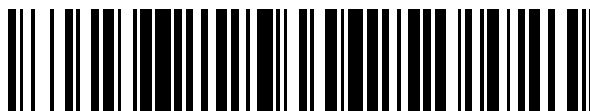


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 494**

51 Int. Cl.:

F01D 5/02 (2006.01)

F01D 5/08 (2006.01)

F01D 5/10 (2006.01)

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2011** **E 11161054 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020** **EP 2378068**

54 Título: **Sistema de amortiguación para amortiguar las vibraciones de una pala del rotor, pala del rotor correspondiente y rotor**

30 Prioridad:

16.04.2010 DE 102010015211

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

02.12.2020

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES AG (100.0%)
Dachauer Strasse 665
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**BORUFKA, HANS PETER;
HARTUNG, ANDREAS;
PROKOPCZUK, PATRICK y
STIEHLER, FRANK**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 797 494 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

Sistema de amortiguación para amortiguar las vibraciones de una pala del rotor, pala del rotor correspondiente y rotor

5 La invención se refiere a un elemento de amortiguación para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor de una turbina, a una pala del rotor con tal sistema de amortiguación, a un rotor con una pluralidad de tales palas del rotor amortiguadas y a un método para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor de una turbina.

10 Para amortiguar las vibraciones, las palas del rotor de las turbinas de gas, como los motores de avión, a menudo se sujetan dentro de una corona de paletas a través de su anillo de refuerzo. Como se muestra en la patente del solicitante núm. DE 40 15 206 C1 los anillos de refuerzo a menudo tienen forma de Z con dos superficies de transmisión de potencia cada una para el acoplamiento mecánico mutuo. Aunque tal acoplamiento mecánico es muy eficaz, los anillos de refuerzo se someten a un desgaste relativamente alto en el área de sus superficies de transmisión de potencia.

15 Además, la patente europea núm. EP 0 511 022 B1 revela palas del rotor unidas entre sí por un elemento amortiguador en forma de alambre que es guiado a través de las hojas de paleta. Sin embargo, esta solución tiene la desventaja particular de que el elemento amortiguador en forma de alambre se encuentra en el trayecto del flujo o en el canal del espacio anular. En particular, esta solución no se puede aplicar, o solo se aplica parcialmente, a las paletas enfriadas internamente.

20 Además, la solicitud de patente europea núm. EP 1 944 466 A1 describe elementos de amortiguación dispuestos en los nichos de los anillos de refuerzo adyacentes. Cuando el rotor gira, la fuerza centrífuga mueve los elementos amortiguadores radialmente hacia afuera y así causa un acoplamiento mecánico de los anillos de refuerzo. Sin embargo, con este sistema no es posible un ajuste óptimo de la amortiguación de la vibración.

25 Además, la patente de los Estados Unidos núm. US 3,037,741 se utiliza un sistema de amortiguación basado en la fuerza centrífuga, cuyos elementos de amortiguación se disponen en un espacio entre dos palas del rotor adyacentes, que está limitado en dirección radial por sus plataformas. Cada uno de los elementos de amortiguación está guiado por un pasador en el orificio del rotor de manera que se puede desplazar en dirección radial y, por lo tanto, puede chocar con áreas inferiores de las plataformas durante la rotación. Sin embargo, debido a su topología, estos elementos de amortiguación no proporcionan suficiente amortiguación, especialmente de las formas de vibración por torsión. Además, el espacio disponible para el diseño constructivo es muy limitado, por lo que el diseño y el tamaño de estos elementos de amortiguación no cumplen, o solo cumplen parcialmente, sus requerimientos de diseño y aplicación.

30 La patente alemana núm. DE 30 08 890 describe un rotor para un motor de turbina de gas que, con fines de amortiguación, tiene un peso de amortiguación que es presionado radialmente hacia afuera durante la rotación y se engancha por fricción en la superficie interior de una plataforma.

35 Otros sistemas de amortiguación se conocen de las patentes núm. DE 22 58 604 A1, US 3 181 835 A, CH 301 136 A, US 4 347 040 A, US 4 568 247 A, US 4 355 957 A, US 4 480 959 A, DE 689 08 676 T2.

40 El objetivo de la presente invención es crear un sistema de amortiguación para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor de una turbina, una pala del rotor con tal sistema de amortiguación, un rotor con una pluralidad de tales palas del rotor amortiguadas.

45 Este objetivo se logra con un sistema de amortiguación con las características de la reivindicación 1, con una pala del rotor con las características de la reivindicación 7 y con un rotor con las características de la reivindicación 9.

50 Un sistema de amortiguación de acuerdo con la invención para amortiguar las vibraciones de una pala del rotor de un rotor de una turbina, por ejemplo de un motor de avión, tiene un elemento de amortiguación que es guiado en un soporte del lado de la paleta de tal manera que ejecuta un movimiento dirigido radialmente hacia afuera basado en la fuerza centrífuga durante la rotación del rotor y puede ponerse en contacto con un área de la plataforma inferior de la pala del rotor.

55 Del sistema de amortiguación de acuerdo con la invención permite la amortiguación de las formas de vibración críticas de las etapas de compresión y del rotor de la turbina con o sin anillo de refuerzo, en diseño ensamblado o en diseño integral BLISK (Disco con Cuchilla) o BLING (Anillo con Cuchilla), con o sin refrigeración de las paletas y con o sin cavidades de las paletas. El elemento de amortiguación es guiado como un llamado amortiguador de balanceo sobre el soporte, como una placa de cubierta o una miniplaca de cubierta en la pala del rotor. Debido a la rotación del rotor, los grados de libertad de movimiento del elemento de amortiguación debido a un campo de fuerza centrífuga se utilizan de tal manera que se genera un contacto en uno o más puntos de contacto de acoplamiento definidos al menos entre la pala del rotor y el elemento de amortiguación que es automáticamente seguido por el campo de fuerza centrífuga. La masa del elemento de amortiguación sirve como parámetro de optimización y para definir los puntos de conmutación entre el llamado estado "bloqueado y deslizante" del sistema de amortiguación.

60

Preferentemente, el elemento de amortiguación también puede realizar movimientos en la dirección circunferencial del rotor, de modo que el elemento de amortiguación tenga tantos grados de libertad de movimiento como sea posible.

En una ejemplo de modalidad, el elemento de amortiguación se monta en el soporte por medio de al menos un elemento de unión, que se guía en una ranura longitudinal que se extiende radialmente. La ranura longitudinal se diseña preferentemente de tal manera que cuando el elemento amortiguador se desliza hacia el área inferior de la plataforma, el elemento de unión se separa de una sección de la pared opuesta de la ranura longitudinal, vista en la dirección del movimiento del elemento amortiguador, y por lo tanto se libera de la carga. Esto significa que al menos un elemento de unión sirve simplemente como un dispositivo de seguridad, pero no como una limitación del movimiento radial del elemento de amortiguación. La limitación viene dada por el área de la plataforma inferior de la paleta.

En otro ejemplo de modalidad, el elemento amortiguador tiene superficies de deslizamiento opuestas para la guía a lo largo de dos superficies guía radiales en el lado del soporte. También es posible montar el elemento de amortiguación de manera giratoria en el soporte.

El peligro de inclinación puede reducirse aún más si el elemento de amortiguación tiene forma de U y abarca una sección de la cabeza del soporte a ambos lados.

En el área de la plataforma inferior, se coloca una superficie de contacto periférica formada por una elevación como tope del elemento amortiguador. Además, se proporciona una superficie de contacto frontal para establecer un contacto por fricción entre el elemento de amortiguación y la pala del rotor. La posición exacta de las superficies de contacto se puede ajustar en función de la forma de vibración correspondiente, de modo que se establezca un contacto individualizado entre el elemento de amortiguación y la pala del rotor y se puedan amortiguar las vibraciones de manera eficaz. En una ejemplo de modalidad, las superficies de contacto se disponen, por ejemplo, simétricamente a la superficie longitudinal del elemento amortiguador.

Una pala del rotor de una turbina, por ejemplo un motor de avión, de acuerdo con la invención, tiene al menos un sistema de amortiguación con un elemento de amortiguación que es guiado en un soporte del lado del rotor de tal manera que ejecuta un movimiento dirigido hacia afuera en la dirección radial durante la rotación del rotor y puede ser puesto en contacto con un área de plataforma inferior de la pala del rotor. El sistema de amortiguación se puede colocar en la dirección axial del rotor delante, detrás o a ambos lados, es decir, tanto delante como detrás de la pala del rotor.

El rotor de una turbina de acuerdo con la invención tiene una pluralidad de palas del rotor dispuestas en filas de paletas, en donde los elementos amortiguadores se disponen en las palas del rotor de al menos una fila de paletas, de manera que son guiados en un soporte del lado del rotor de tal manera que ejecutan un movimiento en la dirección radial debido a la fuerza centrífuga y pueden ponerse en contacto con un área de plataforma inferior de las palas del rotor. Los elementos de amortiguación se utilizan preferentemente para amortiguar las formas de vibración por flexión y por torsión. El efecto de amortiguación se puede optimizar o incrementar adaptando geoméricamente la geometría de contacto entre los elementos de amortiguación y las palas del rotor a una característica de forma de vibración.

En un método de acuerdo con la invención para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor de una turbina, por ejemplo un motor de avión, se proporciona un elemento de amortiguación en un área de plataforma inferior de las palas del rotor, que se guía en un soporte del lado del rotor y se mueve contra el área de plataforma inferior correspondiente debido a la fuerza centrífuga.

El elemento amortiguador correspondiente roza a lo largo de una superficie de contacto frontal de las palas del rotor, de modo que durante la rotación el elemento amortiguador no solo es presionado contra el área de la plataforma inferior y está en contacto friccional con ella, sino que también se produce una amortiguación mecánica por disipación de energía como resultado de la fricción seca entre el elemento amortiguador y la superficie de contacto frontal vibratoria. Si fuera necesario, también puede tener lugar la amortiguación mecánica entre el elemento de amortiguación y el soporte.

Otros ejemplos de modalidades ventajosas de la presente invención se abordan en las reivindicaciones dependientes.

A continuación, se describen detalladamente los ejemplos de modalidades preferidas de la presente invención a partir de representaciones esquemáticas. Se muestran:

En la Figura 1, una vista en perspectiva de un primer sistema de amortiguación de acuerdo con la invención,

En la Figura 2, una representación detallada del primer sistema de amortiguación,

En la Figura 3, un corte transversal del primer sistema de amortiguación,

En la Figura 4, una vista en perspectiva de un segundo sistema de amortiguación de acuerdo con la invención, y

En la Figura 5, una representación detallada del segundo elemento de amortiguación, y

En la Figura 6, una sección transversal del segundo sistema de amortiguación,

En las figuras, los elementos constructivos idénticos tienen los mismos números de referencia, por lo que, en el caso de varios elementos constructivos idénticos en una figura, solo un elemento se identifica con el número de referencia correspondiente por razones de claridad.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva de una sección de una fila de paletas 2 de un disco del rotor 4 en la dirección del flujo. La fila de paletas 2 está formada por una pluralidad de palas del rotor 6, que pueden ser, por ejemplo, paletas del compresor o de turbina de una turbina de gas estacionaria o de un motor de avión. Cada una de ellas tiene un alma de disco 8 unida integralmente al disco 4, una hoja de paleta 10 y una sección de cuerpo ampliada 12 ubicada entre el alma de paleta 8 y la hoja de paleta 10.

Como se muestra en la Figura 2, la sección del cuerpo 12 tiene una cara frontal 14 orientada en sentido contrario a la dirección del flujo, y una superficie inferior del cuerpo 16 situada casi en ángulo recto con ella, que apunta en la dirección de un eje de rotación del disco del rotor 4 no mostrado y en el que se forma una ranura circunferencial 18. En el área del borde con la superficie del cuerpo 16, la cara frontal 14 tiene una superficie frontal anular 20 que apunta en dirección axial. En la dirección radial, la superficie frontal 14 está delimitada por una plataforma delantera 22, que sirve esencialmente para reducir las pérdidas de flujo y está dispuesta radialmente hacia fuera en el área de la sección del cuerpo 12 en relación con una plataforma trasera no mostrada.

Debajo de la plataforma delantera 22, es decir, entre la plataforma delantera 22 y una sección circunferencial exterior no mostrada del disco del rotor 4, se dispone un sistema de amortiguación 26 de acuerdo con la invención, que tiene una pluralidad de elementos de amortiguación 28, que están montados contiguos y espaciados en la dirección circunferencial del disco del rotor 4 en un soporte 30 de manera desplazable en la dirección radial.

El soporte 30 se extiende sobre todas las palas del rotor 6 de la fila de paletas 2 y en el ejemplo de modalidad mostrado tiene forma de un disco anular 32 con una proyección axial interior radial 34 que se extiende casi en ángulos rectos hacia o desde él. En el ejemplo de modalidad mostrado, la proyección 34 tiene una superficie circunferencial 36 por medio de la cual está en contacto con la superficie del cuerpo 16 de la sección del cuerpo 12 y en la cual se forma una ranura circunferencial 38 para formar una cavidad con la ranura circunferencial 18 para recibir un anillo de seguridad 40. El disco anular 34 está en contacto con la cara frontal del anillo 20 de la sección del cuerpo 12, formando así un espacio 42 entre el disco anular 32 y la cara frontal 14.

En este caso, los elementos de amortiguación 28 tienen, por ejemplo, cada uno una configuración en forma de U con dos patas idénticas 44, 46, que están unidas entre sí por una sección de unión 48. Cada una de ellas abarca una sección de la cabeza del soporte 30 o el disco anular 32, en donde en la posición de reposo mostrada están apoyados en la dirección radial de la sección de la cabeza por la sección de unión 48. Cuando el disco del rotor 4 gira, los elementos amortiguadores 28 ejecutan un movimiento dirigido radialmente hacia afuera debido a la fuerza centrífuga, en donde se desplazan hacia arriba con una superficie circunferencial exterior 50 en el lado de la sección de unión contra una superficie de contacto circunferencial 54 de la correspondiente plataforma frontal 22 formada por una elevación 52. La superficie de contacto 54 está diseñada de acuerdo con la forma de vibración a amortiguar y está posicionada en la plataforma 22. De la misma manera, la geometría y la masa de los elementos amortiguadores 28 se adaptan cada uno a la forma de vibración a amortiguar.

Los elementos de amortiguación 28 se fijan con movimiento limitado al soporte 30 en dirección radial y circunferencial, mediante dos elementos de unión en forma de remache o de perno 56, 58, que se insertan cada uno a través de un par de orificios 60 en el lado del elemento de amortiguación como se muestra en la Figura 3 y se guían en ranuras longitudinales radiales 64 en el lado del soporte. Los pares de orificios 60 y las ranuras longitudinales 64 están diseñados de tal manera que cuando los elementos de amortiguación 28 se desplazan hacia las plataformas inferiores 22, los elementos de unión 56, 58 se alivian. Es decir, los elementos de amortiguación 28 no se apoyan en los elementos de unión 56, 58 en la posición radial desacoplada o en la posición de trabajo, sino que están separados de ellos. Sin embargo, en la posición de reposo, los elementos de amortiguación 28 se apoyan en el soporte 30 a través de su correspondiente sección de unión 48, de modo que los elementos de unión 56, 58 también se alivian en la posición de reposo. Así, los elementos de unión 56, 58 evitan más bien un deslizamiento de los elementos de amortiguación 28 en dirección circunferencial fuera de los límites permitidos.

Debajo de las plataformas delanteras 22 en el área de la cara frontal 14, se forma una elevación no numerada para formar una superficie de contacto frontal del elemento de amortiguación 28, que se extiende en la dirección axial del elemento de amortiguación 28 que se mueve radialmente y está diseñado y posicionado de acuerdo con la forma de vibración que se va a amortiguar y puede estar provisto de un revestimiento para ajustar el comportamiento de la fricción. La superficie de contacto frontal forma casi un perfil angular con la superficie de contacto periférica 54 y está dispuesta simétricamente con respecto al eje vertical del correspondiente elemento amortiguador 28 en su posición de reposo. Asimismo, los elementos de unión 56, 58 o las ranuras longitudinales 64 se disponen simétricamente con respecto al eje vertical del correspondiente elemento de amortiguación 28 en su posición de reposo, de modo que se evita eficazmente la inclinación o el atasco de los elementos de amortiguación 28 durante un movimiento radial.

Cuando el disco del rotor 4 gira, las superficies circunferenciales exteriores 50 de los elementos amortiguadores 28 son presionadas hacia afuera contra las superficies circunferenciales de contacto 54 debido a la fuerza centrífuga. Al mismo tiempo, los elementos de amortiguación 28 rozan con la pata 46 orientada hacia la cara frontal 14 a lo largo de las superficies de contacto de la superficie de contacto 70, de modo que la amortiguación mecánica precisa de la correspondiente pala del rotor 6 y, por tanto, de toda la fila de paletas 2 se logra mediante la disipación de energía entre

los elementos de amortiguación 28 y las superficies de contacto vibratorias 54, si fuera necesario también entre los elementos de amortiguación 28 y el propio soporte 30.

La Figura 4 muestra un segundo sistema de amortiguación 74 de acuerdo con la invención para la amortiguación de las formas de vibración por flexión y por torsión preferentemente de una fila de paletas del rotor 2. El sistema de amortiguación 74 se basa en el mismo principio de funcionamiento que el sistema de amortiguación 26 descrito anteriormente en las figuras 1 a 3. La diferencia esencial entre los dos sistemas de amortiguación 26, 74 consiste en la orientación de sus elementos de amortiguación 28, 78 sobre o en el soporte 30, 76.

El sistema de amortiguación 74 se dispone en un área de plataforma inferior 22 y tiene un soporte del lado de la paleta 76 en el que se guían un gran número de elementos de amortiguación 78 dispuestos uno al lado del otro y separados entre sí. Los elementos de amortiguación 78 se pueden mover al menos en dirección radial y cada uno tiene una forma simétrica en U para agarrar en secciones alrededor de una sección de la cabeza del soporte 76 con dos patas 44, 46 (Figura 6).

Como se muestra en la Figura 5, los elementos de amortiguación 78 son guiados o asegurados en el soporte 76 por dos superficies de deslizamiento 80 de sus patas 44, 46, que se disponen en el interior y opuestas entre sí y están en contacto activo con las superficies de guía 84 del soporte 76, que están retrocedidas en relación con las secciones de superficie adyacentes y se extienden en dirección radial.

Para optimizar las propiedades de amortiguación, como en el caso del primer sistema de amortiguación 26 descrito anteriormente de acuerdo con las figuras 1 a 3, en el área situada debajo de las plataformas delanteras 22 se dispone en cada caso de una superficie de contacto periférica 54 y una superficie de contacto frontal 70 (ver la Figura 6), que forman un perfil angular y se disponen simétricamente con respecto a la guía o al eje vertical del elemento de amortiguación 78 en la posición de reposo.

Cuando el disco del rotor 4 gira, los elementos amortiguadores 78 son presionados contra las superficies de contacto circunferenciales 54 debido a la fuerza centrífuga. Al mismo tiempo, los elementos de amortiguación 78 rozan contra esta superficie de contacto circunferencial 54, así como contra las superficies de contacto frontales 70 de la pala del rotor 6, de modo que, entre otras cosas, la amortiguación mecánica se efectúa por la disipación de energía debido a la fricción seca entre los elementos de amortiguación 78 y las superficies de contacto vibratorias 54, 70, y, si fuera necesario, también entre los elementos de amortiguación 78 y el soporte 76.

Un sistema de amortiguación para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor de una turbina, cuyo elemento de amortiguación está guiado en el lado de las paletas de tal manera que ejecuta un movimiento dirigido radialmente hacia afuera durante la rotación del rotor y se puede poner en contacto con un área de la plataforma inferior de las palas del rotor, una pala del rotor con tal sistema de amortiguación, un rotor con una pluralidad de tales sistemas de amortiguación y un método para amortiguar las vibraciones de las palas del rotor.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de amortiguación (26; 74) para amortiguar las vibraciones de una pala del rotor (6) de un rotor de una turbina, por ejemplo un motor de avión, que comprende un elemento de amortiguación (28; 78) que está guiado en un soporte del lado del rotor (30; 76) de tal manera que el elemento de amortiguación realiza un movimiento radial hacia afuera cuando el rotor gira y se puede poner en contacto con un área de la plataforma inferior (22) de la pala del rotor (6), en donde el elemento de amortiguación (28; 78) tiene forma de U y rodea el soporte (30; 76) en porciones, **caracterizado porque** una superficie de contacto circunferencial (54) formada por una elevación (52) se dispone como un tope para el elemento amortiguador (28; 78) en el área de la plataforma inferior (22) y se proporciona una superficie de contacto de la superficie frontal (70) para producir un contacto por fricción entre el elemento amortiguador (28; 78) y la pala del rotor (6).
2. Sistema de amortiguación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el elemento de amortiguación (28; 78) está montado de forma móvil en dirección circunferencial.
3. Sistema de amortiguación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el elemento de amortiguación (28) está montado en el soporte (30) por medio de al menos un elemento de unión (56, 58) que está guiado en una ranura longitudinal que se extiende radialmente (64).
4. Sistema de amortiguación de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la tensión sobre el elemento de unión (56, 58) se alivia cuando el elemento de amortiguación (28) se desplaza hasta el área de la plataforma inferior (22).
5. Sistema de amortiguación de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el elemento de amortiguación (78) tiene superficies de deslizamiento opuestas (80) para guiar a lo largo de dos superficies guía del lado del soporte (84).
6. Sistema de amortiguación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las superficies de contacto (54, 70) se disponen simétricamente con respecto al eje vertical del elemento de amortiguación (28; 78).
7. Pala del rotor (6) de una turbina, que comprende al menos un sistema de amortiguación (26; 74) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Pala del rotor de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende un primer sistema de amortiguación (26; 74) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se dispone aguas arriba de la pala del rotor, y que comprende un segundo sistema de amortiguación (26; 74) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que se dispone aguas abajo de la pala del rotor.
9. Rotor de una turbina, que comprende una pluralidad de palas del rotor (6) dispuestas en filas de palas (2), en donde se dispone un sistema de amortiguación (26; 74) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en cada una de las palas del rotor (6) de al menos una fila de paletas (2).

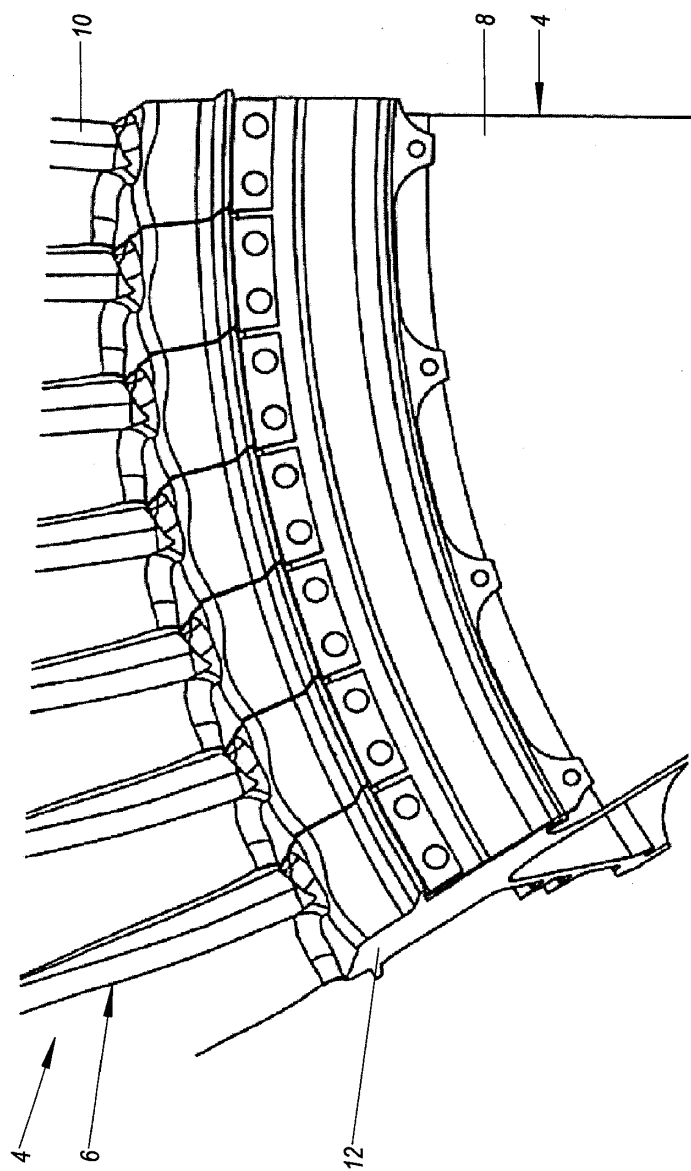
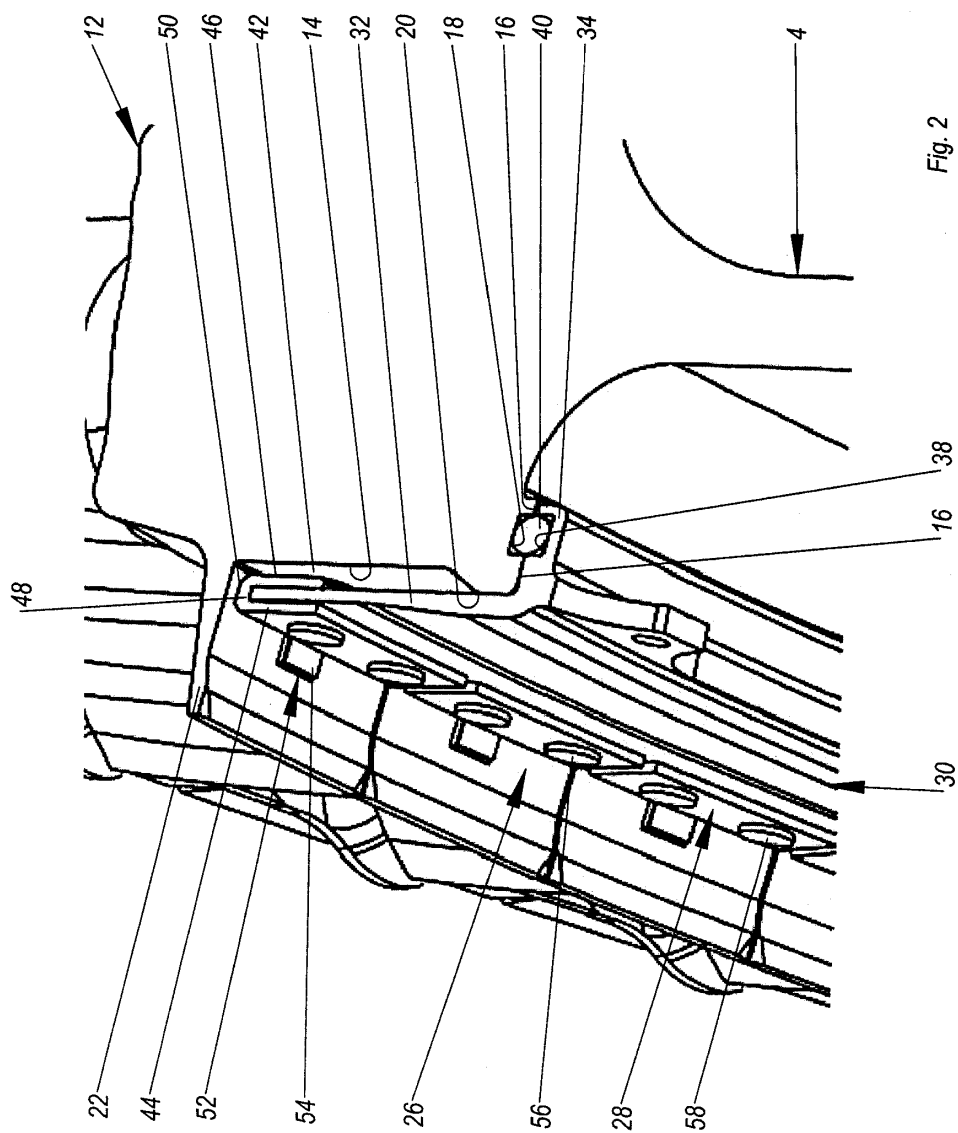


Fig. 1



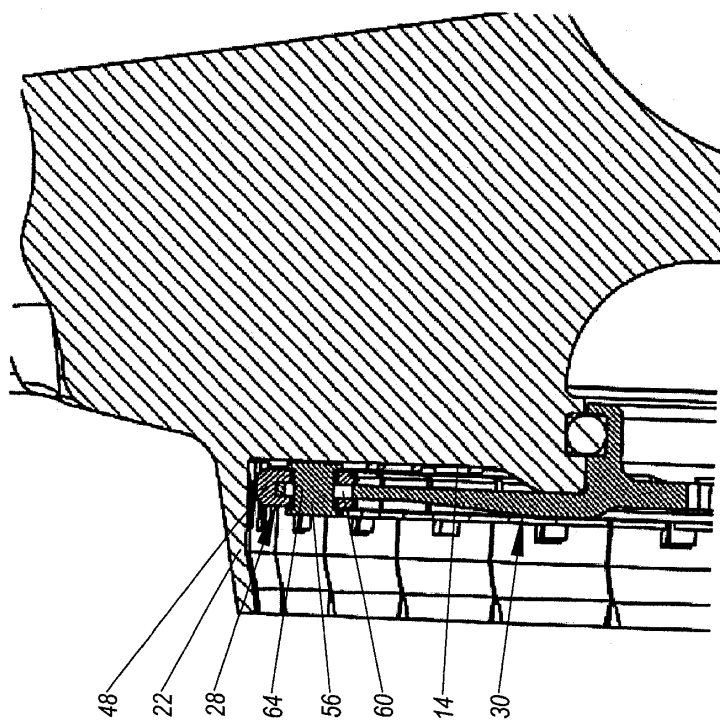


Fig. 3

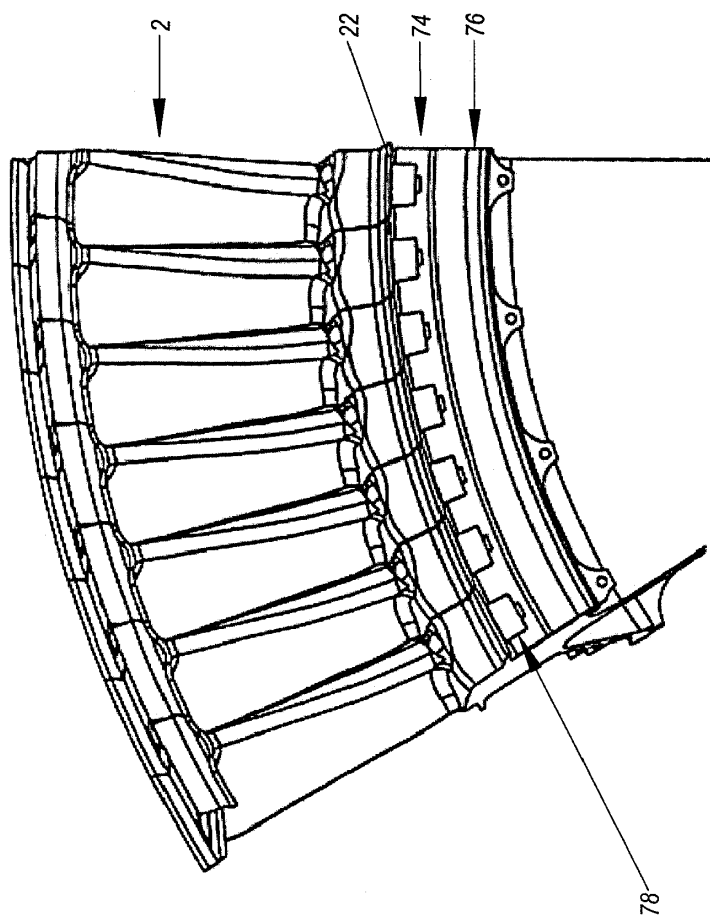


Fig. 4

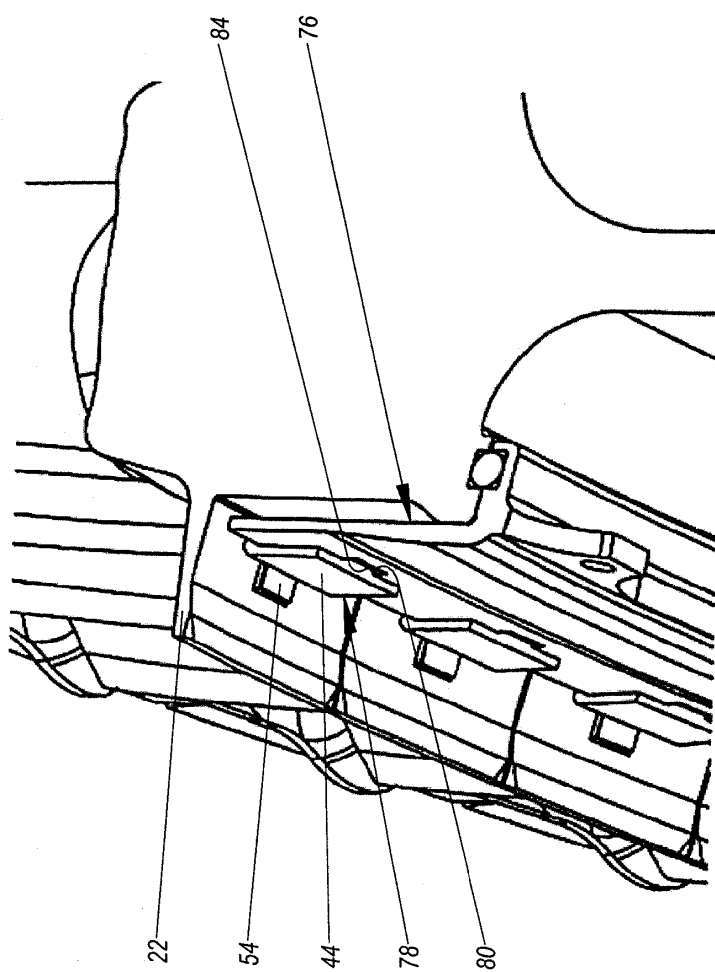


Fig. 5

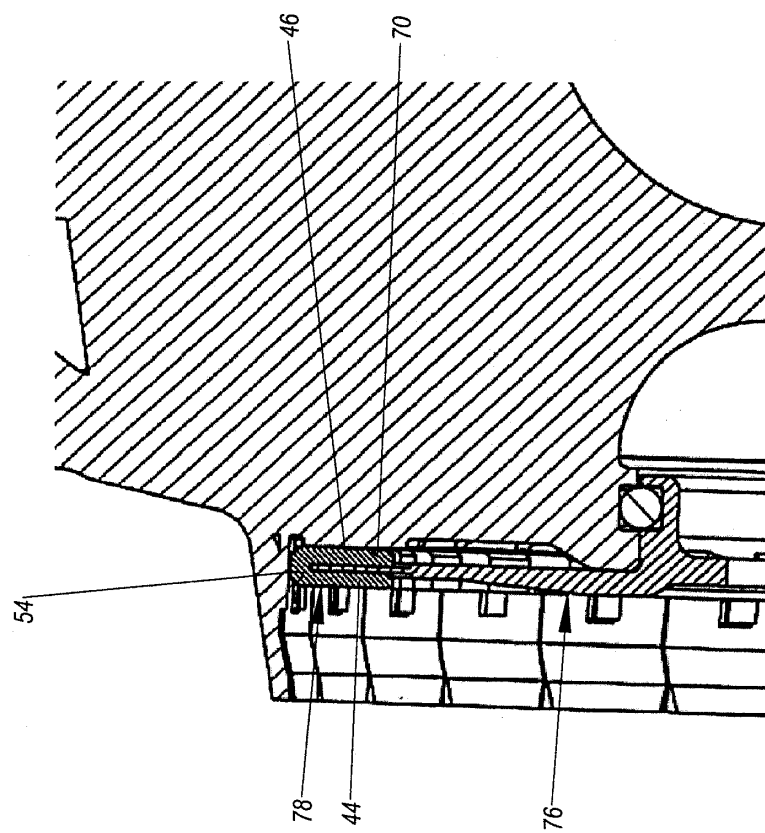


Fig. 6