

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 168**

51 Int. Cl.:

F01D 11/04	(2006.01)
F02K 7/16	(2006.01)
F02K 7/18	(2006.01)
F02K 9/48	(2006.01)
F02C 1/10	(2006.01)
F04D 29/10	(2006.01)
F02C 7/28	(2006.01)
F16J 15/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2014 PCT/GB2014/000410**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2015 WO15052474**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2014 E 14784341 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 3055511**

54 Título: **Máquina rotatoria**

30 Prioridad:

11.10.2013 GB 201318104
05.06.2014 US 201414296615

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2018

73 Titular/es:

REACTION ENGINES LIMITED (100.0%)
Hill House 1 Little New Street
London EC4A 3TR, GB

72 Inventor/es:

BOND, ALAN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 651 168 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

Máquina rotatoria

5 CAMPO

La presente invención se relaciona con máquinas rotatorias, tales como turbomáquinas, y a motores y máquinas voladoras que incorporan tales máquinas rotatorias tales como máquinas voladoras capaces de un Mach alto (por ejemplo, Mach 5) lanzamientos atmosféricos de crucero o de etapa única a órbita.

10

ANTECEDENTES

Un ejemplo de un motor en el que se utiliza una turbomáquina es el motor SABRE desarrollado por Reaction Engines Limited, de Oxfordshire, Reino Unido.

15

Tal motor es para aplicaciones de potencia tales como un avión espacial de una sola etapa a la órbita, como la aeronave SKYLON desarrollado por Reaction Engines Limited. El motor SABRE tiene dos modos de operación. En altitudes más bajas, el motor funciona expandiendo un almacén de helio a bordo en un circuito de helio gaseoso más allá de una turbina de un turbocompresor para accionar un compresor del turbocompresor para comprimir el aire atmosférico de admisión. El aire comprimido se mezcla con hidrógeno de un depósito de hidrógeno líquido a bordo y la mezcla resultante se quema y luego se expulsa a través de una boquilla para proporcionar empuje. A mayor altitud y fuera de la atmósfera para el transporte a las áreas orbitales, el motor funciona en modo cohete completo.

20

En este modo, en lugar de absorber el aire atmosférico, el motor mezcla oxígeno de un depósito a bordo de oxígeno líquido con el hidrógeno y quema la mezcla que luego se expande y extrae a través de una boquilla de cohete para proporcionar empuje. El turbocompresor no se usa en modo cohete.

25

Un problema a tratar en una disposición como esta es la fuga de helio del circuito de helio. Tal fuga es indeseable, ya que requiere un almacenamiento mayor de helio a bordo de lo que sería el caso si no hubiera fugas o menos fugas. Es deseable almacenar menos helio en lugar de más helio para minimizar el tamaño y el peso de una aeronave a la que está equipado un motor como este. Es extremadamente difícil prevenir la fuga de fluido, como gas de helio, más allá de un cojinete del árbol. En la práctica, siempre habrá alguna fuga.

30

La presente disposición tiene como objetivo, en efecto, minimizar la fuga recapturando y reutilizando fluido de trabajo filtrado. Alternativamente, la invención tiene como objetivo proporcionar una turbomáquina útil.

35

El documento US 4 464 908 A divulga un sistema de bomba de calor turbocompresor con energía solar en el cual se emplea el mismo fluido de trabajo en la turbina de potencia y la turbina compresora, e incluye medios para lubricar y enfriar los cojinetes que soportan el árbol rotatorio del turbocompresor. El documento GB 1 164 201 A divulga disposiciones de sello de árbol para turbomáquinas que tienen medio de trabajo gaseoso calentado en un reactor nuclear.

40

RESUMEN

45

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una máquina rotatoria de acuerdo con las características de la rotación 1 y que tiene un componente de trabajo para comunicar un fluido de trabajo desde una entrada a una salida del mismo, que comprende una turbina y un compresor que tiene los respectivos rotores conectados por un conector, y un sistema de recuperación de fluido de trabajo para la recuperación del fluido de trabajo en la región del conector. Por lo tanto, el fluido de trabajo (como el helio) no necesita ser consumido o consumido tan rápidamente durante el uso de la máquina.

50

La máquina rotatoria puede estar adaptada para operar con el fluido de trabajo en un circuito de bucle cerrado. Por lo tanto, se puede omitir un tanque de suministro de recarga del circuito, lo que permite ahorrar peso.

55

La máquina rotatoria puede adaptarse para funcionar con el fluido de trabajo en forma de helio gaseoso.

El componente de trabajo puede ser uno de una turbina y un compresor.

60

El conector puede estar adaptado para formar al menos parte de una conexión entre el componente de trabajo y el compresor.

El compresor puede estar adaptado para comprimir un segundo fluido de trabajo, que puede ser aire.

65

El conector puede comprender un árbol giratorio y un sello de árbol puede estar provisto para sellar sustancialmente el fluido de trabajo contra su transmisión a lo largo del árbol. A pesar del sellado sustancial, es probable que aún haya una pequeña cantidad de fugas.

El sello del árbol puede estar ubicado de manera fluida entre uno de los rotores y una entrada al sistema de recuperación de fluido de trabajo.

5 La máquina rotatoria puede adaptarse para operar con presión a uno de dichos lados de los rotores del sello mayor que la presión a un lado de presión inferior del sello.

El sello, en un lado del mismo frente a dicho uno de dichos rotores, puede adaptarse para someterse a una presión de trabajo sustancialmente igual a la presión en una entrada de fluido de trabajo a la turbina.

10 La presión de trabajo puede ser de más de 50 Bar o más de 100 Bar, por ejemplo aproximadamente 200 Bar o más.

15 Cuando la máquina rotatoria incluye dicho compresor, el compresor puede tener una entrada y una salida para el segundo fluido de trabajo, estando al menos una entrada y salida adaptadas para operar a una presión del lado del compresor menor que la presión de trabajo. Por lo tanto, se puede proporcionar un gradiente de presión, con una presión decreciente a lo largo de una senda alejada del componente de trabajo. Cuando el componente de trabajo es una turbina, se puede crear un gradiente de presión relativamente alto en la turbina a relativamente bajo en el compresor. Por lo tanto, en un caso en el que la máquina giratoria comprende un turbocompresor, cualquier fuga puede ser en una dirección desde la turbina hacia el compresor cuando el fluido de trabajo está dispuesto para pasar a través de la turbina. Por lo tanto, el fluido de trabajo (que puede ser helio gaseoso, que puede funcionar en un circuito de helio cerrado) puede no contaminarse por el fluido de trabajo en el compresor, que puede ser, por ejemplo, aire que contiene oxígeno y otras moléculas u otro fluido. En este caso, cuando se proporciona un sello de árbol para limitar la comunicación entre la turbina y el compresor, que puede tener rotores en un árbol común, incluso si el sello del árbol permite alguna fuga, el fluido de trabajo en la turbina no está contaminado. En algunas realizaciones, la disposición puede revisarse de manera que el helio u otro fluido de trabajo en un compresor u otro componente de máquina rotacional opere a una presión más alta que otro fluido tal como aire o hidrógeno en una turbina, de nuevo tal que el gradiente de presión asegura que cualquier flujo de fuga esté alejado del circuito de helio (o senda de trabajo del fluido). Por lo tanto, el gradiente de presión puede ser hacia una turbina en un caso en el que el fluido de trabajo está adaptado para pasar un compresor en el mismo árbol que dicha turbina.

30 El sistema de recuperación de fluido de trabajo puede incorporar una turbina de recuperación (o auxiliar).

35 La turbina de recuperación puede tener una senda de entrada adaptada para extraer un fluido de trabajo de una región de entrada del componente de trabajo y / o una senda de salida adaptada para suministrar fluido de trabajo a una región de salida del componente de trabajo.

El sistema de recuperación de fluido de trabajo puede incluir al menos un compresor de recuperación (o auxiliar). En algunos ejemplos, el compresor de recuperación es impulsado eléctricamente por un motor y puede ser del tipo de bomba alternativa. El compresor puede ser accionado de varias otras maneras en otras realizaciones.

40 La máquina rotatoria puede incluir un árbol adaptado para transmitir el par desde un rotor de la turbina de recuperación a un rotor del compresor de recuperación.

45 El compresor de recuperación puede tener una senda de entrada adaptada para extraer fluido desde un espacio de recuperación limitada al menos parcialmente por el lado de presión inferior del sello del árbol y/o una senda de salida adaptada para suministrar fluido de trabajo a una región de salida del componente de trabajo.

La máquina rotatoria puede incluir un segundo sello del árbol y el espacio de recuperación puede estar entre el sello del árbol y el segundo sello del árbol.

50 El dispositivo de recuperación de fluido de trabajo puede incluir un purificador para eliminar contaminantes del fluido de trabajo. Esto es altamente ventajoso, especialmente cuando el fluido de trabajo es operable en un circuito cerrado ya que, incluso sin un tanque de llenado de fugas, se puede evitar un aumento gradual de la contaminación que podría dañar los componentes y afectar negativamente el rendimiento termodinámico.

55 Un aspecto adicional de la invención proporciona una máquina que incorpora un circuito de fluido de trabajo, incluyendo el circuito de fluido de trabajo un purificador para eliminar contaminantes del fluido de trabajo. El circuito de fluido de trabajo puede ser un circuito de helio.

60 El purificador puede estar adaptado para eliminar al menos oxígeno del fluido de trabajo.

El purificador puede estar adaptado para eliminar al menos hidrógeno del fluido de trabajo.

65 Por lo tanto, cuando el fluido de trabajo es helio, utilizado en un circuito de helio que pasa a través del componente de trabajo, si el fluido contaminante del compresor o en otro lugar en un motor, como por vía de la difusión de hidrógeno a helio en un intercambiador de calor de hidrógeno/helio, debe alcanzar una entrada al sistema de recuperación de fluido de trabajo (como si alcanza un espacio de recuperación entre los sellos que sellan una

turbina y el compresor de la máquina rotatoria), cuyo fluido contaminante puede incluir oxígeno o hidrógeno, el purificador puede eliminar tales contaminantes, como antes de que el fluido de trabajo filtrado se inyecte de nuevo en el circuito de helio, por ejemplo en una salida de la turbina de una turbomáquina.

5 El rotor de turbina puede ser un rotor de fluido de helio conectado de forma accionada a un rotor compresor que puede ser un rotor de fluido sin helio, el sello del árbol se puede ubicar entre dichos rotores de fluido de helio y sin fluido de helio, estando adaptada la turbomáquina para operar con un gradiente de presión a lo largo del árbol con una presión más alta en un lado del rotor del fluido de helio del sello del árbol que en un lado del sello del árbol sin helio.

10 Un aspecto adicional de la invención proporciona un motor que incluye una máquina rotatoria tal como se expone en uno cualquiera o más de los aspectos anteriores de la misma.

15 El motor puede tener un circuito adaptado para la circulación de helio gaseoso, pasando el circuito a través de una turbina de helio de la turbomáquina.

20 El motor puede estar adaptado para comprimir aire, tal como para su uso en combustión, teniendo el motor una senda de aire a su través que pasa a través de un compresor de aire de la turbomáquina, estando el compresor de aire accionado por la turbina de helio.

25 El motor puede estar adaptado para el encendido del motor en un modo de respiración de aire del mismo, en el que está adaptado para producir un empuje motriz en funcionamiento continuo a velocidad de aire cero.

Un aspecto adicional de la invención proporciona una máquina voladora que incluye un motor adaptado para proporcionar un impulso motriz al mismo, siendo el motor como se establece en el aspecto anterior de la misma.

30 La máquina voladora puede tener un fuselaje con superficies de control aerodinámico adaptadas para funcionar junto con el motor para un despegue horizontal controlado desde una velocidad de aire cero con el motor en el modo de respiración de aire.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 La presente invención se puede llevar a cabo de varias maneras y se describirá ahora una realización preferida de una turbomáquina de acuerdo con la invención a modo de ejemplo solamente y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

40 Figuras 1A a 1D muestran el plano superior respectivo, la elevación lateral, vista en elevación frontal y la vista en elevación posterior de una realización preferida de una máquina volante que incorpora motores preferidos con turbomáquinas preferidas de acuerdo con la invención;

Figura 2 muestra un diagrama de ciclo esquemático para cada uno de los motores mostrados en la Figura 1; y

45 Figura 3 es una vista esquemática de la turbomáquina preferida utilizada en los motores de las Figuras. 1A a 1D y Figura. 2.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

50 La Figura 1A muestra una aeronave 100 con fuselaje 101 a la que están conectadas las alas principales 102, 104, estabilizadores horizontales frontales que se mueven totalmente 106, 108 y la cola estabilizadora 110 que se mueve completamente. El fuselaje 101 tiene un tren de aterrizaje triciclo retráctil (no mostrado) que se retrae en las figuras y un área de carga útil bajo las puertas de carga útil 112, 114. Las alas principales tienen alerones 116, 118 en sus bordes posteriores y motores 120, 122 en las puntas de las alas 124, 126 de los mismos.

55 Como se muestra en la Figura 1D, cada motor 120, 122 tiene cuatro boquillas de cohete 138 orientadas hacia atrás.

60 La Figura 1A muestra cada motor en una configuración de cohete completa en la que se conducen hidrógeno y oxígeno hacia las boquillas de cohete 127 de la cámara de combustión/boquillas 128 para la combustión en cámaras de combustión (no mostradas) para proporcionar empuje. Un cono de proa 130 de cada motor es retráctil para formar una entrada 132 de aire anular (Figura 2). Cuando la aeronave está estacionaria sobre el suelo en una pista (no mostrada), los conos de proa 130 están configurados en esta posición retraída para permitir que los motores 120, 122 arranquen para quemar hidrógeno en el aire para proporcionar empuje. La aeronave 100 puede despegar horizontalmente, retraer el tren de aterrizaje y subir en el modo de respiración de aire a aproximadamente 10 km de altitud y una velocidad de Mach 5, y convertirse en un modo de cohete completo en el que las mismas boquillas de cohete 127 se utilizan para empuje después de la combustión de hidrógeno en oxígeno (transportado a bordo en un almacén de oxígeno líquido) y en el que los conos de proa 130 se extienden a la configuración de la Figura 1A en el

que cada entrada de aire 132 está cerrada. En este modo de cohete completo, la aeronave puede acelerar fuera de la atmósfera en órbita con el fin de llevar a cabo operaciones de órbita, como la entrega o recuperación de la carga.

5 La aeronave 100 puede realizar entonces un empuje retro (por ejemplo, utilizando componentes de empuje adicionales (no mostrados) contra la dirección del movimiento para volver a entrar en la atmósfera, después de lo cual puede deslizarse hasta un aterrizaje horizontal.

10 Como se muestra en la Figura 2, cuando la aeronave 100 es operada dentro de la atmósfera en un modo de respiración de aire, el flujo de aire entrante indicado por la flecha 134 puede entrar en la entrada de aire 132, con lo que el flujo se ralentiza (con relación a la aeronave 100) y por lo tanto calentado (por ejemplo, hasta aproximadamente 1000 a 1250 grados K) antes de pasar a través de un intercambiador de calor de preenfriamiento 136, comprimiéndose entonces el aire en el compresor 21 del turbocompresor 10 antes de la entrega de una parte del mismo a la cámara/boquilla de combustión de cohetes 128.

15 Al mismo tiempo, el flujo de hidrógeno desde una fuente de hidrógeno 138 pasa a través de la bomba de hidrógeno 140, antes de calentarse en el intercambiador de calor 142 y luego pasar a través de la turbina de hidrógeno 144 (que proporciona par a lo largo del árbol 146 a la bomba de hidrógeno 140). A continuación, el hidrógeno fluye a través de una turbina de hidrógeno adicional 148 a un prequemador 150 en el que parte del hidrógeno se quema con una porción del aire que sale del compresor 21 en su senda hacia la cámara/boquilla de combustión 128. Los
20 productos calentados por combustión en el prequemador que salen del prequemador 150, que incluyen hidrógeno no quemado, pasan luego a través de un intercambiador de calor 152 donde se enfrían (y transfieren energía a un circuito de helio 41), luego a la cámara de combustión/la boquilla 128 para la combustión, los productos de combustión que salen del motor 120 como un flujo de escape del cohete indicado por la flecha 154 con el fin de proporcionar empuje a la aeronave 100.

25 Mientras que la Figura 1D muestra que, en realidad, cada motor 120, 122 tiene cuatro boquillas de cohete, la Figura 2 solo muestra uno de estos como parte de la cámara de combustión/boquilla 128 por motivos de claridad.

30 Al mismo tiempo, se acciona el circuito de helio 41. En particular, el flujo de helio 19 (mostrado en la Figura 3) sale de la salida de turbina 17 del turbocompresor 10, luego pasa a través del intercambiador de calor 142 (donde se enfría y calienta hidrógeno), luego pasa a través del compresor de circulación de helio 156 que se suministra con par a lo largo del árbol 158 de la turbina de hidrógeno 148. El flujo de helio pasa luego a través del intercambiador de calor 152 donde se calienta (mediante productos de combustión en la vía desde el prequemador 150 hasta la
35 cámara de combustión/boquilla 128), con lo que se introduce energía en el circuito de helio. El flujo de helio pasa desde el intercambiador de calor 152 de regreso a la entrada de la turbina 13 de la turbina 9, la turbina 9 de helio acciona el compresor 21 de aire a través del árbol 20.

40 La Figura 3 muestra un ejemplo de la presente disposición para la recuperación de helio. El turbocompresor principal del motor se muestra en 10. El helio de alta presión entra en la turbina 9 como se indica esquemáticamente por la flecha 11 en la entrada de la turbina 13 a aproximadamente 200 bar, expande e impulsa el rotor de turbina 15, y luego sale por la salida de la turbina 17 a aproximadamente 40 bar en la dirección indicada esquemáticamente por la flecha 19.

45 El compresor 21 inyecta aire en la entrada 27 como se indica esquemáticamente mediante la flecha 29 que pasa el rotor 31 del compresor y sale del compresor 21 en la salida 33 como se indica esquemáticamente mediante la flecha 35.

50 El árbol 20 del turbocompresor 10 transmite el accionamiento desde la turbina 9 al compresor 21 y tiene sellos en cada extremo (sello de la turbina 23 y sello del compresor 25) para minimizar la fuga de gas.

55 Como se comprenderá, sin embargo, en la práctica, estos sellos 23, 25 no serán perfectos y, por lo tanto, se producirá alguna fuga. Con el fin de evitar la entrada de aire y la contaminación del circuito de helio 41, la disposición es tal que el helio en la entrada 13 de la turbina está a una presión más alta que el aire en la salida 33 del compresor 21. Esto mantiene un gradiente de presión a lo largo del árbol desde la turbina 9 al compresor 21 de manera que cualquier fuga tenderá a ser desde la turbina 9 hasta el compresor 21 pasando por los sellos 23, 25.

Como se verá a partir de la Figura 3, el helio que se ha filtrado desde la turbina a un espacio 43 de recuperación alrededor del árbol 20 y entre los sellos 23, 25 es retirado.

60 Este helio extraído se vuelve a comprimir en el recompresor 45 usando una técnica existente. Cualquier aire e hidrógeno (se usa hidrógeno en otra parte del motor) presente en el helio recomprimido se elimina en el purificador 47 a través de la salida 49 del purificador como se muestra esquemáticamente mediante la flecha 51; aunque, como se mencionó, el gradiente de presión referido anteriormente significará que la contaminación del helio es baja.

65 El helio purificado se conduce luego a través de un compresor 53 de un turbocompresor auxiliar 30 para comprimir el helio, estando la salida de ese compresor 53 acoplada a través de un conducto 55 a la salida 17 de la turbina 9 del

5 turbocompresor principal 10. El compresor auxiliar 53 es impulsado por helio retirado de la entrada 13 de la turbina 9 del turbocompresor principal 10, que pasa a través de la turbina auxiliar 57 con la salida de la turbina auxiliar acoplada también a la salida 17 de la turbina 9 del turbocompresor principal 10. La turbina auxiliar 57 tiene un rotor 59 de la misma conectado de forma accionada a un rotor 61 del compresor auxiliar 53 por un árbol de accionamiento 63.

10 Así, el helio que se escapa al espacio de recuperación o la cavidad 43 alrededor del árbol 20 del turbocompresor principal 10 entre los sellos 23, 25 es recapturado y vuelve a entrar en el circuito principal de helio en la salida 17 de la turbina 9 del turbocompresor principal 10.

También se puede usar una disposición de recaptura de helio similar en el turbocompresor formado por la turbina de hidrógeno 148, el árbol 158 y el circulador/compresor de helio 156 con el fin de evitar la fuga de hidrógeno en el circuito de helio.

15 El turbocompresor 10 puede modificarse de manera que se añada un sello de árbol adicional 27 (mostrado en líneas punteadas en la figura 3). En este caso, la presión entre los sellos 23, 27 puede mantenerse a aproximadamente 2 Bars y la presión entre los sellos 27, 25 a aproximadamente 1 Bar, con la presión en el lado del compresor del sello 25 considerablemente mayor, por ejemplo, 15 a 100 Bars. Por lo tanto, la fuga del compresor 31 más allá del sello 25 se extrae a través del conducto 29' (mostrado esquemáticamente en líneas punteadas) en un espacio de 1 espacio 31' de un bar y el helio se extrae del espacio 43 de 2 bar. Cualquier ligera fuga pasando el sello 27 es del helio al aire (de izquierda a derecha en la Figura 3) de manera que el helio en el circuito de helio no está contaminado.

25 En otros ejemplos que no caen dentro del alcance del capítulo reivindicatorio anexo, la turbina 15 o el compresor 31 pueden ser reemplazados, por ejemplo, por un alternador/generador o motor. Por lo tanto, en una realización, los componentes a la derecha del sello 25 en la Figura 3 pueden reemplazarse completamente con un generador adaptado para ser alimentado por la turbina 15 y en otra realización los componentes a la izquierda del sello 23 en la Figura 3 pueden reemplazarse con un motor adaptado para accionar el compresor, con otras disposiciones puestas en funcionamiento para purificar el fluido de trabajo y devolver el fluido de trabajo que se ha extraído del espacio 43 al circuito de helio.

30 En otra realización, la realización de la Figura 3 podría adaptarse reemplazando los medios para volver a comprimir el helio 51 y el turbocompresor 30 con un compresor alternativo accionado por un motor eléctrico. El turbo compresor auxiliar 30 por lo tanto no es esencial.

35 Como el circuito de helio tiene su fluido de trabajo (helio) en un bucle cerrado, no es esencial un tanque auxiliar para compensar las fugas. Se puede proporcionar un tanque auxiliar, pero se puede minimizar la cantidad de fluido auxiliar (helio gaseoso).

40 No es esencial tener helio como fluido de trabajo en todas las realizaciones de acuerdo con esta invención y otros fluidos de trabajo podrían usarse con un sistema de recuperación y/o purificación de fluido de trabajo similar.

45 El compresor de recuperación podría ser accionado de muchas maneras diferentes, incluyendo el accionamiento directo desde el árbol principal 20 en otras realizaciones o a través de una caja de engranajes.

50 El purificador 47 puede comprender o incluir un filtro de paladio con una bomba de vacío, permitiendo que el hidrógeno se extraiga del fluido de trabajo fugado, pero no del helio. Por lo tanto, el helio puede ser purificado. Una ventaja de usar unos medios de paladio para separar el hidrógeno del helio es que puede usarse repetidamente, como en un vuelo tras otro cuando la máquina de turbina se usa como parte de los componentes de una máquina voladora. Un purificador alternativo incorpora un absorbente como uranio pirofórico o titanio para eliminar el hidrógeno del flujo.

55 El purificador supera sustancialmente el problema de la fuga/descongelación de hidrógeno a través de intercambiadores de calor en el motor 120 en helio ya que el hidrógeno puede debilitar a otros componentes en el circuito de helio.

60 Una ventaja del uso de los tres sellos 23, 27, 25, incluido el sello 27, es que esto aísla los dos fluidos de trabajo de la turbina y el compresor con el tercer sello 27. La presión en el espacio 31' está por debajo de las presiones en los dos espacios adyacentes para garantizar que la fuga se produzca en la dirección correcta alejándose del helio en lugar de entrar en el helio.

65 En lugar de colocar el purificador 45 en el sistema de recuperación de fluido de trabajo, el purificador 45 puede colocarse en el circuito de helio principal 41. Por ejemplo, un purificador 45' (mostrado en líneas punteadas en la Figura 2) como el purificador 45 puede colocarse en el bucle principal de helio después del intercambiador de calor 142, porque este es un intercambiador de calor de hidrógeno / helio donde la fuga de difusión de hidrógeno en el helio puede ocurrir. De forma similar, el purificador puede colocarse justo después del compresor circulador de helio

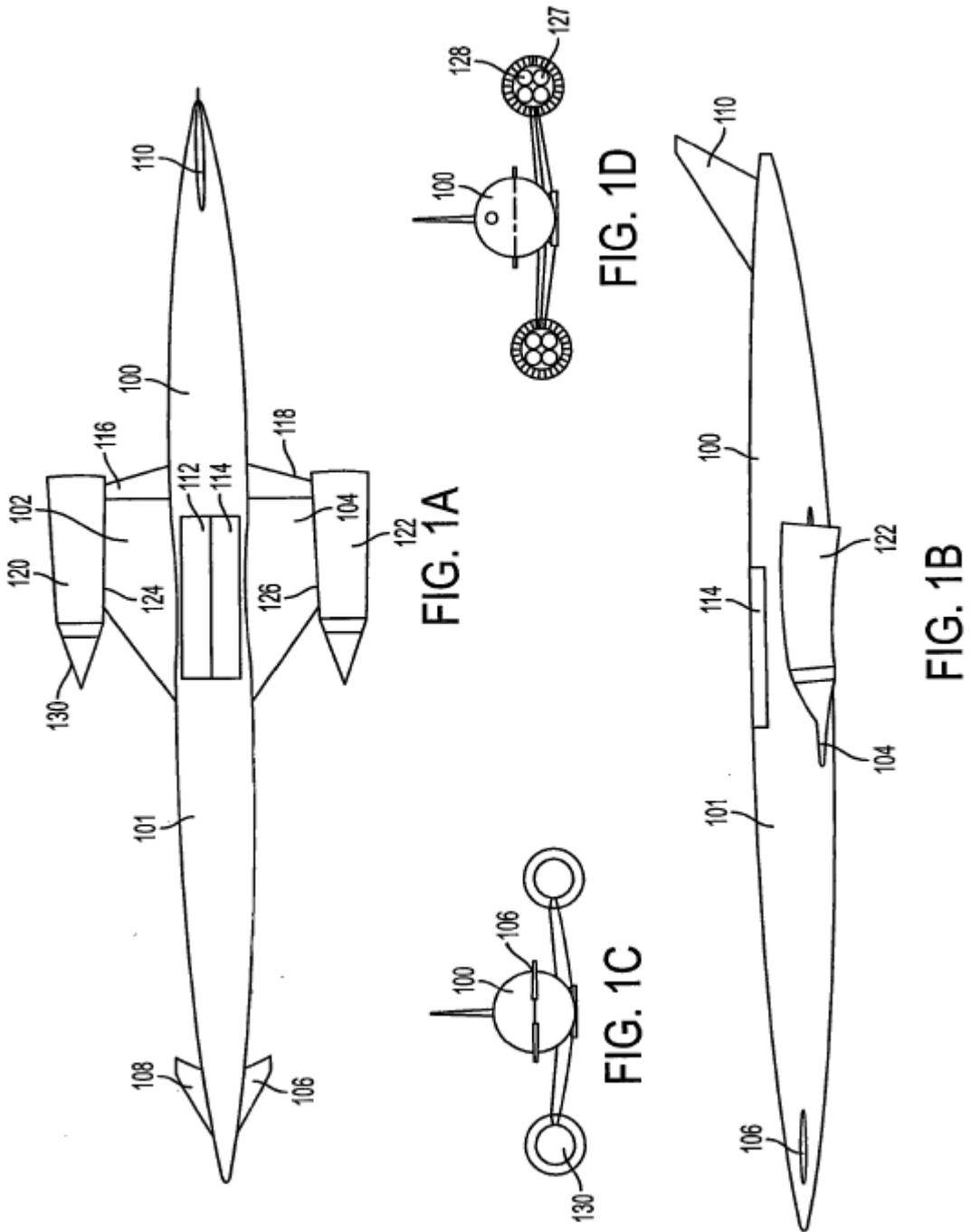
5 156 o el intercambiador de calor 136 en el circuito de helio. Ambas posiciones están antes del intercambiador de calor 136 que puede incluir aleaciones a base de níquel en los conductos 136' que contienen helio, el intercambiador de calor 152 y la turbina 9 que podrían fragilizarse por el hidrógeno. El compresor 156 generalmente funciona a temperatura relativamente baja, por lo que no es tan sensible a la fragilización por hidrógeno como otros componentes en el circuito de helio. La purificación del helio es, por lo tanto, altamente ventajosa ya que evita la fragilidad de los componentes en el motor debido a la contaminación por hidrógeno.

10 Se pueden realizar diversas modificaciones a la realización descrita sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina rotatoria que tiene un componente de trabajo para comunicar un fluido de trabajo (11, 19) desde una entrada a una salida de la misma, que comprende:
- 5 una turbina (9) y un compresor (21) que tienen respectivos rotores (15, 31) conectados por un conector (20); y un sistema de recuperación de fluido de trabajo para la recuperación del fluido de trabajo (11, 19) en la región (43) del conector (20);
- 10 en el cual:
- el conector (20) está adaptado para formar al menos parte de una conexión de accionamiento entre la turbina (9) y el compresor (21);
- 15 el conector (20) comprende un árbol giratorio (20);
- y se proporciona un sello de árbol (23, 25, 27) para sellar sustancialmente el fluido de trabajo (11, 19) contra su transmisión a lo largo del árbol (20);
- 20 caracterizado porque:
- el compresor (21) está adaptado para comprimir un segundo fluido de trabajo (29, 35); y
- 25 el sistema de recuperación de fluido de trabajo comprende al menos un compresor de recuperación (53).
2. Una máquina de rotación según la reivindicación 1, que comprende una turbomáquina (10) que está adaptada para operar con el fluido de trabajo (11, 19) en un circuito cerrado.
3. Una máquina rotatoria según la reivindicación 1 o reivindicación 2 que está adaptada para operar con el fluido de trabajo (11, 19) como helio.
- 30 4. Una máquina rotatoria como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en las que el componente de trabajo comprende una turbina (9) o un compresor (21).
- 35 5. Una máquina rotatoria según la reivindicación 1, en la que el segundo fluido de trabajo (29, 35) es aire.
6. Una máquina rotatoria según la reivindicación 1 en la que el sello del árbol (23, 25, 27) está ubicado en forma fluida uno de dichos rotores (15, 31) y una entrada (43) al sistema de recuperación de fluido de trabajo.
- 40 7. Una máquina rotatoria según la reivindicación 1 o la reivindicación 6 que está adaptada para operar con presión en uno de dichos rotores laterales del sello (23, 25, 27) mayor que la presión en un lado de menor presión del sello (23, 25, 27).
- 45 8. Una máquina de rotación según la reivindicación 7 en la que el sello (23, 25, 27), en un lado del mismo enfrenta a dicho uno de dichos rotores (15, 31) está adaptado para ser sometido a una presión de sellado sustancialmente igual a la presión en una región de fluido de trabajo del componente de trabajo.
9. Una máquina rotatoria según la reivindicación 8 en la que la presión del sello es más de 50 Bar.
- 50 10. Una máquina rotatoria según la reivindicación 8 o reivindicación 9 que comprende dos sellos de árbol adicionales (23, 25, 27), se está adaptando el sistema de recuperación de fluidos de trabajo para extraer el líquido filtrado de entre los dos dichos sellos, la presión en una cámara (43) entre el resto de dicho sello y uno de dichos sellos puede mantenerse menor que la presión entre dos de dichos sellos.
- 55 11. Una máquina rotatoria como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes en las que el sistema de recuperación del fluido de trabajo comprende una turbina de recuperación (57).
12. Una máquina rotatoria según la reivindicación 11 en la que la turbina de recuperación (57) tiene una senda de entrada adaptado para extraer un fluido de trabajo (11, 19) de una región de entrada (13) del componente de trabajo y / o una senda de salida adaptada para suministrar fluido de trabajo a una región de salida (17) del componente de trabajo.
- 60 13. Una máquina rotatoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprenden al menos una recuperación de turbina, que incluye un árbol adaptado para transmitir par de un rotor de la turbina de recuperación a un rotor del compresor de recuperación.
- 65

- 5 14. Una máquina rotatoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las cuales el compresor de recuperación (53) tiene una senda de entrada adaptada para extraer fluido de un espacio de recuperación (43) delimitado, al menos en parte, por el lado de menor presión del sello del árbol (23, 25, 27) y/o una senda de salida (55) adaptada para suministrar fluido de trabajo a una región de salida (17) del componente de trabajo.
- 10 15. Una máquina rotatoria como se reivindicó en la reivindicación 14, que comprende un segundo sello de árbol (23, 25, 27) y en el cual el espacio de recuperación (43) está entre el sello del árbol (23, 25, 27) y el segundo sello de árbol (23, 25, 27).
- 15 16. Una máquina rotatoria como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones precedentes en las que la recuperación del fluido de trabajo dispositivo comprende un purificador (47) para eliminar contaminantes del fluido de trabajo.
- 20 17. Una máquina rotatoria como se reivindicó en la reivindicación 16 en la que el purificador está adaptado para eliminar al menos oxígeno o al menos hidrógeno del fluido de trabajo, y/o en que el purificador contiene un componente de paladio adaptado para eliminar el hidrógeno del helio.
- 25 18. Una máquina rotatoria como se reivindicó en la reivindicación 1, en la que:
el rotor de turbina (15) es un rotor de fluido de helio;
el rotor del compresor (31) es un rotor de fluido sin helio; y en cual
el sello del árbol está ubicado entre el rotor de fluido de helio y el rotor de fluido sin helio,
donde la máquina está adaptada para operar con un gradiente de presión a lo largo del árbol con una mayor presión en un lado de fluido de helio del sello del árbol que en un lado de fluido sin helio del sello del árbol.
- 30 19. Un motor que comprende una máquina como se reivindicó en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes; comprendiendo preferiblemente un circuito adaptado para la circulación de gases helio, el circuito que pasa a través de una turbina de helio de la máquina; y preferiblemente en donde el motor está adaptado para comprimir aire para su uso en combustión, el motor comprende una senda de aire a través de él que pasa a través de un compresor de aire (21) de la máquina, el compresor de aire (21) siendo impulsado por la turbina de helio (9).
- 35 20. Un motor según la reivindicación 19, que está adaptado para el encendido del motor en un modo de respiración de aire en el cual este se adapta para producir empuje motriz en continua operación a velocidad de aire cero.
- 40 21. Una máquina voladora, que comprende un motor (120, 122) adaptado para proporcionar un impulso motriz al mismo, el motor como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 19 o 20.
- 45 22. Una máquina voladora según la reivindicación 21, que comprende, además un fuselaje (101) con superficies de control aerodinámico adaptadas para operar junto con el motor (120, 122), en donde el motor (120, 122) está adaptado para el encendido del motor en un modo de respiración de aire en el cual este se adapta para producir empuje motriz en continua operación a velocidad de aire cero para un despegue horizontal controlado desde la velocidad de aire cero con el motor (120, 122) en el modo de respiración de aire.



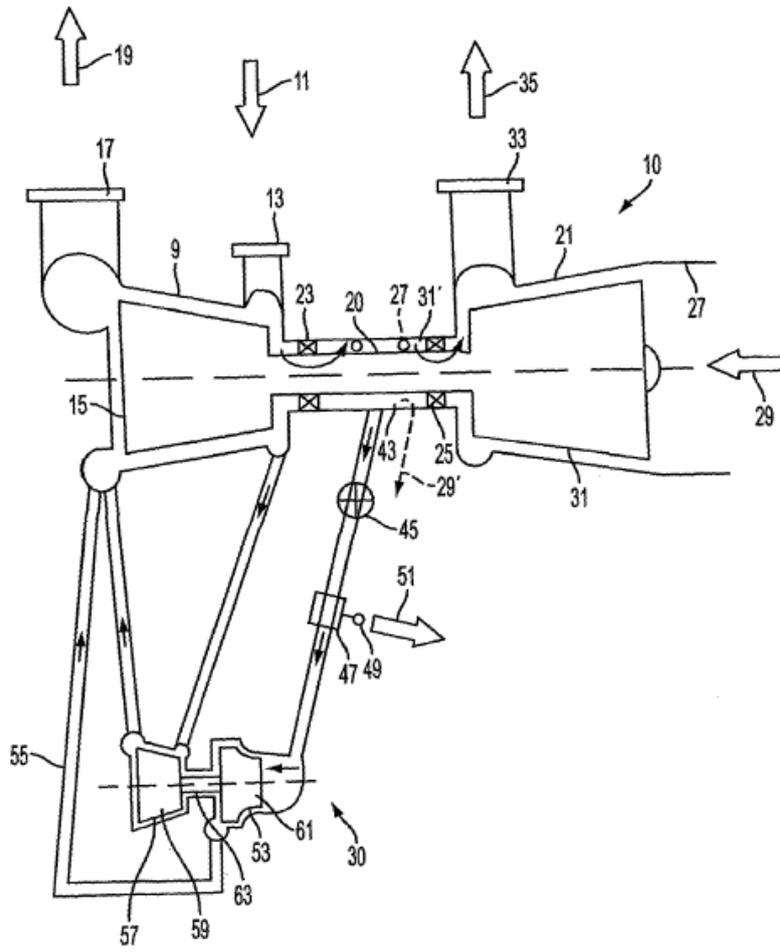


FIG. 3