes de extremo 54. El rotor 34 también incluye al menos un anillo de junta de aceite cargada por resorte 62 desviado contra la pared de extremo 54 alrededor del rodamiento para el rotor 34 en la parte excéntrica del eje 42.

20 Cada motor Wankel proporciona un flujo de escape en forma de un pulso de escape relativamente largo; por ejemplo, en una realización particular, cada motor Wankel tiene una explosión por 360° de rotación del eje de salida, con el puerto de escape que permanece abierto durante alrededor de 270° de esa rotación, proporcionando de este modo un ciclo de trabajo de pulsos de alrededor del 75%. Por el contrario, un pistón de un motor de pistón de 4 tiempos alternativo típicamente tiene una explosión por 720° de rotación del eje de salida con el puerto de escape que permanece abierto durante alrededor de 180° de esa rotación, proporcionando de este modo un ciclo de trabajo de pulsos del 25%. En una realización particular, el pulso de escape relativamente largo del motor Wankel puede facilitar el accionamiento de la turbina de primera etapa 26.

25 Las relaciones de presión a través de un motor de ciclo combinado con uno o más motores rotativos o unidades se pueden definir por:

$$P_C = P_R P_{PT} P_{TT}$$

donde P_C es la relación de presión para el compresor del turbocompresor, P_R es la relación de presión de entrada a salida de los motores rotativos, P_{PT} es la relación de presión para la turbina combinada y P_{TT} es la relación de presión para la turbina del turbocompresor.

35 Los inventores han encontrado que en los motores combinados de la técnica anterior incluyendo uno o más motores rotativos donde la turbina combinada es una turbina de presión situada aguas abajo de la turbina del turbocompresor, y donde cada motor rotativo tiene relaciones de expansión y compresión volumétricas iguales, la relación de compresión volumétrica relativamente alta del motor o de los motores rotativos típicamente da como resultado una relación de presión posible relativamente baja para el compresor del turbocompresor (P_C), como
40 limitada por la capacidad de presión pico del motor o de los motores rotativos. Por tanto, la relación de presión a través de las turbinas ($P_{PT}P_{TT}$) es limitada, lo que limita la potencia disponible para la turbina combinada.

En algunos motores combinados, tal como se muestra en el documento U.S. 7.775.044 publicado el 17 de agosto de 2010 e incorporado por referencia en la presente memoria, la relación de compresión volumétrica de cada motor rotativo es más pequeña que su relación de expansión. La relación de compresión volumétrica más baja típicamente
45 da como resultado una relación de presión posible más grande para el compresor del turbocompresor (P_C), que a su vez aumenta la relación de presión a través de las turbinas ($P_{PT}P_{TT}$). No obstante, la relación de compresión volumétrica más baja normalmente conduce a una relación de presión de entrada a salida del motor o los motores rotativos que se reduce P_R , lo que puede aumentar la contrapresión y las cargas térmicas en el motor o los motores rotativos debido al aumento de dificultad en la purga de los gases de escape. Tal configuración también proporciona
50 generalmente una baja compresión en el motor rotativo en el arranque antes de que el turbocompresor esté funcionando, lo que puede limitar las prestaciones del motor de ciclo combinado.

Por el contrario, en al menos algunas realizaciones del motor de ciclo combinado 10, la relación de presión P_{PT} a través de la turbina de primera etapa 26 es cercana a o de alrededor de 1, dado que es una turbina de velocidad o de impulso. Por tanto, una misma relación de presión para el compresor P_C (para cumplir con la capacidad de
55 presión de pico) y una misma relación de presión de entrada a salida de la unidad o las unidades rotativas P_R (para minimizar la contrapresión y la carga térmica en cada unidad rotativa) permite que la relación de presión P_{TT} disponible para la turbina 22 del turbocompresor 18 sea mayor que con un motor de ciclo combinado en el que la

turbina combinada es una turbina de presión, es decir, con una relación de presión P_{PT} mayor que 1 y mayor que la de la turbina de primera etapa 26 del motor de ciclo combinado 10. De este modo, el uso de una turbina de velocidad o impulso como la turbina de primera etapa 26 puede permitir un aumento de la potencia disponible para la turbo combinación.

5 Además, la relación de compresión volumétrica de la unidad o las unidades rotativas 12 no necesita ser reducida para lograr este aumento en la potencia disponible para la turbina 22 del turbocompresor 18. Por tanto, en una realización particular, la eficiencia volumétrica de cada unidad rotativa se puede maximizar y minimizar sus cargas térmicas, y las prestaciones del motor de ciclo combinado 10 en el arranque no están comprometidas por el aumento de la potencia disponible.

10 También, el uso de una turbina de velocidad o impulso como la turbina de primera etapa 26 elimina la necesidad del colector de escape de gran volumen requerido típicamente entre el motor o los motores rotativos y una turbina de primera etapa de presión. Esto permite que la turbina combinada 26 se sitúe aguas arriba de la turbina del turbocompresor 22 en lugar de aguas abajo de la misma.

15 En una realización particular que puede ser particularmente pero no exclusivamente adecuada para baja altitud, cada unidad rotativa 12 es un motor Wankel con una relación de compresión volumétrica de 6:1 a 8:1. La recuperación de potencia de la turbina de primera etapa 26 se puede maximizar teniendo las temperaturas de los gases de escape en el límite material, y por tanto es adecuado para tales relaciones de compresión volumétricas relativamente bajas, lo que puede ayudar a aumentar la densidad de potencia del motor Wankel y también puede mejorar la combustión a alta velocidad y de combustible pesado.

20 Con referencia a las Fig. 3-4, se muestra esquemáticamente un motor de ciclo combinado 10 según una realización particular. En esta realización, se incluyen dos unidades rotativas 12 en forma de motores Wankel, con las dos partes excéntricas 42 del eje de salida 16 que están desplazadas angularmente en 180° una de otra para equilibrar el motor de ciclo combinado 10.

25 Las palas del rotor 64 de la turbina de primera etapa 26 se extienden a través de una trayectoria de flujo anular 66. En la realización mostrada, el rotor de la turbina de primera etapa 26 es un rotor axial y la trayectoria de flujo 66 se extiende axialmente. Un tubo de escape 68 respectivo se extiende desde el puerto de escape 50 (véase también la Fig. 2) de cada unidad 12 a una parte de la trayectoria de flujo 66 situada aguas arriba de las palas del rotor 64 como se muestra en la Fig. 3, tal como para hacer circular el flujo de escape desde el puerto de escape 50 a la turbina de primera etapa 26. Los tubos de escape 68 se extienden independientemente unos de otros.

30 Con el fin de minimizar la distancia entre la turbina de primera etapa 26 y cada unidad rotativa 12 y, por tanto, la longitud de los tubos de escape 68, la turbina de primera etapa 26 y su transmisión 28 están situadas entre las dos unidades rotativas 12 a lo largo del eje de salida 16. En la realización mostrada y con referencia más particularmente a la Fig. 3, el eje de salida 16, por ejemplo hecho de dos piezas interconectadas, se extiende a través de la turbina de primera etapa 26 y las unidades rotativas 12, con las partes excéntricas 42 que se extienden desde el resto del eje de salida 16, o bien como una pieza integral de la misma o bien como elementos fabricados por separado unidos a la misma.

35 En una realización particular y como se muestra en la Fig. 4, la carcasa 84 que rodea la turbina de primera etapa 26 está unida directamente al alojamiento 32 de cada unidad rotativa 12. Tal configuración puede permitir tubos de escape 68 relativamente cortos, ayudando de este modo a minimizar la pérdida de energía cinética de los pulsos de escape entre cada unidad rotativa 12 y la turbina de primera etapa 26. Los inyectores de combustible 49, que pueden ser inyectores de combustible de conducto común, se comunican con cada unidad 12.

40 La trayectoria de flujo 66 y/o la salida de cada tubo de escape 68 están formadas para dirigir los pulsos de escape sobre las palas 64 para permitir que los pulsos de escape accionen la rotación del rotor de la turbina de primera etapa 26. Cada tubo de escape 68 se comunica con la trayectoria de flujo 66 en una ubicación diferente alrededor de la circunferencia de la turbina de primera etapa 26. En la realización mostrada, los alojamientos 32 de las unidades rotativas 12 están desplazados angularmente en 180° unos de otros, por ejemplo para permitir una reducción de la deflexión térmica de los alojamientos 32. Por tanto, los dos puertos de escape 50 y los tubos de escape 68 están situados en lados opuestos del motor de ciclo combinado 10. En una realización particular, cada tubo de escape 68 se extiende axialmente o sustancialmente axialmente para minimizar aún más su longitud.

45 Todavía con referencia a las Fig. 3-4, un tubo 70 se extiende desde una salida del compresor 20, y se divide en dos tubos de entrada 72, cada uno conectado al puerto de admisión 48 (véase también la Fig. 2) de la unidad rotativa 12, tal como para hacer circular el flujo de escape desde el compresor 20 a cada puerto de admisión 48. En esta realización, el compresor 20 incluye un único impulsor radial 74. Alternativamente, el compresor 20 puede incluir uno o más rotores, con palas de flujo radiales, axiales o mixtas.

50 En la realización mostrada, la transmisión 28 de la turbina de primera etapa 26 incluye un engranaje solar 76 unido al eje del rotor de la turbina de primera etapa 26, y una agrupación de engranajes planetarios 78 engranados con el engranaje solar 76. Los engranajes planetarios 78 están montados en un portador rotativo que está acoplado de

manera impulsora al eje de salida 16. Los engranajes planetarios 78 están engranados con un engranaje de anillo estacionario 79. En otra realización, los engranajes planetarios 78 se montan en un portador estacionario, y están engranados con un engranaje de anillo acoplado de manera impulsora al eje de salida 16. La relación de reducción de velocidad de la transmisión 28 se puede seleccionar para optimizar la operación de la turbina de primera etapa 26 y de las unidades rotativas 12.

Un tubo de turbina 80 se extiende desde una parte de la trayectoria de flujo 66 aguas abajo de las palas del rotor 64 (como se muestra en la Fig. 3) a la entrada de la turbina de segunda etapa 22, tal como para hacer circular el flujo de escape de la turbina de primera etapa 26 a la turbina de segunda etapa 22. En esta realización, la turbina de segunda etapa 22 incluye un único impulsor radial 82. Alternativamente, la turbina de segunda etapa 22 puede incluir uno o más rotores, con palas de flujo radiales, axiales o mixtas.

En la realización mostrada, el eje del turbocompresor 24 se extiende a lo largo de un eje distinto del eje de salida 16. En la realización particular mostrada en la Fig. 4, el eje del turbocompresor 24 se extiende transversal al eje de salida 16. El eje del turbocompresor 24 se puede conectar adicionalmente a una carga diferente de la del eje de salida 16, a través de una caja de cambios si es necesario.

Con referencia a las Fig. 5-6, se muestra esquemáticamente un motor de ciclo combinado 110 según otra realización, donde los elementos similares a los del motor de ciclo combinado 10 descrito previamente se identifican con los mismos números de referencia y no se describirán más en las mismas.

En esta realización, se proporcionan tres unidades rotativas 12a, b, c, por ejemplo, motores Wankel, tal como se muestra en la Fig. 2. La turbina de primera etapa 26 y su transmisión 28 se sitúan entre dos de las unidades 12, es decir, dos unidades 12a, b se proporcionan delante de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28 y la otra unidad 12c se proporciona detrás de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28 a lo largo del eje de salida 16 (Fig. 5), o dos unidades 12a, b se proporcionan detrás de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28, y la otra unidad 12c se proporciona delante de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28 a lo largo del eje de salida 16 (Fig. 6). En la realización mostrada, las partes excéntricas 42 del eje de salida 16 están desplazadas angularmente en 120° unas de otras para equilibrar el motor de ciclo combinado 10.

Cada tubo de escape 68 se extiende independientemente desde el puerto de escape 50 de su unidad 12a, b, c respectiva hasta la trayectoria de flujo 66, aguas arriba de las palas del rotor 64. En la realización mostrada en la Fig. 6, los alojamientos 32 de las dos unidades 12a, b adyacentes tienen la misma orientación, es decir, con los puertos de escape 50 y los tubos de escape 68 situados en un mismo lado del motor de ciclo combinado 110, y la unidad 12c restante tiene su alojamiento 32 dispuesto a 180° de los otros, con el puerto de escape 50 y el tubo de escape 68 situados en el lado opuesto del motor de ciclo combinado 110. Cada tubo de escape 68 se comunica con la trayectoria de flujo 66 en una ubicación diferente alrededor de la circunferencia de la turbina de primera etapa 26.

El tubo 70 que se extiende desde la salida del compresor 20 se divide en tres tubos de entrada 72a, b, c, cada uno conectado al puerto de admisión 48 de las unidades rotativas 12a, b, c respectivas. Los tubos de entrada 72a, b en un mismo lado del cuerpo del motor de ciclo combinado 110 comparten una parte común antes de separarse en los tubos 72a, b individuales cerca de las entradas 48.

Con referencia a las Fig. 7-8, se muestra esquemáticamente un motor de ciclo combinado 210 según otra realización, donde elementos similares a los de los motores de ciclo combinado 10, 110 descritos previamente se identifican con los mismos números de referencia y no se describirán más en la presente memoria.

En esta realización, se proporcionan cuatro unidades rotativas 12d, e, f, g, por ejemplo, motores Wankel, tal como se muestra en la Fig. 2. La turbina de primera etapa 26 y su transmisión 28 se sitúan entre dos bloques de dos de las unidades 12, es decir, dos unidades 12d, e se sitúan delante de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28, y las otras dos unidades 12f, g se sitúan detrás de la turbina de primera etapa 26 y la transmisión 28 a lo largo del eje de salida 16. En la realización mostrada, las partes excéntricas 42 del eje de salida 16 están desplazadas angularmente en 90° unas de otras para el equilibrado del motor de ciclo combinado 10.

Cada tubo de escape 68 se extiende independientemente desde el puerto de escape 50 de su unidad 12d, e, f, g respectiva hasta la trayectoria de flujo 66, aguas arriba de las palas del rotor 64. Los tubos de escape 68 se extienden axialmente o sustancialmente axialmente para ayudar a minimizar su longitud. En la realización mostrada en la Fig. 8, los alojamientos 32 del primer bloque de unidades 12d, e adyacentes tienen una misma orientación con los puertos de escape 50 y los tubos de escape 68 situados en el mismo lado del motor de ciclo combinado 110. El alojamiento 32 del segundo bloque de unidades 12f, g adyacentes está orientado a 180° con respecto al primer bloque, con los puertos de escape 50 y los tubos de escape 68 situados en el lado opuesto del motor de ciclo combinado 110. Cada tubo de escape 68 se comunica con la trayectoria de flujo 66 en una ubicación diferente alrededor de la circunferencia de la turbina de primera etapa 26.

El tubo 70 que se extiende desde la salida del compresor 20 se divide en cuatro tubos de entrada 72d, e, f, g, cada uno conectado al puerto de admisión 48 de la unidad 12d, e, f, g, respectiva. Los tubos de entrada 72d, e y 72f, g

que se conectan a las entradas 48 adyacentes comparten una parte común antes de separarse en los tubos individuales cerca de las entradas 48.

5 En otras realizaciones que no se muestran, el turbocompresor 18 también acciona el eje de salida 16, por ejemplo, teniendo la turbina de presión 22 del turbocompresor 18 acoplada directamente a la turbina de primera etapa 26, o acoplada al eje de salida 16 a través de una transmisión respectiva. En otras realizaciones que no se muestran, el turbocompresor y la unidad o las unidades rotativas son coaxiales, pero el eje de salida y el eje del turbocompresor giran independientemente uno de otro, por ejemplo, con el eje de salida que está hueco y que rodea al eje del turbocompresor que se extiende a través del mismo.

10 Aunque se han mostrado realizaciones con 2, 3 y 4 unidades rotativas, en otras realizaciones, se pueden proporcionar más de 4 unidades rotativas. En una realización particular, las unidades rotativas se disponen tal como que tienen un mismo número de unidades rotativas delante y detrás de la turbina de primera etapa a lo largo del eje de salida, para un número par de unidades rotativas, o un número de unidades rotativas delante de la turbina de primera etapa, que es una más o una menos que el número de unidades rotativas detrás de la turbina de primera etapa a lo largo del eje de salida, para un número impar de unidades rotativas. Tal disposición puede permitir que la longitud de los tubos de escape 68 se minimice y, por tanto, puede ayudar a minimizar la pérdida de potencia entre las unidades rotativas y la turbina de primera etapa.

Aunque no se muestra, en todas las realizaciones, se pueden usar elementos de geometría variable tales como paletas de guía de entrada, válvulas de escape, compuertas de desechos, boquillas de turbina variable, etc. para obtener la operatividad deseada del sistema.

20 Aunque no se muestra, la turbina de primera etapa 26 se puede montar de una manera desplazada en lugar de coaxialmente con las unidades rotativas 12. La turbina de primera etapa 26 se puede acoplar de manera impulsiva al eje de salida a través de un sistema de transmisión angular, por ejemplo, perpendicular, por ejemplo, que incluye una caja de cambios y un eje de torre.

25 La descripción anterior pretende ser solamente ejemplar, y un experto en la técnica reconocerá que se pueden hacer cambios a las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención descrita, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un motor de ciclo combinado (10, 110, 210) que comprende:

un eje de salida (16);

5 al menos dos unidades rotativas (12) cada una que define un motor de combustión interna que incluye un rotor de motor (34) recibido de forma sellada y rotativa dentro de un alojamiento (32) respectivo, cada alojamiento (32) que define un puerto de entrada (48) y un puerto de escape (50), el rotor de motor (34) de cada una de las al menos dos unidades rotativas (12) que están en acoplamiento de impulsión con el eje de salida (16);

10 una turbina de primera etapa (26) que incluye una trayectoria de flujo (66) y un rotor de turbina que tiene una agrupación circunferencial de palas (64) que se extienden a través de la trayectoria de flujo (66), el rotor de la turbina que está en acoplamiento de accionamiento con el eje de salida (16); y

un turbocompresor (18) que incluye un compresor (20) y una turbina de segunda etapa (22) en acoplamiento de impulsión uno con otro; en donde:

una salida del compresor (20) está en comunicación fluida con el puerto de entrada (48) de cada alojamiento;

15 el puerto de escape (50) de cada alojamiento (32) está en comunicación fluida con una primera parte de la trayectoria de flujo (66) de la turbina de primera etapa (26), la primera parte de la trayectoria de flujo (66) que está situada aguas arriba de la agrupación circunferencial de palas (64) de la turbina de primera etapa (26);

una entrada de la turbina de segunda etapa (22) está en comunicación fluida con una segunda parte de la trayectoria de flujo (66) de la turbina de primera etapa (26), la segunda parte de la trayectoria de flujo (66) que está situada aguas abajo de la agrupación circunferencial de palas (64) de la turbina de primera etapa (26);

20 la turbina de primera etapa (26) tiene el eje de salida (16) que se extiende a través de la misma;

caracterizado por que:

las al menos dos unidades rotativas (12) incluyen una primera unidad rotativa (12a, 12b, 12d, 12e) situada delante de la turbina de primera etapa (26) a lo largo del eje de salida (16)

25 y una segunda unidad rotativa (12c, 12f, 12g) situada detrás de la turbina de primera etapa (26) a lo largo del eje de salida (16);

por que la turbina de primera etapa (26) tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,2; y

por que la turbina de segunda etapa (22) tiene una relación de reacción de al menos 0,25.

30 2. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en la reivindicación 1, en donde la relación de reacción de la turbina de primera etapa (26) es una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de a lo sumo 0,2.

3. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en la reivindicación 1, en donde la relación de reacción de la turbina de primera etapa (26) es una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de a lo sumo 0,1 y la relación de reacción de la turbina de segunda etapa (22) es una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de al menos 0,25.

35 4. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en la reivindicación 1, en donde la relación de reacción de la turbina de primera etapa (26) es una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de a lo sumo 0,2 y la relación de reacción de la turbina de segunda etapa (22) es una relación de reacción basada en la presión que tiene un valor de al menos 0,25.

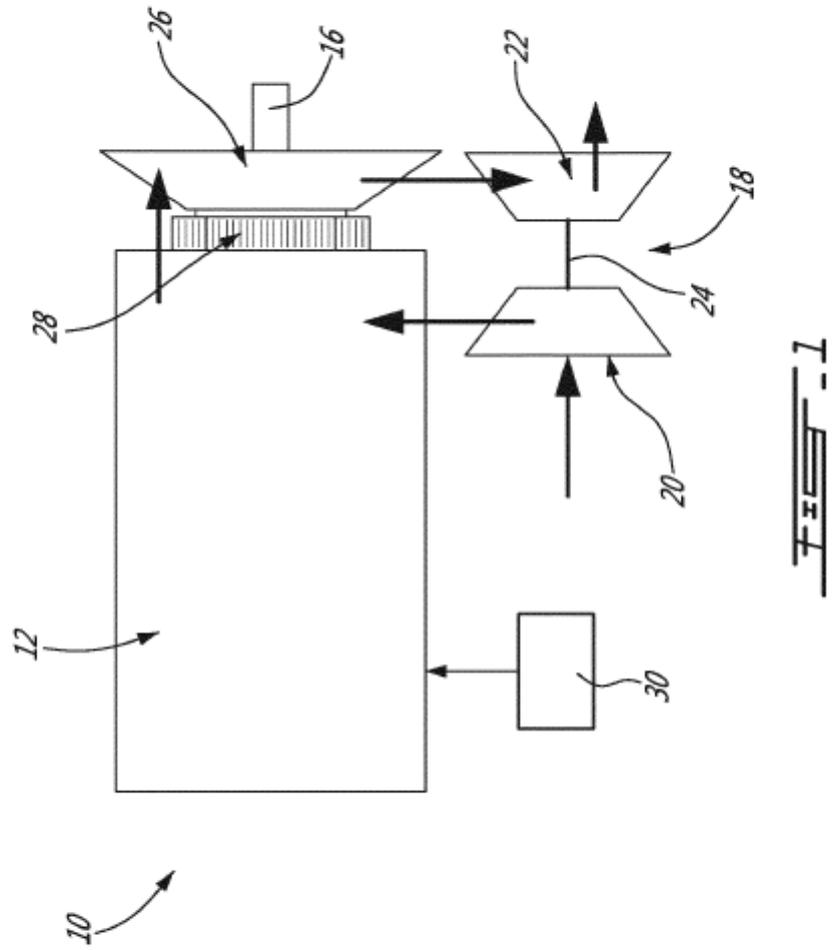
40 5. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada una de las al menos dos unidades rotativas (12) es un motor Wankel.

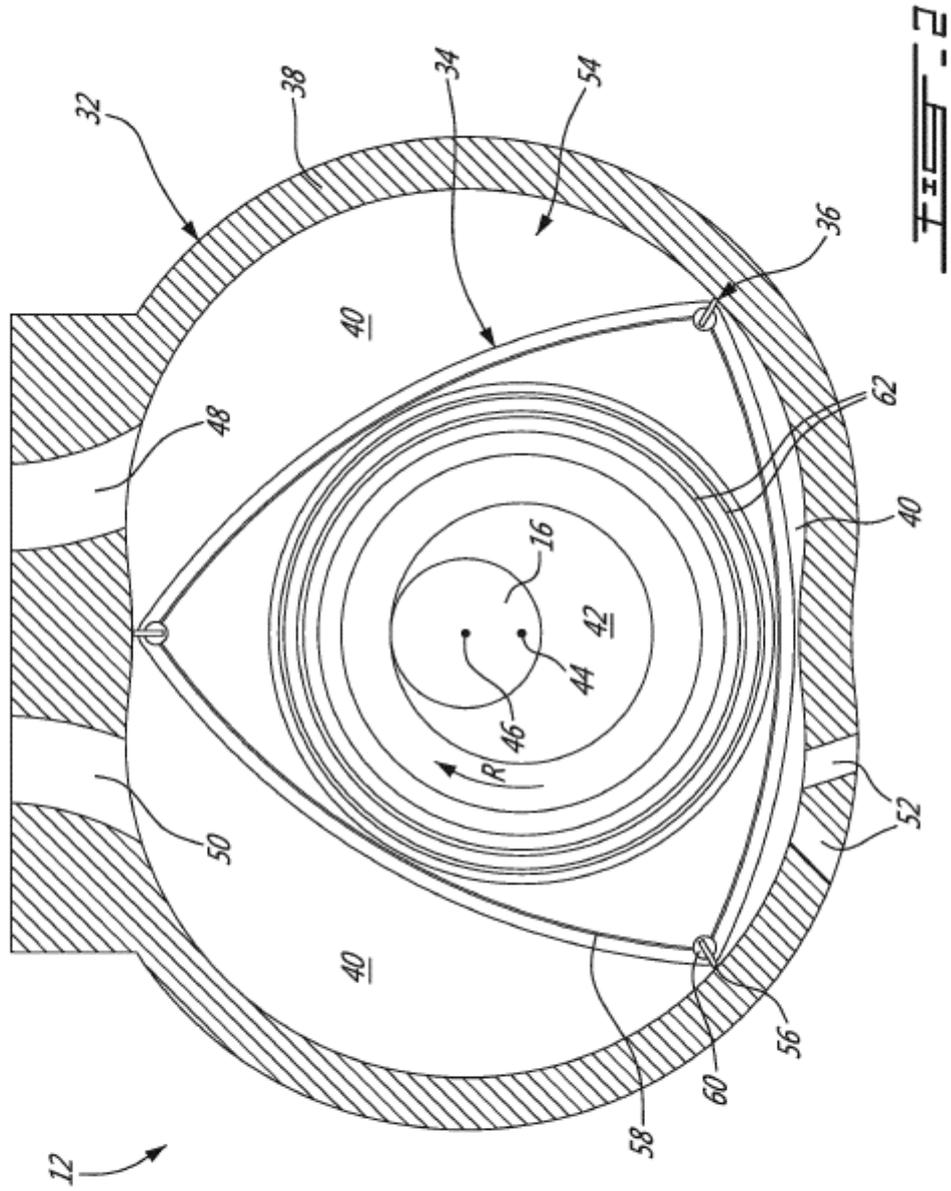
6. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el compresor (20) y la turbina de segunda etapa (22) están en acoplamiento de accionamiento uno con otro a través de un eje del turbocompresor giratorio independientemente del eje de salida.

45 7. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en la reivindicación 6, en donde el eje del turbocompresor (24) y el eje de salida (16) se extienden de una manera no paralela.

8. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además inyectores de combustible de conducto común (49) para cada una de las al menos dos unidades rotativas (12) y una fuente de combustible pesado (30) en comunicación con los inyectores de combustible (49).

- 5 9. El motor de ciclo combinado (210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las al menos dos unidades rotativas (12) incluyen la primera unidad rotativa (12d), la segunda unidad rotativa (12f) y unidades rotativas (12e, 12g) adicionales, las unidades rotativas (12e, 12g) adicionales que están situadas de manera que un mismo número de las unidades rotativas (12) está dispuesto delante y detrás de la turbina de primera etapa (26) a lo largo del eje de salida (16).
- 10 10. El motor de ciclo combinado (110) como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde las al menos dos unidades rotativas (12) incluyen la primera unidad rotativa (12a), la segunda unidad rotativa (12c) y unidades rotativas (12b) adicionales, las unidades rotativas (12b) adicionales que se sitúan de manera que un número de las unidades rotativas (12a, 12b) dispuestas delante de la turbina de primera etapa es uno más o uno menos que un número de las unidades rotativas (12c) dispuestas detrás de la turbina de primera etapa (26) a lo largo del eje de salida (16).
11. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende:
- 15 un tubo de escape (68) respectivo que proporciona la comunicación fluida entre cada puerto de escape (50) de las al menos dos unidades rotativas (12) y la entrada de la turbina de primera etapa (26);
- un conducto de entrada (70, 72) que proporciona la comunicación fluida entre la salida del compresor (20) y el puerto de entrada (48) de cada una de las al menos dos unidades rotativas (12); y
- un tubo de turbina (80) que proporciona la comunicación fluida entre la salida de la turbina de primera etapa (26) y la entrada de la turbina de segunda etapa (22).
- 20 12. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en la reivindicación 11, en donde cada tubo de escape (68) se extiende axialmente o sustancialmente axialmente.
13. El motor de ciclo combinado (10, 110, 210) como se define en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la turbina de primera etapa (26) tiene el eje de salida (16) que se extiende a través de la misma y está en acoplamiento de impulsión con el eje de salida (16) a través de una transmisión (28), la transmisión (28) que está situada entre la primera y la segunda unidades rotativas (12).
- 25 14. Un método de combinación de al menos dos motores rotativos (12), el método que comprende:
- acoplar impulsivamente una turbina de segunda etapa (22) y un compresor (20) en un turbocompresor (18) tal como para accionar el compresor (20) con la turbina de segunda etapa (22);
- 30 acoplar impulsivamente cada uno de los al menos dos motores rotativos (12) y una turbina de primera etapa (26) al eje de salida (16) colocando la turbina de primera etapa (26) entre dos de los al menos dos motores rotativos (12) a lo largo del el eje de salida (16), la turbina de primera etapa (26) que tiene una relación de reacción de a lo sumo 0,2, la turbina de segunda etapa (22) que tiene una relación de reacción de al menos 0,25;
- hacer circular un flujo de escape del compresor desde una salida del compresor (20) a un puerto de entrada (48) de cada uno de los al menos dos motores rotativos (12);
- 35 hacer circular un flujo de escape del motor desde un puerto de escape (50) de cada uno de los al menos dos motores rotativos (12) a una entrada de la turbina de primera etapa (26); y
- hacer circular un flujo de escape de la turbina de primera etapa (26) desde una salida de la turbina de primera etapa (26) a una entrada de la turbina de segunda etapa (22) del turbocompresor (18).
- 40 15. El método como se define en la reivindicación 14, que comprende además proporcionar comunicación fluida entre una fuente de combustible pesado (30) y cada uno de los al menos dos motores rotativos (12).





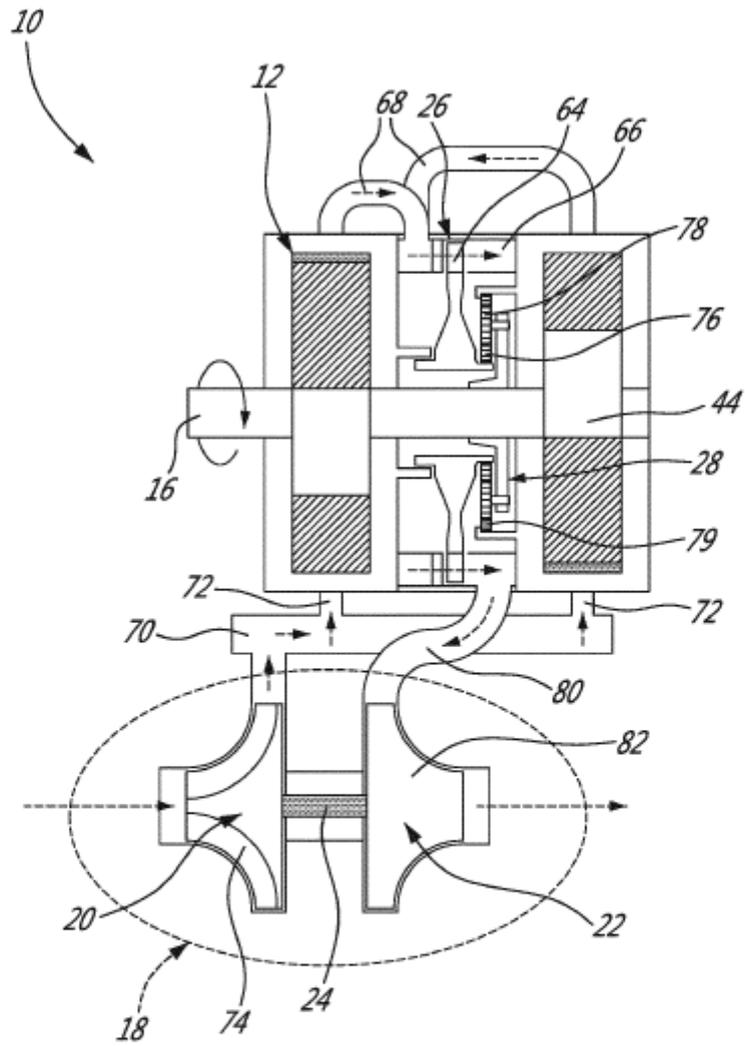


FIG. 3

