



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 088**

51 Int. Cl.:  
**F16J 15/34** (2006.01)  
**F16C 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04743353 .7**  
96 Fecha de presentación : **12.07.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1646815**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.04.2006**

54 Título: **Mejoras relativas a juntas de sellado frontales sin contacto y cojinetes de empuje.**

30 Prioridad: **22.07.2003 US 488802 P**  
**22.07.2003 GB 0317055**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.05.2011**

73 Titular/es: **CROSS MANUFACTURING COMPANY**  
**(1938) LIMITED**  
**Midford Road**  
**Combe Down, Bath, Avon BA2 5RR, GB**

72 Inventor/es: **Cross, Rodney, Alan;**  
**Sargent, Raymond Frederick y**  
**Cross, Edward Henry**

74 Agente: **Serrat Viñas, Sara**

ES 2 358 088 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).

# ES 2 358 088 T3

## DESCRIPCIÓN

Mejoras relativas a juntas de sellado frontales sin contacto y cojinetes de empuje.

5 Las juntas de sellado de aspiración automática pueden usarse para un sellado parcial frente a la fuga de gases entre los conjuntos rotatorios y estáticos de un motor. Se evita que los elementos de sellado entren en contacto físico mediante la interposición de una película de gas a presión, generándose la presión automáticamente mediante la velocidad rotacional relativa entre los elementos de sellado.

10 En un campo de operación alternativo, una presión de gas generada automáticamente similar puede usarse para la reacción entre los elementos rotatorios y estáticos, para proporcionar la fuerza de reacción axial en una aplicación de cojinete de empuje.

15 Se apreciará que la presión de gas generada automáticamente existente entre los elementos de sellado puede aplicarse de igual manera a conjuntos que son ambos rotatorios, pero a diferentes velocidades, como, por ejemplo, cuando se sellan los espacios anulares entre los conjuntos rotatorios de motores de turbina de gas de múltiples ejes. El entorno que rodea a tales motores es demasiado caliente para permitir el uso de materiales de sellado a base de polímeros flexibles. En tales situaciones, un método ampliamente conocido es emplear trayectorias de sellado sin contacto ya sea en forma de laberintos o de elementos enfrentados situados de manera próxima, ya sea individualmente o en combinación.

20 Para una junta de sellado anular de turbina de gas típica de diámetro medio = 914 mm (36 pulgadas), el espacio entre los elementos de sellado frontales anulares se situará en el intervalo de 0,038 mm a 0,076 mm (0,0015 a 0,0030 pulgadas) con el fin de mantener la fuga de gas a través de la junta de sellado dentro de límites de rendimiento aceptables. En los motores de turbina de gas en los que las altas temperaturas de funcionamiento provocan movimientos relativamente grandes y distorsiones de componentes adyacentes, un método común para lograr la estrecha tolerancia de espacio frontal entre los componentes estáticos y dinámicos de la junta de sellado es conferir un movimiento axial controlado mediante elementos de resorte, o mediante gas a presión que actúa sobre una zona anular, a uno de los componentes e introducir un suministro de gas a presión al interior del espacio anular entre los elementos estáticos y dinámicos. El gas forma una delgada película aerostática entre los elementos estáticos y rotatorios del conjunto de sellado.

35 El rendimiento de fuga de tales conjuntos de sellado de gas puede mejorarse en algunos casos proporcionando una trayectoria de flujo laberíntico de gas adicional o una única trayectoria restringida orientada de manera axial (en ocasiones conocida como barrera de aire) y situar esta trayectoria de flujo restringido en serie con la trayectoria de flujo aerostático orientada de manera radial.

40 El documento US 5.399.024 describe una junta de sellado frontal con almohadillas de empuje hidrodinámico. La junta de sellado comprende una estructura de anillo con un lado frontal dirigido en una dirección axial que tiene una cara de sellado continua alrededor de la estructura de anillo y una pluralidad de recortes con superficies cóncavas separadas de manera concéntrica alrededor de la cara de sellado. Las almohadillas de empuje están unidas a laminados elastoméricos que tienen un lado convexo, que están unidos a las superficies cóncavas, de tal manera que un lado de las almohadillas de empuje están todos en un plano paralelo al plano de la cara de sellado. Cuando se transmite una carga de cierre a lo largo de un elemento opuesto mediante la presión de sellado contra la cara trasera del conjunto, fuerzas de fricción y presión provocan que las almohadillas de empuje giren alrededor de un punto de pivote de tal manera que la película de fluido converge en la dirección de movimiento del elemento opuesto. Simultáneamente, la cara de sellado se sella contra el elemento opuesto.

50 Realizaciones de la presente invención pueden mejorar el rendimiento de sellado en términos de tasas de fuga de gas y ayudar a eliminar el peso y complejidad adicional que resulta de la necesidad de proporcionar un suministro de gas separado para mantener la película de gas aerostático entre los elementos estáticos y rotatorios del conjunto de sellado. (En elementos en rotación relativa, el elemento más lento desempeña el papel de elemento estático). Esto puede conseguirse proporcionando una serie de trayectorias de gas en forma de cuña rodeando la corona de sellado. El gas adyacente al elemento rotatorio normalmente experimenta un efecto de arrastre generado por la fricción y se aspira hacia el interior de los espacios en forma de cuña y así se comprime antes de pasar a través de los espacios más estrechos entre los elementos de estator y rotor y, por tanto, permitiéndosele expandirse antes de entrar en el siguiente espacio en forma de cuña en la circunferencia de sellado o escapar al interior del espacio de gas circundante. Los elementos normalmente estáticos que forman las trayectorias de gas en forma de cuña pueden desviarse mediante resorte en la dirección axial en relación con el elemento rotatorio de tal manera que las presiones integradas, establecidas en las zonas asociadas de los elementos estáticos proporcionan fuerzas dirigidas axialmente que equilibran las fuerzas elásticas a las velocidades operativas del elemento rotatorio. Esto puede dar como resultado que los elementos estáticos “estén montados sobre un cojín de gas” que, en la práctica, puede diseñarse para proporcionar espacios estables muy pequeños en las posiciones más próximas de los elementos rotatorios y estáticos, normalmente espacios del orden de 0,025 mm (0,001 pulgadas) o menos.

65 Pueden formarse los espacios de gas en forma de cuña fabricando la superficie anular del elemento estático en forma de “placas” con caras planas que pueden tener forma aproximadamente rectangular o proporcionadas en conjuntos de tope para formar una forma anular. Las superficies de placa pueden actuar conjuntamente con una superficie cónica

## ES 2 358 088 T3

del elemento rotatorio. La forma anular formada por dichas placas puede estar interrumpida, teniendo placas diferenciadas separadas uniformemente alrededor de la circunferencia y que actúan conjuntamente con el elemento rotatorio cuando están usándose las placas sólo para generar sólo una fuerza axial y no están usándose tanto para generar una fuerza como para actuar como un elemento de sellado de gas.

5 Cada placa puede estar situada en un centro de pivote o fulcro situado en el lado de la placa opuesto al lado que actúa conjuntamente con el elemento rotatorio. El fulcro puede estar dotado de medios de guiado de modo que la placa puede moverse en un eje paralelo al eje de rotación e impulsarse contra el elemento rotatorio mediante una fuerza axial que puede generarse mediante medios de resorte, por ejemplo. El fulcro puede estar descentrado del centro geométrico de la placa y proporciona una libertad de orientación limitada de la placa mediante un cojinete de contacto esférico en el centro del fulcro. Esta disposición es tal que, cuando el elemento rotatorio está estático, sin generarse presión de gas en la superficie cónica, la placa puede establecer un contacto lineal con la superficie cónica, estando dicha línea en el mismo plano radial que el fulcro.

15 La superficie cónica rotatoria y las superficies de las placas de actuación conjunta pueden estar en contacto durante un corto periodo de tiempo durante una secuencia de arranque hasta que la velocidad del motor ha aumentado lo suficiente para generar la presión de gas requerida en los espacios en forma de cuña, de tal manera que la fuerza axial de separación justo equilibra la fuerza de resorte u otras fuerzas que impulsan las placas contra la superficie cónica. Por este motivo las superficies de actuación conjunta pueden endurecerse lo suficiente para soportar el corto periodo de funcionamiento en contacto.

Cuando se usa el cono rotatorio y las placas de actuación conjunta en una aplicación de sellado de gas hay diseños alternativos que pueden usarse.

25 En un diseño las propias placas se usan como los elementos de sellado normalmente estáticos y también como los medios de generación de los pequeños espacios llenos de gas entre los elementos estáticos y rotatorios. En esta realización las placas pueden hacer tope de manera suelta para formar una superficie anular de sellado completa; los topes radiales están diseñados para permitir un pequeño grado de movimiento de inclinación alrededor de cada fulcro de placa.

30 En una realización alternativa, pueden proporcionarse caras de sellado estáticas y rotatorias continuas separadas (éstas pueden estar o bien orientadas normales con respecto al eje de rotación o bien "inclinadas" en línea con las superficies de actuación conjunta de las placas). En este último caso la superficie cónica rotatoria puede extenderse en un radio o bien mayor o bien menor que los radios ocupados por las placas. En esta realización no se requiere que las placas hagan tope y pueden estar separadas uniformemente alrededor de la junta de sellado y sólo se usan para generar el pequeño espacio de funcionamiento entre las superficies de sellado separadas.

Según un primer aspecto de la invención se proporciona un aparato para separar dos superficies enfrentadas en rotación relativa en uso haciendo pasar gas entre las superficies, incluyendo el aparato:

40 una primera parte que define una superficie generalmente troncocónica;

45 una segunda parte que define al menos una superficie plana dispuesta adyacente a la primera parte de modo que las dos superficies se sitúan enfrentadas entre sí y definen al menos un punto de acoplamiento más próximo entre las superficies, con espacios divergentes que se extienden entre las superficies a ambos lados de un plano que contiene el punto o puntos de acoplamiento más próximo y que se extiende generalmente ortogonal a la dirección de rotación relativa, y

50 un dispositivo para desviar la superficie plana hacia la superficie troncocónica para mantener los espacios dentro de un rango dimensional predeterminado.

La expresión "generalmente troncocónica" abarca no sólo una parte de una superficie cónica regular, tanto si está presente un cono completo como si no, sino también "sólidos de revolución" que parten de la forma cónica, es decir, en una sección tomada a través del vértice del cono la forma puede no tener la forma de un triángulo de lados rectos. Por ejemplo, las formas troncocónicas cuyas superficies están "deformadas" para ser cóncavas o convexas también quedan contempladas por la expresión.

La segunda parte puede definir una pluralidad de superficies planas sustancialmente separadas dispuestas circunyacentes a la superficie troncocónica para definir puntos de acoplamiento más próximo respectivos y espacios asociados. Puede haber presentes pequeñas deformaciones (por ejemplo, de unas pocas micras) sobre la superficie sustancialmente plana. Las superficies pueden acoplarse en el punto de acoplamiento más próximo cuando las partes no rotan una respecto a la otra. La primera parte puede estar montada rotativamente y la segunda parte puede ser no rotatoria.

En algunas realizaciones, la segunda parte incluye un portador y al menos un elemento de placa montado sobre el portador para definir la superficie plana. El o cada elemento de placa puede estar montado de manera pivotante sobre el portador.

## ES 2 358 088 T3

Puede proporcionarse una pluralidad de dichos dispositivos de desviación, estando asociado cada uno de dichos dispositivos de desviación con una de dichas superficies planas respectivas. Puede haber una serie de puntos de acoplamiento más próximo que definen una línea y el o cada pivote se encuentra en el plano que contiene la línea. El dispositivo de desviación puede actuar sobre la pluralidad de superficies planas separadas. El portador puede ser anular y hay una pluralidad de elementos de placa dispuestos alrededor del portador.

El o cada elemento de placa puede ser generalmente rectangular. Dos lados opuestos de la placa o cada elemento pueden estar curvados. Uno de los lados curvados de la placa puede tener un radio sustancialmente igual o superior al radio exterior de la superficie cónica y el otro lado curvado de la placa puede tener un radio sustancialmente igual o inferior al radio interior de la superficie cónica. La profundidad radial de la placa puede ser un 10-15% superior a la de la superficie cónica.

Las superficies pueden estar situadas relativamente en la dirección de rotación relativa de tal manera que los pares de torsión generados sobre la superficie plana por el gas que se hace pasar se equilibran alrededor del punto o puntos de acoplamiento más próximo. El aparato puede incluir un mecanismo para rotar la primera parte.

La primera parte y/o la segunda parte pueden formarse de o revestirse con un material cerámico. La superficie troncocónica puede ser parte de un cono circular recto. La superficie generalmente troncocónica puede ser cóncava o convexa. El dispositivo de desviación puede incluir un resorte ondulado, un cojinete de empuje y/o un conjunto de resortes espirales, que pueden estar separados de manera sustancialmente uniforme alrededor del portador.

El aparato puede incluir además una tercera parte que define al menos una superficie plana dispuesta adyacente a una superficie troncocónica adicional en la primera parte y sustancialmente opuesta a la segunda parte de tal manera que las fuerzas generadas por la segunda y tercera partes son sustancialmente iguales y opuestas.

El aparato puede tener una conexión de empuje para transmitir empuje, pero no rotación. La conexión de empuje puede incluir un saliente que actúa conjuntamente con un rebaje o cavidad. La cavidad y el saliente pueden incluir superficies correspondientes parcialmente esféricas.

Cuando el aparato se usa como una junta de sellado de gas, la separación de las superficies es lo suficientemente estrecha para formar una junta de sellado. Puede proporcionarse una trayectoria entre el borde exterior de las partes primera y segunda para limitar el flujo de aire o gas alrededor de la parte trasera de la segunda parte. La primera parte puede conectarse a o proporciona una primera superficie de sellado, y la segunda parte puede conectarse a o proporciona una segunda superficie de sellado que forma una junta de sellado con la primera superficie de sellado.

En una realización, la segunda superficie de sellado está situada dentro de un alojamiento que tiene un anillo, pudiendo deslizarse la segunda superficie de sellado sobre el anillo de modo que puede entrar en contacto con y separarse de la primera superficie de sellado. El alojamiento puede incluir un rebaje detrás de la segunda superficie de sellado. El dispositivo de desviación puede ser o incluir un resorte ondulado axial alojado en el rebaje. El anillo puede incluir una parte vertical para retener los componentes de la junta de sellado juntos en una condición preensamblada. La parte vertical puede formar una barrera de aire. El dispositivo de desviación puede desviar la superficie plana hasta entrar en contacto con la primera parte cuando la primera parte deja de rotar.

El aparato puede incluir además un portador de placa que puede moverse axialmente que define una superficie de sellado radial para formar, con una superficie de sellado radial adicional, una junta de sellado radial para separar zonas de presión interna y externa y una superficie de sellado axial que actúa conjuntamente con una junta de sellado que puede deslizarse axialmente para separar las zonas de presión interna y externa mediante lo cual la ubicación radial de la junta de sellado se selecciona de tal manera que la presión aplicada por las zonas de presión interna y externa a la superficie de sellado radial se equilibra sustancialmente por al menos las presiones internas y externas aplicadas a superficies de equilibrado de presión respectivas opuestas a la superficie de sellado radial.

La junta de sellado de gas puede incluir un anillo de pistón ubicado entre la superficie y la junta de sellado. El portador de placa puede dotarse de una superficie de deslizamiento cilíndrica que contiene una ranura en la que se ajusta un anillo de sellado de pistón, actuando conjuntamente la superficie de deslizamiento y el anillo de sellado de pistón con una perforación cilíndrica formada en un elemento trasero estático de junta de sellado de tal manera que la perforación cilíndrica junto con la superficie cilíndrica y el portador de placa definen un espacio anular cerrado. La junta de sellado de gas puede incluir además una válvula para ventilar el espacio de gas encerrado. La ventilación del espacio de gas encerrado puede hacer que el portador de placa se desacople de la superficie de sellado radial adicional. La junta de sellado de gas puede incluir además un anillo de contención que define un espacio para contener cualquier residuo resultante de un fallo de la placa.

La superficie de sellado radial puede estar al menos parcialmente formada de o revestida con un material erosionable de modo que en caso de fallo de la placa las fuerzas desequilibradas conducen el portador de placa hasta entrar en contacto con la superficie de equilibrado de fuerzas, eliminándose el material por erosión, impidiéndose así un contacto entre la superficie de equilibrado de fuerzas y la superficie de sellado radial.

La junta de sellado frontal rotatoria puede estar al menos parcialmente formada de o revestida con un material erosionable de modo que en caso de fallo de la placa las fuerzas desequilibradas conducen unas cuchillas de corte

## ES 2 358 088 T3

sobre el portador de placa hasta entrar en contacto con el material de modo que se elimina por erosión, impidiéndose así un contacto entre la superficie de equilibrado de fuerzas y la superficie de sellado radial. Alternativamente, el portador de placa puede estar al menos parcialmente formado de o revestido con un material erosionable de modo que en caso de fallo de la placa las fuerzas desequilibradas conducen unas cuchillas de corte en la junta de sellado frontal rotatoria hasta el material erosionable, eliminándose el material por erosión, impidiéndose así un contacto entre la superficie de equilibrado de fuerzas y la superficie de sellado radial. El portador de placa puede incluir un dispositivo para limitar el desplazamiento axial del portador de placa.

Según otro aspecto de la invención se proporciona un portador de placa que puede moverse axialmente que define una superficie de sellado radial para formar, con una superficie de sellado radial adicional, una junta de sellado radial para separar zonas de presión interna y externa y una superficie de sellado axial que actúa conjuntamente con una junta de sellado que puede deslizarse axialmente para separar las zonas de presión interna y externa mediante lo cual la ubicación radial de la junta de sellado se selecciona de tal manera que la presión aplicada por las zonas de presión interna y externa a la superficie de sellado radial se equilibra sustancialmente por al menos las presiones interna y externa aplicadas a superficies de equilibrado de presión respectivas opuestas a la superficie de sellado radial.

Según un aspecto adicional de la invención se proporciona un aparato que incluye dos superficies sin ranuras en rotación relativa dispuestas de tal manera que, a lo largo de un intervalo de rotación de diseño normal, las dos superficies se mantienen separadas en un espacio debido a presión de aire o gas generada automáticamente existente entre las superficies que, actuando en zonas diferenciadas, produce una fuerza alineada en una dirección axial con respecto al eje de la rotación, equilibrándose la fuerza por un dispositivo de desviación para mantener el espacio.

Una de las superficies puede ser generalmente troncocónica y la otra superficie puede ser plana.

Según aún otro aspecto de la invención se proporciona un aparato para separar dos superficies enfrentadas en rotación relativa en uso haciendo pasar gas entre las superficies, incluyendo el aparato:

una primera parte que define una superficie generalmente troncocónica;

una segunda parte que define al menos una superficie plana dispuesta adyacente a la primera parte de modo que las dos superficies se sitúan enfrentadas entre sí y definen al menos una línea de acoplamiento más próximo entre las superficies, con espacios divergentes que se extienden entre las superficies a ambos lados de la línea o líneas de acoplamiento más próximo, y

un dispositivo para desviar la superficie plana hacia la superficie troncocónica para mantener los espacios dentro de un rango dimensional predeterminado.

Según un aspecto adicional de la invención se proporciona un método de formación de parte de una junta de sellado laberíntica durante un funcionamiento previo del conjunto de junta de sellado, incluyendo el método las etapas de permitir conducir cuchillas de corte circulares en una parte de portador de placa del conjunto de junta de sellado hasta otra parte del conjunto de junta de sellado formada de o revestida con material erosionable, terminando la distancia axial movida por el portador de placa más allá de la posición de funcionamiento normal del conjunto de junta de sellado.

Según otro aspecto de la invención se proporciona un método de formación de una parte de una junta de sellado laberíntica durante un funcionamiento previo del conjunto de junta de sellado, incluyendo el método las etapas de permitir conducir cuchillas de corte circulares hasta una parte de portador de placa del conjunto de junta de sellado formada de o revestida con material erosionable, terminando la distancia axial movida por el portador de placa más allá de la posición de funcionamiento normal del conjunto de junta de sellado.

Las mejoras que son objeto de esta invención se describirán ahora a modo de ejemplo con referencia a realizaciones específicas que se muestran en los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 muestra una vista simplificada dirigida en una dirección axial, con respecto al centro de giro del elemento rotatorio, de una placa individual que descansa en contacto con la superficie cónica del elemento rotatorio;

la figura 2 es una vista en sección de la misma placa y el mismo elemento rotatorio, estando tomada la sección en un plano radial que pasa a través del fulcro de placa;

la figura 3 es una vista en sección localizada tomada en un plano radial que contiene un borde de la placa y que muestra el espacio máximo creado entre el borde de placa y la superficie cónica cuando la placa está en contacto lineal con dicha superficie, estando la línea en el mismo plano radial que el fulcro de placa;

las figuras 4 y 5 muestran una sección radial y una vista axial localizada de una placa (una de un conjunto) y el elemento cónico rotatorio instalado en un motor y que actúa como cojinete de empuje;

## ES 2 358 088 T3

las figuras 6 y 7 muestran vistas similares de la instalación de placas de tope en un motor en el que las placas actúan como elementos de sellado y como los medios de generación de los pequeños espacios llenos de gas entre los elementos rotatorios y estáticos de la junta de sellado;

5 la figuras 8 y 9 muestran una sección radial localizada y una vista axial (con el elemento rotatorio retirado) de una de las placas de un conjunto instalado en un motor y que actúa como los medios de generación del pequeño espacio de funcionamiento lleno de gas entre las superficies de sellado de actuación conjunta asociadas;

10 las figuras 10 y 11 son representaciones esquemáticas del rotor troncocónico y las placas con una junta de sellado frontal radial separada y las características de equilibrado de presión asociadas;

la figura 12 muestra una sección radial localizada de una junta de sellado de turbina de gas dotada de características de equilibrado de presión y retirada de la junta de sellado;

15 la figura 13 muestra una sección radial localizada de una junta de sellado de turbina de gas dotada de características de equilibrado de presión y de junta de sellado frontal erosionable;

la figura 14 muestra una sección radial localizada de una realización que incluye dos secciones cónicas, y

20 la figura 15 ilustra un soporte usado en la realización de la figura 14.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el elemento 1 rotatorio y la placa 2 se muestran en forma simplificada, impulsándose la placa contra la superficie 3 cónica del elemento rotatorio mediante el elemento 4 de resorte. El lado de la placa alejado de la superficie cónica está dotado de un centro de pivote sentado esférico o fulcro 5 de tal manera que, con el elemento 1 rotatorio estacionario, el elemento 4 de resorte hará que la placa 2 entre en contacto lineal con la superficie 3 cónica, estando la línea en el mismo plano radial indicado por el eje 6 en la figura 1.

25 El ángulo de cono  $\varnothing$  en la figura 2 se define como el ángulo que forma una línea en la superficie cónica, que pasa a través del vértice de cono, con un eje, que forma un ángulo recto con el eje de rotación. El ángulo  $\varnothing$  es muy pequeño, normalmente dentro del intervalo de 0,3 a 1,0 grados; pero se ha ilustrado más grande en la figura 2 y las figuras posteriores por motivos de claridad.

30 Con la rotación del elemento 1 tal como se indica por la flecha 7 en la figura 1 el borde radial AB de la placa se denomina el "borde de entrada": el otro borde radial se denomina "borde de salida". El desplazamiento angular del borde de entrada desde el eje 6 que pasa a través del fulcro 5 se muestra como  $\theta$ . Con el motor estacionario y la placa 2 en contacto con la superficie 3 cónica se produce un espacio en forma de cuña que tiene un valor máximo en la esquina A. En un diseño típico este espacio, cuando la placa está en contacto con el cono en la línea 6, no superará normalmente 0,100 mm (0,004 pulgadas).

35 La figura 3 muestra una vista en sección localizada tomada en el plano XX en la figura 1. El ancho del espacio en cualquier posición por debajo de la placa depende de los valores del ángulo de cono y el ángulo de descentrado desde el eje 6 y el radio OP denominado "R" en la figura 1. Tomando un punto aleatorio en Q, el espacio entre la placa y la superficie cónica en el punto Q viene indicado por la distancia S en la figura 3 y puede calcularse usando la relación trigonométrica:

45

$$S = R \times (\tan \varnothing \times \cos \theta) \times ((1/\cos \theta) - 1)$$

50 Tomando un ejemplo práctico para un conjunto de junta de sellado de diámetro relativamente pequeño con el valor  $R = 100$  mm (3,94 pulgadas) y ángulos  $\theta = 15$  grados y ángulo de cono  $\varnothing = 0,5$  grados esto dará un espacio de borde de entrada en Q en la figura 3 igual a 0,0308 mm (0,0012 pulgadas). Se pretende que la ecuación anterior proporcione una aproximación de la distancia S, pero se apreciará que cuando el aparato está en uso pueden esperarse variaciones.

55 Con un motor equipado con los elementos rotatorios y estacionarios tal como se describe e ilustra en las figuras 1, 2 y 3 y con el motor en reposo la placa 2 estará en contacto con la superficie 3 cónica. A medida que el elemento 1 rotatorio acelera se alcanza una condición en la que la resistencia por rozamiento de aire o gas, establecida en el espacio en forma de cuña entre la placa 1 y la superficie 3 cónica, genera suficiente presión de aire o gas superior a la presión del entorno circundante y que actúa en la zona de superficie de la placa para superar la fuerza ejercida por el elemento 4 de resorte y la placa "levanta" la superficie rotatoria.

60

65 La cantidad de "levantamiento" generada por la presión de aire o gas aumentada en el espacio en forma de cuña es una función de la velocidad de rotación de la superficie 3 cónica, el área de la placa 2 de actuación conjunta y la fuerza generada por el elemento 4 de resorte. Estos parámetros pueden disponerse de tal manera que el levantamiento generado a lo largo del intervalo de velocidad del motor normal puede estar limitado a cantidades relativamente pequeñas proporcionando normalmente un espacio de funcionamiento en la región más estrecha del espacio en forma de cuña de no más de 0,015 mm (0,0006 pulgadas).

## ES 2 358 088 T3

Debe entenderse que, una vez formado el espacio de funcionamiento, se establecerá un flujo de aire o gas circunferencial que pasa a través del espacio. Este flujo será suficiente para crear algo de presión en la cavidad “de salida” debajo de la placa. La combinación de la distribución de presión de entrada y de salida proporciona la fuerza axial total en la placa que se equilibra por la fuerza ejercida por el elemento de resorte. Esta distribución de presión también determina la posición del fulcro 5 con respecto al perímetro de la placa, eligiéndose la posición para eliminar lo más posible cualquier momento de giro alrededor del fulcro.

La profundidad radial de la placa puede ser un 10-15% superior a la de la superficie cónica. Experimentos han mostrado que puede ser ventajoso tener una profundidad radial de la placa un 10-15% superior.

Las figuras 4 y 5 muestran el elemento rotatorio y la placa instalados en un motor y funcionando como cojinete de empuje del árbol. En esta realización un árbol 8 de motor está ubicado en el marco 9 de motor mediante un alojamiento 10 de cojinete y un cojinete 11 liso. El cojinete liso es del tipo que no proporciona ninguna limitación axial al árbol 8. El empuje axial sobre el árbol es en la dirección de la flecha 12 y este empuje se transmite a través del reborde 13 al elemento 1 rotatorio que tiene la superficie 3 cónica. En la práctica se colocará un conjunto de placas, separadas uniformemente, alrededor del árbol aguantando cada placa una proporción del empuje final total.

La figura 5 muestra una vista axial de una placa de este tipo dirigida hacia el marco de motor y el alojamiento de cojinete con el árbol 8 y el elemento 1 rotatorio retirados para dejar ver la cara de actuación conjunta de la placa 2.

La figura 4 muestra una placa 2 en contacto con la cara cónica del elemento 1 rotatorio estando el árbol 8 estacionario. Cuando el árbol está rotando a velocidades dentro de su intervalo normal de funcionamiento se formará un pequeño espacio entre las placas 2 y la cara 3 cónica rotatoria; estando el conjunto de motor dispuesto de modo que se proporciona un pequeño movimiento axial para adaptarse a espacios de trabajo del cojinete de empuje aerodinámico.

El empuje axial se transmite al alojamiento 10 de cojinete y al marco 9 de motor por medio del pasador 14 de empuje que sobresale del fulcro de placa. Este pasador está dotado de una cavidad 15 parcialmente esférica que actúa conjuntamente con el fulcro 5 de placa.

En situaciones en las que no se permite ningún movimiento axial del árbol el cojinete de empuje aerodinámico todavía puede usarse para sustituir el cojinete 11 liso por una disposición de cojinete que aguanta el empuje final del árbol durante un número limitado de revoluciones sólo durante el ciclo de arranque del motor.

Los pasadores 14 están ahora dotados del pequeño movimiento axial con respecto al alojamiento 10 de cojinete necesario para crear el espacio de trabajo aerodinámico y cada pasador puede dotarse de medios de resorte para sujetar las placas en contacto con la superficie cónica cuando el motor está en reposo. En esta disposición el empuje final se transferirá progresivamente desde el cojinete del árbol hasta el cojinete de empuje aerodinámico durante el ciclo de arranque.

Las figuras 6 y 7 muestran una realización adicional en la que las placas y el elemento rotatorio se usan para proporcionar una junta de sellado de gas parcial entre dos regiones de un motor. En el ejemplo ilustrado en la figura 6 el requisito es aislar, sustancialmente, los espacios 16 de gas dentro del árbol 8 hueco y el cojinete 18 de árbol del espacio 17 circundante. Con el árbol estacionario cada placa se sujeta contra la superficie 3 cónica del elemento 1 rotatorio mediante el casquillo 19 y el resorte 20, estando dotado el casquillo de una cavidad 15 parcialmente esférica que actúa conjuntamente con el fulcro 5. A medida que el árbol rota hasta su intervalo normal de velocidad cada placa se separa de la superficie cónica debido a la acción del aumento de la presión de aire o gas formada en las cavidades en forma de cuña entre cada placa y la superficie cónica rotatoria. Este movimiento axial estará, normalmente, dentro del intervalo de 0,038 a 0,076 mm (de 0,0015 pulgadas a 0,0030 pulgadas) tal como se mencionó anteriormente, transmitiéndose el movimiento a los casquillos 19 cargados mediante resorte.

La figura 7 muestra las placas formando un anillo de sellado anular estando cada placa en contacto de tope suelto sobre ejes 21 radiales con las placas adyacentes. El término “suelto” se usa porque las placas necesitan tener alguna pequeña libertad limitada de movimiento de inclinación alrededor de los cojinetes de fulcro parcialmente esféricos. También es necesario proporcionar una trayectoria 22 limitada circular en la figura 6 entre el borde exterior de las placas y el alojamiento 10 de cojinete con el fin de limitar el flujo de aire o gas alrededor de la parte trasera de cada placa.

Las figuras 8 y 9 muestran una realización usada en una aplicación de sellado de aire o gas de motor en la que las placas, que actúan conjuntamente con la superficie cónica rotatoria, generan el pequeño espacio de funcionamiento entre superficies de sellado anulares situadas de manera separada. El espacio así generado es sustancialmente igual a los espacios establecidos entre las placas y la superficie cónica rotatoria mediante la presión aerodinámica en los espacios en forma de cuña. En esta realización la fuerza axial de separación queda equilibrada por un único elemento de resorte en forma de un “resorte ondulado axial”. En esta realización también se muestra una trayectoria de flujo de aire o gas limitada adicional en forma de una “barrera de aire”. Las partes que forman esta limitación de trayectoria también actúan como componentes de sujeción y ubicación dispuestos para ayudar en el ensamblaje de los componentes de junta de sellado en el motor.

## ES 2 358 088 T3

Haciendo referencia a la figura 8, que muestra una vista en sección localizada del conjunto de junta de sellado en un plano radial que pasa a través de un fulcro de placa, las regiones de gas que van a aislarse parcialmente por la junta de sellado son los espacios 23 y 24. La superficie 3 cónica está formada ahora en un componente 25 anular separado que está fijado al elemento 26 de motor rotatorio mediante los tornillos 27. El componente 25 anular se extiende más allá de la superficie 3 cónica para formar una zona 28 de sellado de gas que ocupa el espacio circunferencial entre los radios 29 y 30. Esta superficie se ilustra como en un plano que forma un ángulo recto con el eje de rotación pero puede formar cualquier ángulo pequeño con el eje de rotación y, en particular, por conveniencia para la fabricación, la superficie puede ser una continuación de la superficie cónica.

La superficie 31 de sellado estática de actuación conjunta está formada en un componente 32 en forma anular que puede deslizarse de manera axial libremente en un rebaje 33 formado en el alojamiento 34 de motor. El componente 32 está dotado de superficies 35 localmente rebajadas para alojar las placas 2 y las depresiones parcialmente esféricas para un fulcro de placa.

Los diversos rebajes y placas en el componente 32 anular pueden estar separados uniformemente alrededor del eje de rotación. Una placa y un rebaje de este tipo se muestran en la figura 9 que es una vista axial con los componentes 25 y 26 rotatorios retirados para revelar la superficie de trabajo de la placa 2 y el componente 32 anular estático. El lado trasero de este componente está dotado de un rebaje 36 anular en el que está ubicado el resorte 37 ondulado axial. Este elemento de resorte se fabrica de una tira metálica de resorte de sección rectangular y se le da una forma circular interrumpida y también puede ubicarse en una ranura 38 situada en el fondo del rebaje 33. Se proporciona una descripción completa de un resorte ondulado en la solicitud de patente británica n.º 0217539.6, que se incorpora en el presente documento como referencia.

Se forma una trayectoria 39 de limitación de barrera de aire tal como se ilustra en la figura 8 mediante un anillo 40 en forma cilíndrica que lleva una parte 41 vertical circular que constituye la trayectoria de "barrera" limitada con el elemento 25 rotatorio. El anillo 40 puede unirse con remaches o de otra forma al componente 32 en forma anular y puede formar la trayectoria de sellado de gas cilíndrica deslizante en el rebaje 33.

En la realización particular mostrada en la figura 8, antes de unir el anillo 40 al componente 32 en forma anular mediante los remaches 42, es necesario ensamblar el elemento 25 rotatorio en el anillo 40 de modo que el elemento rotatorio está ahora "atrapado" entre la parte 41 vertical y el componente 32 en forma anular. El espacio 43 anular, cilíndrico orientado determina el movimiento axial del elemento 25 rotatorio con respecto al componente 32. Este espacio puede ser lo suficientemente grande como para permitir el ensamblaje de las placas dentro de sus rebajes, permitiendo que el fulcro caiga dentro de su rebaje parcialmente esférico tras haberse ajustado los remaches 42.

Alternativamente, el espacio 43 puede estrecharse de tal manera que las placas tienen que preensamblarse con el elemento 25 rotatorio de modo que, una vez insertados los remaches, las placas se sujetan permanentemente en el conjunto de junta de sellado porque el movimiento axial es insuficiente para extraer el fulcro de placa del rebaje parcialmente esférico. La ventaja de esta disposición es que todos los componentes de la junta de sellado, excepto el resorte ondulado axial, pueden preensamblarse lejos del motor y después colocarse en el elemento 26 rotatorio del motor sin el problema de tener que proporcionar medios adicionales de sujeción temporal de la placa en su sitio a medida que se introduce el conjunto de junta de sellado dentro del rebaje 33.

Se apreciará que la barrera 39 de aire formada por la parte 41 vertical puede sustituirse por un laberinto cilíndrico siempre que el "huelgo" axial entre los elementos de actuación conjunta estáticos y rotatorios del laberinto sea suficiente para alojar el espacio aerodinámico generado entre las placas y la superficie cónica más cualquier aumento de tolerancia de fabricación adicional y los pequeños cambios de espesor de los componentes de la junta de sellado debido a la necesidad de rectificar las superficies de trabajo durante una revisión del motor.

Por tanto, puede observarse que el uso de una superficie cónica rotatoria asociada con un anillo de placas planas proporciona un método significativamente mejorado de diseño tanto de cojinetes de empuje axiales como de juntas de sellado de aire y gas a alta temperatura con respecto a los métodos conocidos que implican el uso de aire o gas comprimido por separado que se alimenta en el espacio radial entre los elementos rotatorios y estáticos del conjunto de junta de sellado.

Cuando se usa la disposición como una junta de sellado de aspiración automática de gas para aislar, por ejemplo, los conjuntos mecánicos rotatorios de los gases de combustión en un motor de turbina de gas puede emplearse un anillo de placas a tope, que actúan conjuntamente con la superficie cónica rotatoria, en cuyo caso las placas actúan como una de las superficies de sellado frontales y también participan en el establecimiento del pequeño desplazamiento axial necesario para impedir el contacto físico con la superficie cónica rotatoria.

En una alternativa de la realización de sellado, las placas pueden separarse independientemente alrededor de la superficie cónica rotatoria y usarse sólo para generar el pequeño espacio requerido para evitar que un par adyacente de superficies de sellado radial estáticas y rotatorias entra en contacto físico.

Las superficies rotatorias y estáticas proporcionadas por las realizaciones descritas anteriormente están dispuestas de manera que, a lo largo del intervalo de velocidad normal del elemento rotatorio, las dos superficies mencionadas se mantienen separadas en un espacio pequeño debido a la presión de aire o gas generada automáticamente existente

## ES 2 358 088 T3

entre las superficies lo que, actuando en zonas diferenciadas, produce una fuerza alineada en una dirección axial con respecto al eje de rotación, equilibrándose dicha fuerza por un resorte u otros medios con el fin de mantener dicho espacio pequeño.

5 En aplicaciones de motor, en las que la junta de sellado está usándose para separar las corrientes de gas que rodean a los elementos rotatorios y particularmente en aplicaciones de turbina de gas, tanto los valores de presión absoluta como los valores de diferencia de presión que existen a través de las caras de sellado son sustanciales. Estas presiones, que actúan tanto sobre la zona circular que está aislándose por la junta de sellado como la zona anular ocupada por las caras radiales de junta de sellado, pueden establecer grandes fuerzas dirigidas axialmente que, a menos que se  
10 equilibren, aumentarán o reducirán las fuerzas axiales que están generándose por las placas y el rotor enfrentado cónico. En las figuras 10 y 11 se muestra esquemáticamente un método de equilibrado de estas fuerzas inducidas por presión.

Haciendo referencia a la figura 10, el componente 32 anular estático en la figura 8 se ha sustituido ahora por un  
15 portador 44 de placa que está dotado de una superficie 45 de deslizamiento cilíndrica y puede deslizarse de manera axial libremente sobre una superficie 46 saliente circular que forma parte del alojamiento 34 de motor. El portador 44 de placa también está dotado de una superficie 48 de sellado radial que actúa conjuntamente con una superficie 49 de sellado correspondiente que forma parte del elemento 26 rotatorio de motor. Puede proporcionarse un anillo 47 de sellado de pistón en una ranura en la superficie 46 con el fin de aislar, sustancialmente, los espacios de gas existentes  
20 fuera de la junta de sellado a la presión  $P_1$  del gas a la presión  $P_2$  que ocupa los espacios dentro del radio 50 del anillo de sellado de pistón. Este radio tendrá normalmente un valor que se encuentra entre los radios 29 y 30 que definen los radios exterior e interior de las superficies 48, 49 de sellado radiales.

La figura 11 es un diagrama que ilustra la naturaleza de la distribución de presión a lo largo de las caras de sellado  
25 radiales. Los radios 28 y 30 exterior e interior de las caras se muestran con los valores  $R_1$  y  $R_2$  respectivamente y el radio 50 del anillo de sellado de pistón se muestra con el valor  $R_3$ . En el ejemplo ilustrado se supone que la presión exterior  $P_1$  es superior a la presión interior  $P_2$  lo que da como resultado un gradiente 51 de presión descendente a lo largo de la cara de sellado. La forma de la curva puede determinarse mediante experimentos o a partir de relaciones de flujo de gas teóricas.

Una vez determinada la forma de la curva 51, puede establecerse una suma de integración para encontrar la fuerza  
30 total ejercida en el portador 44 de placa por la película de gas a presión que fluye entre las superficies de sellado radiales y que actúa en la superficie 48. La forma matemática de las ecuaciones en cuestión se expresa mediante una expresión de integral doble:

$$\text{FUERZA} = 2\pi \int_{R_2}^{R_1} \int_{P_2}^{P_1} (P \times R) dP \cdot dR$$

40 Esta fuerza está intentando abrir las superficies de sellado radiales y a ella se oponen la presión exterior e interior  $P_1$  y  $P_2$  que actúa en las zonas respectivas formadas, en el caso de la presión  $P_1$  por el anillo ( $R_1$ - $R_3$ ) y en el caso de la presión  $P_2$  por el anillo ( $R_3$ - $R_2$ ).

45 El tamaño del radio  $R_3$  puede determinarse ahora para equilibrar las fuerzas generadas por presión en las condiciones de funcionamiento normales del motor usando la ecuación derivada.

$$2 \cdot \int_{P_2}^{P_1} \int_{R_2}^{R_1} (P \times R) dP \cdot dR = P_1 (R_1^2 - R_3^2) + P_2 (R_3^2 - R_2^2)$$

(Nota: el término TT se anula)

55 En la práctica resulta que, una vez determinado un valor de equilibrado  $R_3$ , variaciones posteriores en las presiones  $P_1$  y  $P_2$  no provocan ninguna fuerza desequilibrada significativa.

La figura 12 muestra un diseño de una junta de sellado de turbina de gas que emplea la característica de equilibrado  
60 contemplada en el diagrama de las figuras 10 y 11 pero con una característica añadida diseñada para proteger el motor en el caso de un fallo del funcionamiento de la película aerodinámica que está generándose automáticamente entre las placas y la superficie cónica del elemento 26 rotatorio de motor. En esta realización el portador 44 de placa está dotado de una superficie 52 de deslizamiento cilíndrica adicional que contiene una ranura en la que puede ajustarse un anillo 53 de sellado de pistón.

65 La superficie y el anillo de sellado de pistón actúan conjuntamente con una perforación cilíndrica formada en el elemento 54 trasero estático de junta de sellado de tal manera que esta perforación junto con la superficie 46 cilíndrica y el portador 44 de placa forman ahora un espacio 55 anular cerrado que contiene el resorte 37 ondulado.

## ES 2 358 088 T3

La presión de gas en este espacio cerrado anular se designa  $P_3$ .

Para condiciones de funcionamiento normal el espacio 55 anular se ventila, mediante una válvula de tres orificios y dos posiciones, a la presión  $P_1$  de modo que  $P_3 = P_1$  y las presiones están ahora en equilibrio tal como se muestra y describe en la figura 10 y el texto asociado.

En caso de fallo de la placa, el portador 44 de placa se impulsará hacia el elemento rotatorio bajo la acción de la fuerza axial generada por el resorte 37 ondulado haciendo que la superficie de sellado radial y las placas no dañadas entren en contacto con el elemento 26 rotatorio de motor. Esta condición de fallo puede detectarse, por ejemplo, mediante un repentino aumento de temperatura de las superficies 48 y 49 de sellado radiales que hace que se envíe una señal para conmutar la válvula de dos posiciones. Esta acción cerrará la trayectoria de ventilación de la presión  $P_3$  a  $P_1$  y abrirá una trayectoria de ventilación alternativa de la presión  $P_3$  a la presión inferior  $P_2$  o a la presión atmosférica. En cualquier caso la caída de presión  $P_3$  será suficiente, actuando sobre la zona anular, para superar la fuerza del resorte ondulado y hacer que el portador 44 de placa se retire de la superficie rotatoria del motor.

La cantidad de movimiento de retirada axial realizado por el portador 44 de placa se determina por la distancia 56 mostrada en la figura 12. Esto se realizará normalmente para proporcionar la máxima distancia de retirada de seguridad respecto al elemento rotatorio de modo que el motor puede continuar funcionando, aunque con una tasa de fuga de gas superior a la normal entre los espacios de gas exterior e interior a las presiones  $P_1$  y  $P_2$ .

También se ilustra en la figura 12 un conjunto de junta de sellado que contiene un anillo 57 que está unido al elemento 54 trasero estático de junta de sellado mediante tornillos 58. El anillo 57 de contención tiene una parte 59 dirigida hacia el interior y normalmente está dividido en una única junta de tope de modo que puede pasarse sobre el radio exterior del componente 25 anular modificado y, por tanto, sujetar todos los componentes del conjunto de junta de sellado juntos antes de montarse en el motor y unir el componente 25 anular al elemento rotatorio de motor mediante tornillos 27. Por motivos de claridad en la figura 12 sólo se han sombreado los componentes del conjunto de junta de sellado con el fin de diferenciarlos de los componentes de motor adyacentes.

Un uso adicional para el conjunto de junta de sellado que contiene el anillo 57 es encerrar el espacio 60 anular que contendrá cualquier residuo resultante de un fallo de placa o placas e impedir así que tales residuos alcancen y posiblemente dañen otras partes de funcionamiento del motor.

La figura 13 muestra una realización alternativa a la descrita en la figura 12 y puede usarse cuando se requiere combinar las juntas de sellado frontales radiales con una junta de sellado laberíntica radial. El diseño también hace uso de material de sacrificio erosionable para la junta 61 de sellado frontal rotatoria evitando así el requisito de tener un espacio de gas cerrado detrás del portador de placa y las disposiciones de cambio de presión contempladas en la figura 12.

El componente 62 anular rotatorio está dotado de la superficie 3 cónica tal como en las realizaciones descritas anteriormente pero la mitad rotatoria de la cara 63 radial se realiza por separado de un material erosionable. El anillo 64 del portador de placa está dotado de un conjunto de ranuras 65 circulares concéntricas que abarcan la totalidad de la profundidad radial de la junta de sellado frontal.

Las ranuras pueden estar ahusada de modo que el material entre ranuras adyacentes termina en la cara de sellado en una cuchilla circular estrecha para ayudar a la acción de corte cuando el anillo del portador de placa entra en contacto inicial con la cara 63 radial rotatoria. Por tanto, en esta realización, en el caso de un fallo de placa, el anillo 64 del portador de placa se extiende desde el elemento 54 trasero estático que está empujándose por la fuerza sin oposición generada por el resorte 37 ondulado lo que da como resultado que los bordes cortantes circulares del laberinto frontal corten en la superficie erosionable de la cara 63 radial.

En una realización alternativa, el material erosionable está formado en parte de la superficie del portador 64 de placa, de modo que en caso de fallo de la placa las fuerzas desequilibradas conducen unas cuchillas de corte sobre la junta 61 de sellado frontal rotatoria en el material erosionable.

La distancia 66 axial recorrida por el anillo 64 del portador de placa se controla por las ranuras 67 y los tornillos 68 de detención tal como se muestra en la figura 13. Se apreciará que, con el fin de mejorar el rendimiento de funcionamiento normal de la junta de sellado radial, pueden extenderse las longitudes axiales de los bordes de corte circulares laberínticos y puede realizarse un funcionamiento previo de la junta de sellado ensamblada a una velocidad inferior a la normal con el fin de permitir que los bordes circulares laberínticos corten el material erosionable de la junta 63 de sellado frontal radial hasta que se alcanza una posición pasada justo la posición equilibrada de funcionamiento normal. En una realización alternativa, la parte 64 de portador de placa puede formarse de o revestirse con material erosionable y pueden conducirse ranuras 65 en la parte adyacente de la junta de sellado hacia el material. Estas disposiciones garantizarán que la trayectoria de gas radial a través de la junta de sellado tendrá forma de un auténtico laberinto sin existir trayectorias rectas entre los espacios de gas a alta y baja presión.

Una realización adicional que contempla el uso del rotor cónico y la placa plana con el fin de generar una fuerza axial controlada se ilustra en las figuras 14 y 15. Estas dos figuras ilustran las placas usadas para controlar el espacio axial pequeño en una junta de sellado frontal radial adyacente de gas; pero la disposición también puede usarse en una

## ES 2 358 088 T3

aplicación de cojinete de empuje, particularmente en situaciones en las que el cojinete tiene que tratar con empujes axiales que pueden generarse en cualquier dirección axial.

5 En la realización mostrada en la figura 14, el rotor 69 está dotado de dos superficies 70 cónicas dispuestas dorso contra dorso de modo que las fuerzas generadas por el par de placas 2, 2' se oponen entre sí. Cada par de placas que actúa conjuntamente con el rotor 69 está montado en un soporte 71 en forma de montura, mostrada por separado en la figura 15, fijado por tornillos al elemento 72 de anillo del portador de placa. Este elemento también puede proporcionar la superficie 48 no rotatoria de la junta de sellado radial de gas así como la superficie 45 de deslizamiento cilíndrica que forma una mitad de la disposición de equilibrado de presión de junta de sellado.

10 En funcionamiento, las placas en oposición entre sí normalmente adoptan una posición central a ambos lados del rotor. En esta condición cualquier fuerza axial que actúa en una dirección para desplazar el rotor de su posición central con respecto al soporte 71 generará una fuerza opuesta en la placa que se impulsa hacia la superficie cónica y, simultáneamente, reduce la fuerza de ayuda que se genera por la placa opuesta que está impulsándose para alejarse de la superficie cónica opuesta. Por tanto, el sistema combinado produce un efecto similar a tener dos resortes espirales opuestos, precomprimidos, de tasa muy alta, sujetando el rotor en una posición central.

20 Puede añadirse un resorte ligero, normalmente en forma de un resorte 73 ondulado, al conjunto con el fin de desviar el anillo 72 de portador y los soportes 71 asociados en una dirección, produciendo un pequeño desvío axial desde la posición media con respecto al rotor 69. Este resorte adicional puede ser ventajoso para garantizar que la superficie 48 de sellado frontal asociada puede sujetarse a una distancia práctica de trabajo mínima desde la cara de actuación conjunta en el rotor 69.

25 Tal como en los diagramas anteriores, sólo se han sombreado los componentes que forman el conjunto de junta de sellado completo en la figura 14. Los diversos componentes pueden sujetarse juntos de manera suelta, antes de ensamblarse en el motor, mediante el anillo 57 de contención modificado de una manera similar a la disposición mostrada en la figura 12.

30 Se apreciará que en el caso de que las presiones  $P_1$  y  $P_2$  puedan variar de tal manera que la fuerza axial resultante generada por esas presiones pueda actuar en cualquier dirección, puede añadirse una superficie de sellado adicional al lado no sellante según se ilustra del rotor en la figura 14.

35 Tal como se mencionó en la introducción, aunque la descripción se refiere por conveniencia a elementos estáticos y rotatorios, las placas y la superficie troncocónica pueden estar en rotación relativa.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aparato para separar dos superficies enfrentadas en rotación relativa en uso haciendo pasar gas entre las superficies, incluyendo el aparato:
- una primera parte (1) que define una superficie (3) generalmente troncocónica que forma parte de un cono circular recto;
- 10 una segunda parte (2) que define al menos una superficie plana dispuesta adyacente a la primera parte de modo que las dos superficies se sitúan enfrentadas entre sí y definen al menos un punto de acoplamiento más próximo entre las superficies, con espacios divergentes que se extienden entre las superficies a ambos lados de un plano que contiene el punto o puntos de acoplamiento más próximo y que se extiende generalmente ortogonal a la dirección de rotación relativa, y
- 15 un dispositivo (4) para desviar la superficie plana hacia la superficie troncocónica para mantener los espacios dentro de un rango dimensional predeterminado.
- 20 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que las superficies (2, 3) se acoplan en el punto de acoplamiento más próximo cuando las partes no rotan una en relación a la otra.
3. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda parte incluye un portador (44) y al menos un elemento (2) de placa montado sobre el portador para definir la superficie plana.
- 25 4. Aparato según la reivindicación 3, en el que el o cada elemento (2) de placa está montado de manera pivotante sobre el portador (44).
5. Aparato según la reivindicación 1, en el que la segunda parte (2) define una pluralidad de superficies separadas sustancialmente planas dispuestas circunyacentes a la superficie (3) troncocónica para definir respectivos puntos de acoplamiento más próximos y espacios asociados, incluyendo el aparato además una pluralidad de dichos dispositivos (4) de desvío, estando asociado cada uno de dichos dispositivos de desvío con una de dichas respectivas superficies (2) planas.
- 30 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que las superficies (2, 3) están situadas relativamente en la dirección de rotación relativa de tal manera que los pares de torsión generados sobre la superficie plana por el gas que se hace pasar se equilibran alrededor del punto o puntos de acoplamiento más próximo.
- 35 7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un mecanismo para hacer rotar la primera parte (1).
- 40 8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera parte (1) y/o la segunda parte (2) están formadas de o revestidas con un material cerámico.
- 45 9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie (3) generalmente troncocónica es cóncava o convexa.
10. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que el dispositivo (4) de desviación incluye un resorte ondulado, un cojinete de empuje y/o un conjunto de resortes abatibles.
- 50 11. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además una tercera parte (2') que define al menos una superficie plana dispuesta adyacente a una superficie troncocónica adicional en la primera parte (1) y sustancialmente opuesta a la segunda parte (2) de tal manera que las fuerzas generadas por las partes segunda y tercera son sustancialmente iguales y opuestas.
- 55 12. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además una conexión (14) de empuje para transmitir empuje, pero no rotación.
- 60 13. Aparato según la reivindicación 12, en el que la primera parte (1) está conectada a o proporciona una primera superficie (28) de sellado, y la segunda parte (2) está conectada a o proporciona una segunda superficie (31) de sellado que forma una junta de sellado con la primera superficie de sellado.
- 65 14. Aparato según la reivindicación 13, en el que la segunda superficie (31) de sellado está situada dentro de un alojamiento (34) que tiene un anillo (40), pudiendo deslizarse la segunda superficie de sellado sobre el anillo de modo que puede entrar en contacto con y separarse de la primera superficie (28) de sellado, incluyendo el alojamiento un rebaje (33) detrás de la segunda superficie (31) de sellado.

## ES 2 358 088 T3

15. Aparato según la reivindicación 14, en el que el dispositivo de desviación es o incluye un resorte (37) ondulado axial alojado en el rebaje (33).

5 16. Aparato según la reivindicación 14 ó 15, en el que el anillo (40) incluye una parte (41) vertical para retener los componentes de la junta de sellado juntos en una condición preensamblada.

17. Aparato según la reivindicación 16, en el que la parte (41) vertical forma una barrera (39) de aire.

10 18. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 17, en el que el dispositivo (37) de desviación desvía una de dichas superficies (2) planas hasta entrar en contacto con la primera parte (1) cuando la primera parte deja de rotar.

15 19. Aparato según la reivindicación 18, que incluye una junta (61) de sellado frontal rotatoria que está formada al menos parcialmente de o revestida con un material (63) erosionable de modo que, en caso de que falle la placa, las fuerzas desequilibradas conducen unas cuchillas (65) de corte en un portador (64) de placa en contacto con el material de modo que se elimina por erosión, impidiéndose así un contacto entre la superficie de equilibrado de presión y la superficie de sellado radial.

20 20. Aparato según la reivindicación 18, que incluye un portador (64) de placa que está formado al menos parcialmente de o revestido con un material erosionable de modo que, en caso de fallo de la placa, las fuerzas desequilibradas conducen unas cuchillas de corte en una junta (61) de sellado frontal rotatoria hacia el material erosionable, eliminándose el material por erosión, impidiéndose así un contacto entre una superficie de equilibrado de fuerzas y una superficie de sellado radial.

25 21. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además un portador (44) de placa que puede moverse axialmente que define una superficie (48) de sellado radial para formar, con una superficie (49) de sellado radial adicional, una junta de sellado radial para separar zonas ( $P_1$ ,  $P_2$ ) de presión interna y externa y una superficie (45) de sellado axial que actúa conjuntamente con una junta (46) de sellado que puede deslizarse axialmente para separar las zonas de presión interna y externa, con lo cual la ubicación radial de la junta de sellado se  
30 selecciona de tal manera que la presión aplicada por las zonas de presión interna y externa a la superficie de sellado radial se equilibra sustancialmente por al menos las presiones interna y externa aplicadas a respectivas superficies de equilibrado de presión que se oponen a la superficie de sellado radial.

35 22. Aparato según la reivindicación 21, que incluye un anillo (47) de pistón entre la superficie (45) y la junta (46) de sellado, en el que el portador (44) de placa está dotado de una superficie (52) de deslizamiento cilíndrica que contiene una ranura en la que se encaja un anillo (53) de sellado de pistón, actuando la superficie de deslizamiento y el anillo de sellado de pistón conjuntamente con una perforación cilíndrica formada en un elemento (54) trasero estático de junta de sellado, de tal manera que la perforación cilíndrica junto con la superficie (46) cilíndrica y el portador de placa definen un espacio (55) anular cerrado, que incluye además una válvula para ventilar el espacio (55) de gas  
40 encerrado.

23. Aparato según la reivindicación 22, en el que la ventilación del espacio (55) de gas encerrado hace que el portador (44) de placa se desacople de la superficie (49) de sellado radial adicional.

45

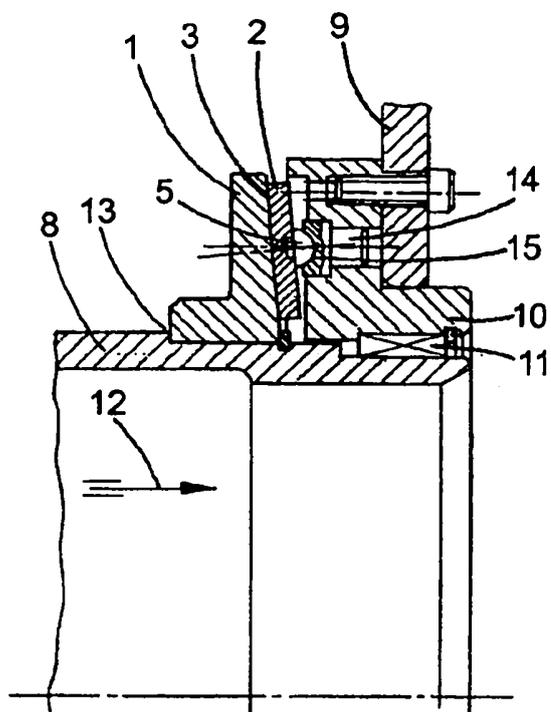
50

55

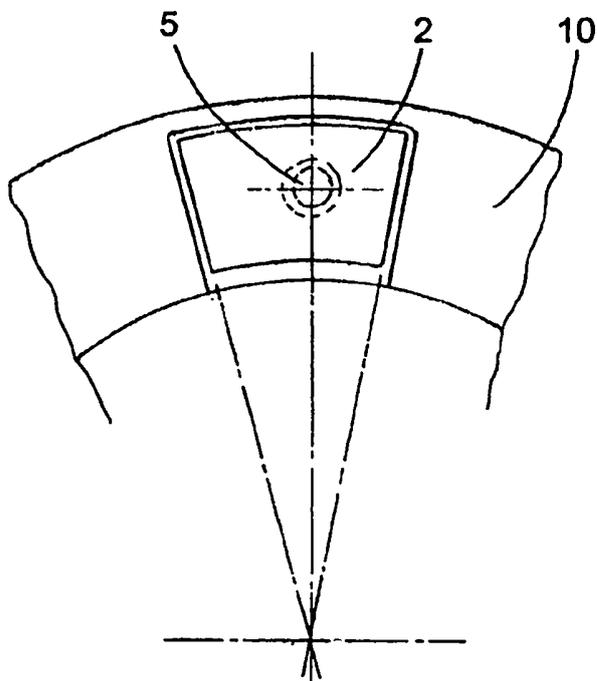
60

65

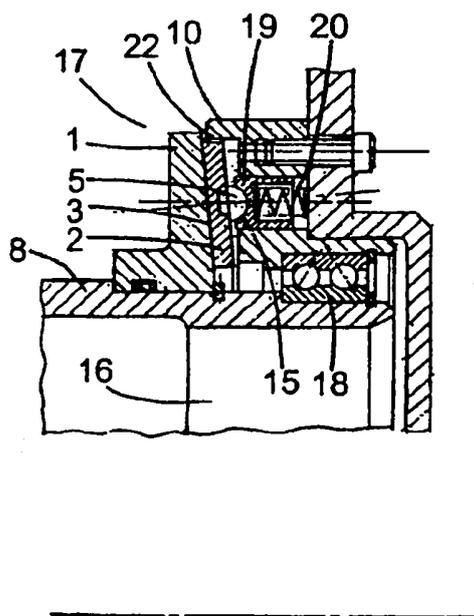




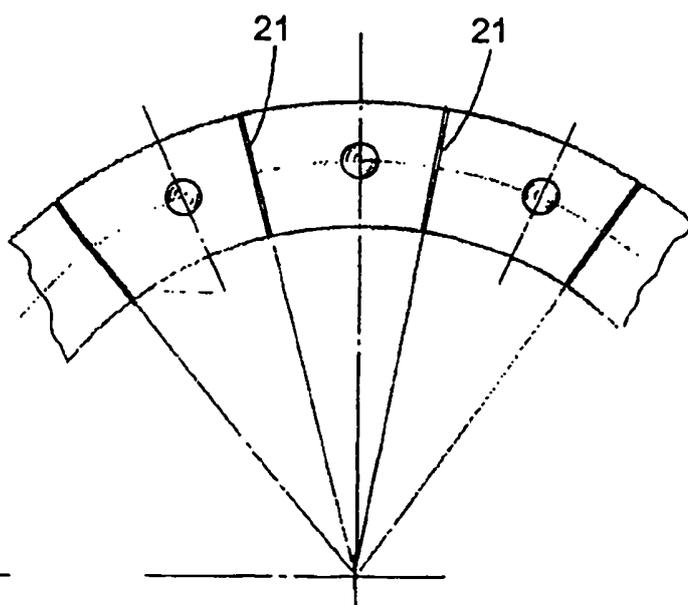
*Fig. 4*



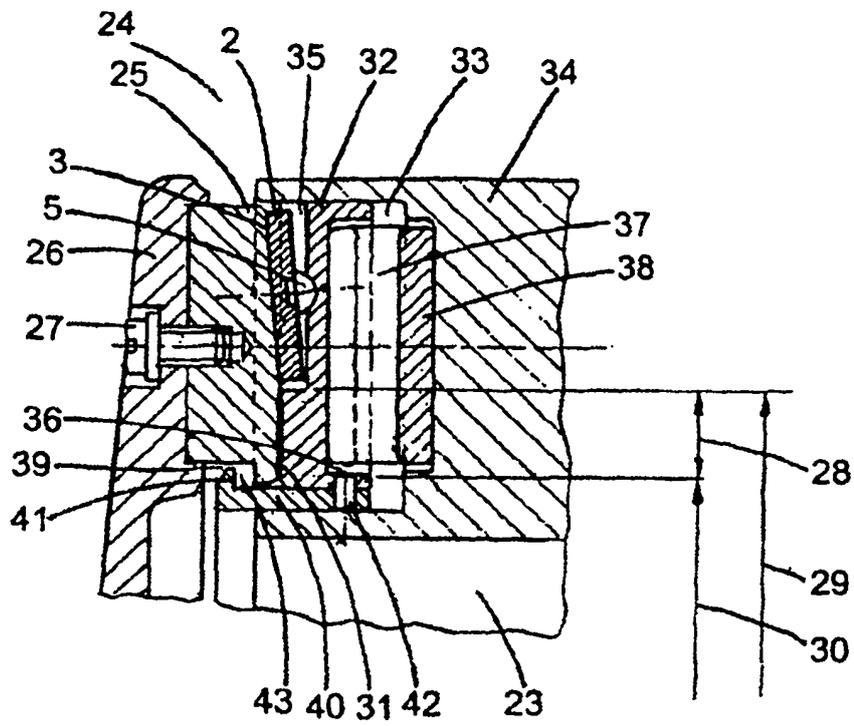
*Fig. 5*



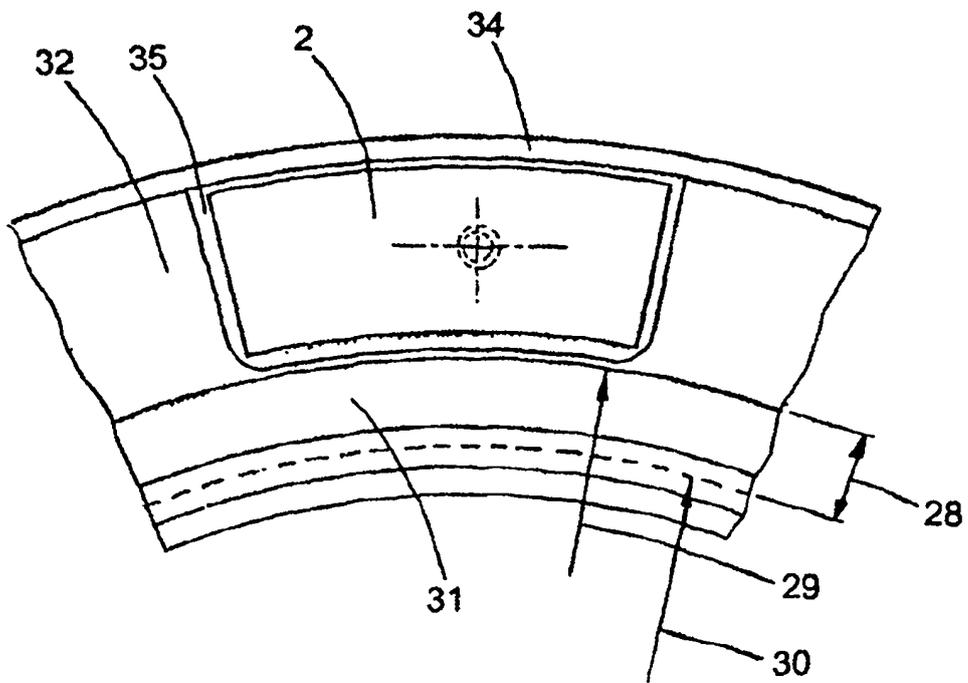
*Fig. 6*



*Fig. 7*



*Fig. 8*



*Fig. 9*

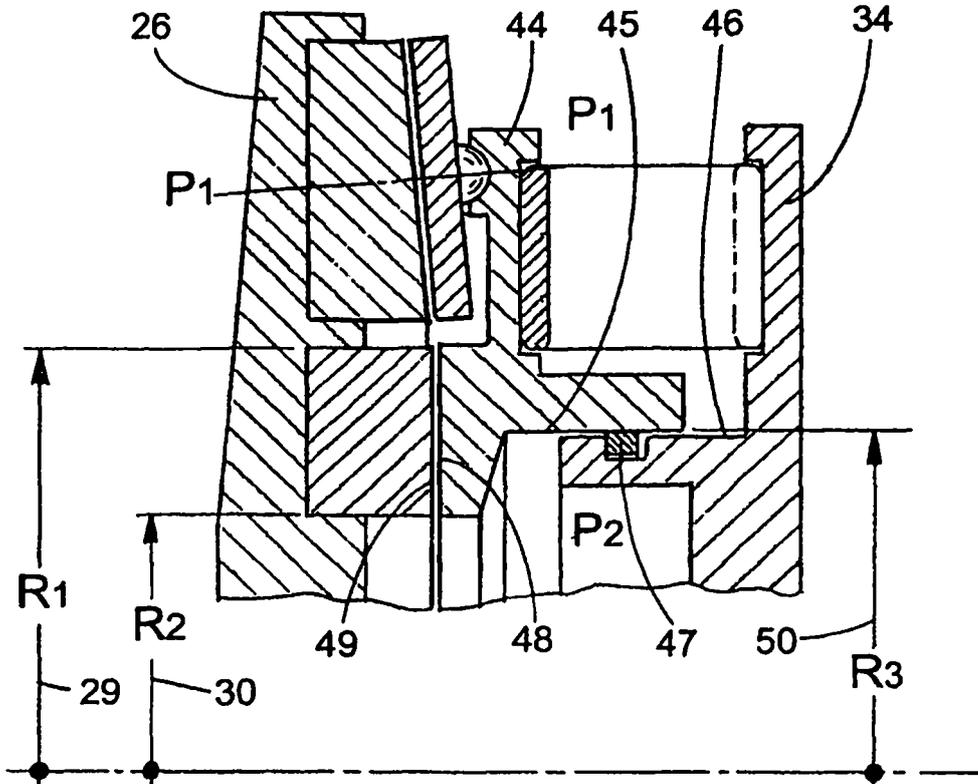


Fig. 10

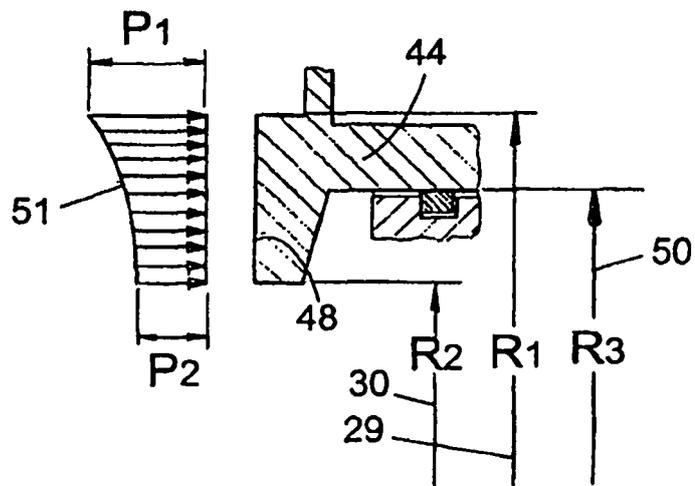


Fig. 11

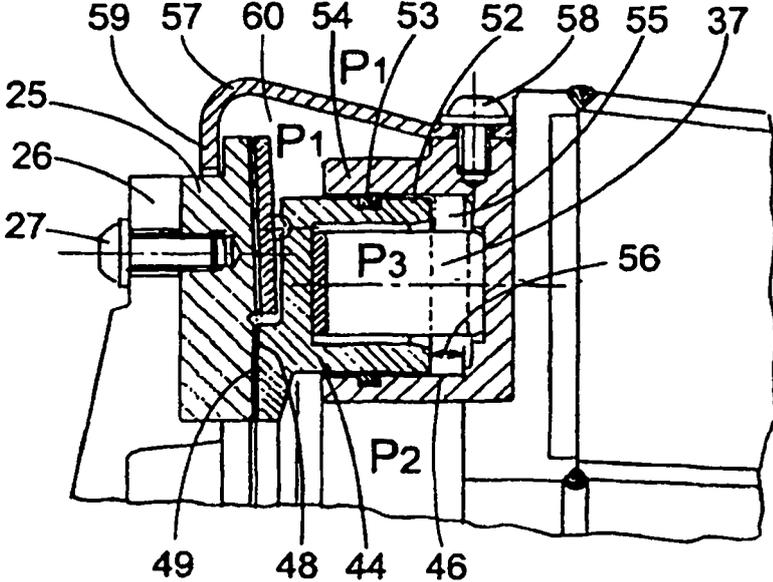


Fig. 12

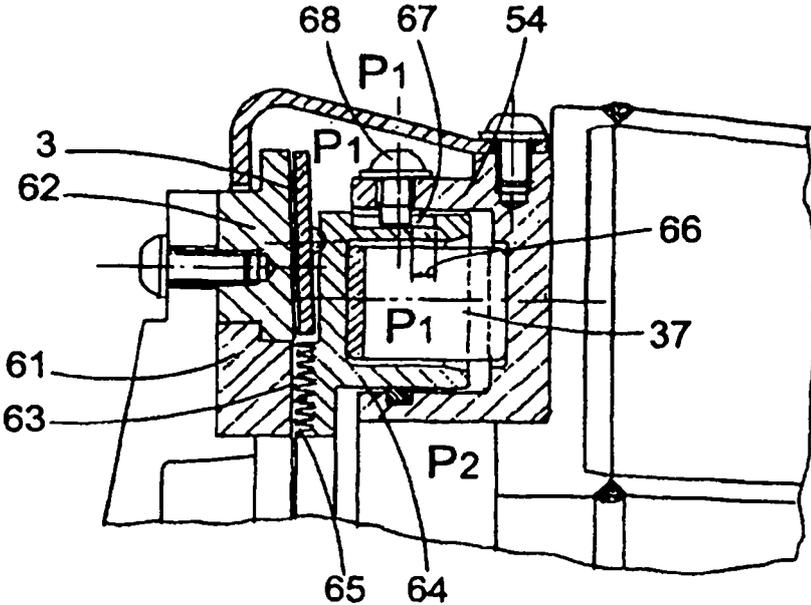
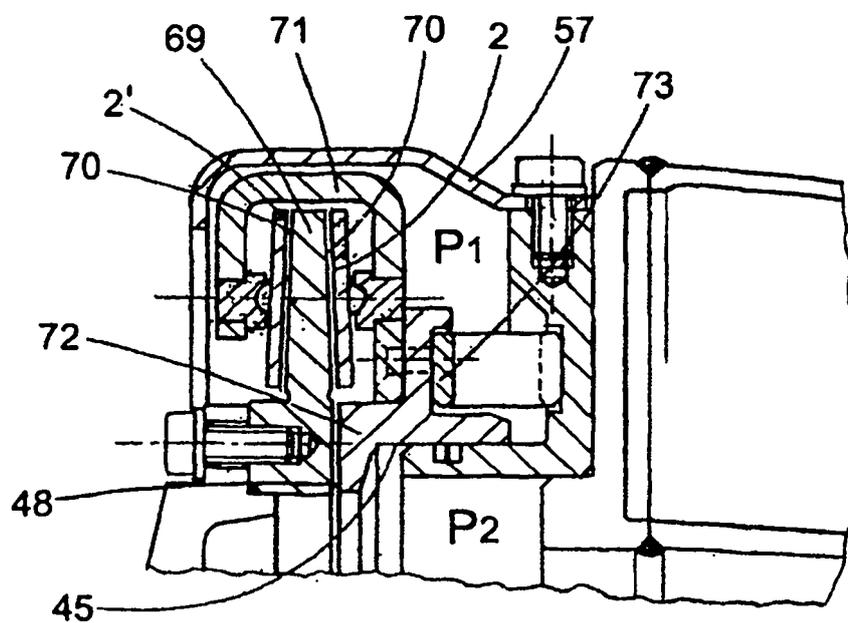
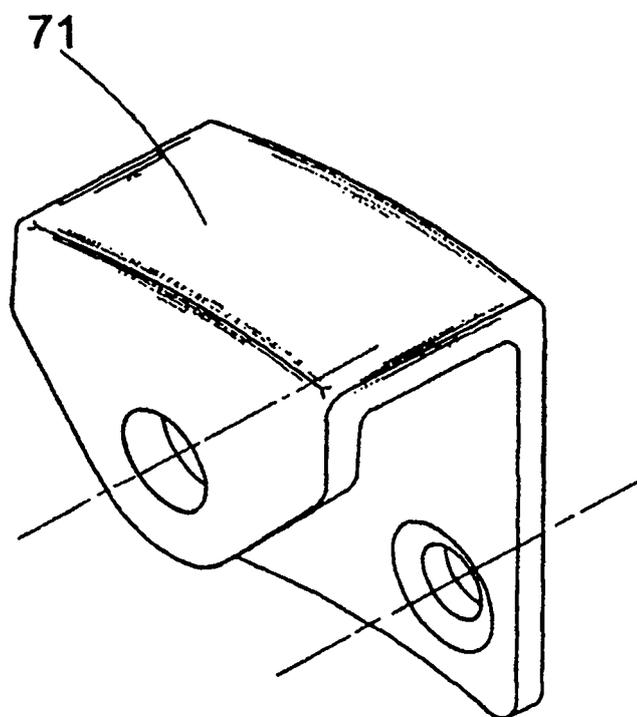


Fig. 13



*Fig. 14*



*Fig. 15*