(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 658 151**

(51) Int. CI.:

F01D 5/30 (2006.01)
F04D 29/32 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2012 E 12179984 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2696034**

(54) Título: **Disposición de álabe para una turbomáquina, así como turbomáquina**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2018

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

BAYER, ERWIN y
HILLER, SVEN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

Disposición de álabe para una turbomáquina, así como turbomáquina

La invención se refiere a una disposición de álabes para una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, como declara el documento GB 763 261 A, y una turbomáquina.

Turbomáquinas modernas como motores de aviación presentan a menudo al menos un disco de rotor integral de palas. La fabricación de este disco de rotor denominado blisk (*bladed disk*) es, sin embargo, compleja debido al modo de construcción integral. Además, una reparación de un disco de rotor de este tipo es compleja, dado que, por ejemplo, la extracción de un álabe dañado y la inserción de un álabe de repuesto es técnicamente compleja debido al modo de construcción integral. Un procedimiento de reparación ejemplar para el cambio de un álabe se presenta en el documento de patente US 7,458,844 B1. En la solicitud de patente DE 10 2008 057 160 A1 se describe, por ejemplo, un procedimiento de reparación para el intercambio de un elemento de disco integral.

Por la solicitud de patente europea EP 2 392 773 A2, se conoce una disposición de álabes en la que un anillo de rotor integral de palas (*bladed ring*) está sujeto mecánicamente entre dos discos de rotor. Para el apoyo radialmente interior del anillo de rotor en dirección radial, el disco de rotor trasero observado en dirección de flujo presenta una variedad de elementos de apoyo axiales integrales o un anillo de apoyo axial integral. El seguro exterior radial del anillo de rotor se efectúa por arrastre de forma entre el anillo de rotor y cabezales de los discos de rotor. Sin embargo, como en el caso del modo de construcción blisk, la extracción de un álabe dañado y la inserción de un álabe de repuesto es algo técnicamente complejo debido al modo de construcción integral del anillo de rotor. Además, los cabezales de disco para la sujeción de los álabes deben formarse en voladizo de tal modo que se produce un aumento de medidas en esta zona.

Es objetivo de la invención crear una disposición de álabes que elimine las desventajas mencionadas, cuya geometría sea fácil de fabricar y que se pueda reparar de manera sencilla. Además, es objetivo de la invención crear una turbomáquina cuyos álabes de al menos una disposición de álabes puedan ser reemplazados con poco esfuerzo.

Este objetivo se resuelve mediante una disposición de álabes con las características de la reivindicación 1 y mediante una turbomáquina con las características de la reivindicación 8.

Una disposición de álabes de acuerdo con la invención para una turbomáquina tiene una variedad de álabes individuales que están dispuestos unos junto a otros en dirección circunferencial y que están sujetos con sus pies de álabe entre dos discos de rotor, atacando en los discos de rotor elementos de sujeción para la sujeción de los pies de álabe.

Dado que los álabes o segmentos de álabe están realizados individualmente y se sujetan de manera desmontable directamente entre los discos de rotor, se puede efectuar un cambio de álabe o una reparación de la disposición de álabes de manera sencilla en comparación con el modo de construcción integral. Dado que las fuerzas de sujeción o de apriete (fuerzas principales) se introducen en los pies de álabe, se obtiene un flujo de fuerza directo en los pies de álabe y los álabes están sujetos de manera fija entre los discos de rotor. Un desgaste de material de los pies de álabe o de los discos de rotor en la zona de sujeción o *fretting* queda descartado debido a la ausencia de movimientos relativos entre los pies de álabe y los discos de rotor. Los discos de rotor no requieren una geometría compleja ni en voladizo para la sujeción de los álabes, de la tal manera que los discos de rotor pueden estar formados de paredes finas en la zona de cabezal. Además, se produce un buen aislamiento térmico entre los álabes y los discos de rotor, de tal manera que la disposición de álabes solo está expuesta a una carga térmica reducida.

De acuerdo con la invención, los elementos de sujeción atacan exteriormente, es decir, en sentido opuesto a los álabes, en los discos de rotor y se pueden apoyar en un elemento de rotor delantero y un elemento de rotor trasero. Los elementos de sujeción están realizados a este respecto como elementos de presión. Los elementos de rotor son, por ejemplo, discos de apoyo que rotan con la disposición de álabes en torno a un eje de rotación común. Mediante el apoyo de los elementos de sujeción en elementos de rotor adyacentes, los discos de rotor y, por tanto, la disposición de álabes, se estabilizan adicionalmente.

De acuerdo con la invención, los pies de álabe tienen en cada caso una sección final cuyo espesor aumenta a ambos lados en dirección axial y los discos de rotor tienen en cada caso una correspondiente escotadura para el alojamiento de las secciones finales. De esta manera, se crea una unión por arrastre de forma entre los pies de álabe y los discos de rotor, por medio de lo cual, por un lado, se define una posición de montaje precisa de los álabes entre los discos de rotor. Por otro lado, mediante la unión por arrastre de forma se trasmiten mejor pares de fuerza que en una zona de sujeción sin contornos, de tal modo que se puede limitar un par de apriete, de presión o de sujeción. Las fuerzas centrífugas se captan por medio de la unión por arrastre de forma bajo los álabes, de tal modo que solo son necesarias fuerzas de sujeción relativamente bajas para la sujeción de los álabes.

Las secciones finales con mayor espesor pueden tener en cada caso superficies de sujeción sinusoidales convexas contrarias entre sí. En este caso, las escotaduras de los discos de rotor tienen en cada caso un contorno interior sinusoidal correspondiente. Mediante el engranaje sinusoidal, se mejora aún más la transmisión de los pares de

fuerza. Además, los contornos sinusoidales se pueden fabricar rápida y sencillamente, por ejemplo, mediante torneado excéntrico. Por supuesto, sin embargo, también son posibles otros contornos exteriores e interiores. Preferentes son, sin embargo, contornos redondeados y, por tanto, contornos sin bordes de cuerpo en punta.

Los elementos de sujeción pueden estar formados integralmente con los discos de rotor y presentar en cada caso un nervio con un cabezal de apoyo en el lado final que tenga una superficie de apoyo para el apoyo en los elementos de rotor. Mediante la formación integral de los elementos de presión con los discos de rotor se reduce el número de elementos de la disposición de álabes. De este modo se puede simplificar más el montaje y acortarse temporalmente. La superficie de apoyo posibilita a este respecto un apoyo de gran superficie en los elementos de rotor.

Alternativamente, los elementos de sujeción pueden ser componentes individuales que presenten en cada caso un nervio con dos cabezales de apoyo en los lados finales y opuestos entre sí que tengan en cada caso una superficie de apoyo para el apoyo en los discos de rotor o los elementos de rotor. Mediante la formación separada de los elementos de sujeción y de los discos de rotor, en cada caso los discos de rotor y en cada caso los elementos de sujeción pueden ser elementos idénticos, por medio de lo cual se reduce la variedad de elementos. Además, la fabricación de los discos de rotor y de los elementos de sujeción se simplifica respecto al modo de construcción integral.

Preferentemente las superficies de apoyo tienen en cada caso una elevación axial y al menos los discos de rotor en cada caso una depresión axial para el alojamiento de las elevaciones. De esta manera, se crea una unión por arrastre de forma entre los elementos de sujeción y los discos de rotor, por medio de lo cual, por un lado, se define una posición de montaje precisa de los elementos de sujeción en los discos de rotor. Por otro lado, por medio de la unión por arrastre de forma se transmiten mejor los pares de fuerza que en el caso de una formación sin contornos de los elementos de sujeción y de los discos de rotor, de tal modo que el par de apriete se puede limitar. Las fuerzas centrífugas se captan por medio de la unión por arrastre de forma bajo los álabes, de tal modo que solo son necesarias fuerzas de sujeción relativamente bajas para la sujeción de los álabes.

Para la mejora adicional de la transmisión de pares de fuerza, las elevaciones pueden presentar en cada caso un contorno exterior sinusoidal y las depresiones axiales en cada caso un contorno interior sinusoidal. La aplicación de las depresiones sinusoidales puede efectuarse mediante torneado. Sin embargo, son posibles por supuesto otros contornos exteriores e interiores. Preferentes son, sin embargo, contornos redondeados y, por tanto, contornos sin bordes de cuerpo en punta.

La sujeción de los álabes se mejora adicionalmente de acuerdo con la invención disponiendo las secciones finales y los elementos de sujeción sobre un mismo radio. De esta manera, las secciones finales y los elementos de sujeción están dispuestos de manera alineada entre sí, de tal modo que en la zona de sujeción no pueden aparecer momentos flectores.

Para el aislamiento térmico adicional, puede estar dispuesto entre el pie de álabe y los discos de rotor un elemento de protección térmica. El elemento de protección térmica se compone, por ejemplo, de un material cerámico y provoca, además, una compensación de imprecisiones de componentes.

Una turbomáquina preferente tiene al menos una disposición de álabes de acuerdo con la invención que está sujeta entre dos elementos de rotor. Dado que los álabes o segmentos de álabe están sujetos entre los discos de rotor, en el caso de un daño pueden ser intercambiados de manera sencilla desde un punto de vista técnico.

Otros ejemplos de realización ventajosos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

A continuación, se explica con más detalle un ejemplo de realización preferente de la invención con ayuda de una representación esquemática muy simplificada. La única figura 1 muestra un corte axial a través de una zona de disco de una disposición de álabes de acuerdo con la invención.

En la figura 1, se muestra un fragmento de una disposición de álabes 1 de acuerdo con la invención para una turbomáquina. La disposición de álabes 1 puede ser dispuesta, por ejemplo, por el lado del compresor en un motor de aviación y, a este respecto, rotar en torno a un eje de rotación 2 que se extiende en dirección axial x. Tiene una variedad de álabes individuales 4 dispuestos unos juntos a otros en dirección circunferencial y que en cada caso están sujetos de manera desmontable o apretados de manera desmontable con su pie de álabe 6 entre un disco rotor delantero 8, observado en dirección axial x de la disposición de álabes 1, y un disco de rotor trasero 10 por medio de un elemento de sujeción delantero 12 y un elemento de sujeción trasero 14. La disposición de álabes 1 es, por tanto, un rotor de sujeción.

Los álabes 4 tienen en cada caso junto a un pie de álabe 6 una hoja de pala 16, así como un anillo de refuerzo interior 18 dispuesto entre el pie de álabe 6 y la hoja de pala 16. El anillo de refuerzo interior 18 está provisto, observado en dirección axial x, de un labio de estanqueidad lateral 20, así como de una ranura de estanqueidad lateral 22 opuesta. El labio de estanqueidad 20 penetra en cada caso en una ranura de estanqueidad de un álabe adyacente e impide, entre otras cosas, una entrada de gas de combustión a través de un intersticio lateral entre los álabes adyacentes (no mostrado). Alternativamente, el labio de estanqueidad 20 está configurado separadamente

del anillo de refuerzo interior 18 y, por tanto, es una tira de elemento de estanqueidad que debe instalarse posteriormente. Tiras de elementos de estanqueidad preferentes se componen de un material textil o de un material metálico.

El pie de álabe 6 tiene un vástago 24 que se extiende desde el anillo de refuerzo interior 18 radialmente hacia dentro con una sección final 26 aumentada respecto al vástago 24. El vástago 24 tiene una configuración de paralelepípedo rectangular con dos superficies de sujeción (no visibles) paralelas y opuestas entre sí para el apoyo en los discos de rotor 8, 10, así como dos superficies laterales paralelas y opuestas entre sí de las cuales la superficie lateral visible en la figura 1 está provista de la referencia 28. Las superficies de sujeción y las superficies laterales 28 están configuradas en cada caso de manera plana o sin contornos.

La sección final 26 está configurada con mayor espesor observada en dirección axial x a ambos lados del vástago 24 y tiene una sección transversal aproximadamente ovalada. Tiene dos superficies de sujeción 30, 32 convexas opuestas entre sí que, observadas en dirección radial, están configuradas sinusoidalmente. Con ello, la sección final 26 tiene dos contornos exteriores sinusoidales opuestos entre sí. Además, la sección final 26 están ampliada en dirección transversal y respecto al vástago 24 de tal manera que sobresale lateralmente sobre las superficies laterales 28.

Los discos de rotor 8, 10 son dos discos idénticos con sección transversal con forma circular. Tienen en cada caso una superficie de sujeción 34 orientada a los pies de álabe 6 y que se encuentra en contacto con ellos y, en cada caso, una superficie de ataque 36 opuesta a esta y orientada a los elementos de sujeción 10, 12. En su centro, los discos de rotor 8, 10 tienen en cada caso un buje no mostrado para el posicionamiento sobre un eje de rotor (no mostrado) que rota en torno al eje de rotación 2. Para el alojamiento de las secciones finales 26 de los álabes 4, en las superficies de sujeción 34 está aplicada en cada caso una escotadura anular axial 38, 40 correspondientemente configurada con un contorno sinusoidal. Por ejemplo, las escotaduras anulares 38, 40 se practican mediante torneado excéntrico. En el estado montado de los discos de rotor 8, 10, las escotaduras anulares 38, 40 están dispuestas opuestamente.

Además, los discos de rotor 8, 10 tienen en cada caso en las superficies de ataque 36 una depresión anular 42, 44 axial opuesta a su respectiva escotadura anular 38, 40. Las depresiones anulares 42, 44 sirven para el alojamiento de elevaciones axiales 46 de los elementos de sujeción 12, 14 y están provistas de un contorno interior sinusoidal. Están formadas con menor tamaño que las escotaduras anulares 38, 40. Por ejemplo, las depresiones anulares 42, 44 se practican mediante torneado excéntrico.

Para evitar momentos flectores en la zona de sujeción de la disposición de álabes 1, las escotaduras anulares 38, 40 y las depresiones anulares 42, 44, observadas desde el eje de rotación 2, se encuentran sobre el mismo radio r. De esta manera, la sección final 26, así como los elementos de sujeción 12, 14 están dispuestos de manera alineada entre sí.

Los elementos de sujeción 12, 14 están dispuestos en dirección axial x delante y detrás de los álabes 4 y están distribuidos de manera uniforme en dirección circunferencial de la disposición de álabes 1. Como se muestra en la única figura 1, un álabe 4, por ejemplo, está sujeto por dos elementos de sujeción 12, 14 entre los discos de rotor 8, 10. De esta manera, esta disposición de álabes 1 presenta el doble de elementos de sujeción 12, 14 que de álabes 4. Los elementos de sujeción 12, 14 son en el ejemplo de realización mostrado elementos de presión que se apoyan en un elemento de rotor delantero (no mostrado) o en un elemento de rotor trasero (no mostrado) y comprimen los discos de rotor 8, 10 en dirección axial x. Los elementos de rotor son particularmente discos de apoyo que rotan con los discos de rotor 8, 10 en torno al eje de rotación 2 y de los cuales uno está dispuesto delante de la disposición de álabes 1 y uno detrás de la disposición de álabes 1. Los elementos de rotor están dispuestos preferentemente en frente de una fila de álabes y están provistos en el lado del cabezal de anillos de refuerzo y/o revestimientos de entrada para sellar un intersticio radial entre las puntas de álabe y los anillos de refuerzo.

Alternativamente, los elementos de sujeción 12, 14 son elementos de contracción que contraen los discos de rotor 8, 10 en dirección axial x. En caso de formar los elementos de sujeción 12, 14 como elementos de contracción, se puede prescindir de elementos de rotor para el apoyo de los elementos de sujeción 12, 14.

Los elementos de sujeción 12, 14 delanteros y traseros están configurados de manera idéntica. Tienen una extensión alargada con una extensión constante mayor en dirección transversal y (anchura) que en dirección radial z (altura). Para no impedir un apoyo lateral de los álabes 4 o una penetración de los labios de estanqueidad 20 en las ranuras de estanqueidad 22 por medio de los elementos de sujeción 12, 14, tienen una anchura menor que los anillos de refuerzo interiores 18. Los elementos de sujeción 12, 14 están configurados simétricamente respecto a su eje longitudinal y respecto a su eje transversal y, por tanto, se pueden intercambiar sin problema durante el montaje.

En aras de una mayor claridad, a continuación, solo el elemento de sujeción 14 derecho en la figura y, por tanto, trasero, está provisto de referencias. Particularmente, los elementos de sujeción 12, 14 tienen en cada caso un nervio alargado 48 y dos cabezales de apoyo 50, 52 opuestos entre sí en los lados finales. En el ejemplo de realización mostrado, en el que los elementos de sujeción 12, 14 están configurados físicamente separados de los discos de rotor 8, 10, el un cabezal de apoyo 50 es en cada caso un cabezal de soporte con el que los elementos de

sujeción 12, 14 se apoyan en el correspondiente elemento de rotor. El otro cabezal de apoyo 52 es en este ejemplo de realización en cada caso un cabezal de presión con el que los elementos de sujeción 12, 14 atacan en el correspondiente disco de rotor 8, 10. Sin embargo, si los elementos de sujeción 12, 14 están integrados con sus cabezales de presión 52 en los discos de rotor 8, 10, los elementos de sujeción 12, 14 tienen solo en cada caso un cabezal de soporte 50 para el apoyo en los elementos de rotor.

Las cabezales de apoyo 50, 52 tienen mayor espesor respecto al nervio 48 en dirección radial z. Tienen en cada caso una superficie de apoyo 54, 56 o superficie de soporte 54 y superficie de presión 56 orientada a los elementos de rotor, así como a los discos de rotor 8, 10. Además, los cabezales de apoyo 50, 52 presentan en cada caso una elevación axial 46, 58. Las elevaciones 46, 58 son en cada caso un abombamiento tipo puente de la superficie de soporte 54 o de la superficie de presión 56 con un contorno exterior sinusoidal. Las elevaciones 46, 58 se extienden en dirección transversal y, y están dispuestas en dirección radial z en el centro de la superficie de soporte 54 y de la superficie de presión 56.

En el estado montado, los álabes 4 están dispuestos con sus pies de álabe 6 entre los discos de rotor 8, 10, estando dispuestas sus secciones finales 26 en las escotaduras anulares 38, 40 unidas por arrastre de forma. De esta manera, los álabes 4 están engranados con los discos de rotor 8, 10 mediante contornos de ajuste sinusoidales. Asimismo, las superficies de sujeción 34 de los discos de rotor 8, 10 se encuentran en contacto con las superficies de apriete del vástago 24. Los elementos de sujeción 12, 14 están orientados en dirección axial x paralelamente al eje de rotación 2 y se apoyan con sus cabezales de soporte 50 en los elementos de rotor. De manera preferente, un álabe 4 es sujetado por dos elementos de sujeción 12, 14. A este respecto, penetran con sus elevaciones 58 por arrastre de forma en una ranura anular correspondiente en cada caso de los elementos de rotor y están engranadas así con los elementos de rotor también por medio de un contorno de ajuste sinusoidal. Presionan con sus cabezales de presión 50 contra los discos de rotor 8, 10 y penetran con sus elevaciones 46 en las depresiones anulares 40, 42. De esta manera, también los elementos de sujeción 12, 14 están engranados con los discos de rotor 8, 10 en cada caso por medio de un contorno de ajuste sinusoidal, de tal manera que, en combinación de todos los engranajes por arrastre de forma (elementos de sujeción 12, 14 en cada caso con elemento de rotor y disco de rotor 8, 10, álabe 4 con discos de rotor 8, 10), las fuerzas centrífugas son captadas prácticamente bajo los álabes 4 y solo son necesarias fuerzas de sujeción relativamente bajas para la sujeción de los álabes 4. Las superficies de soporte 54 y las superficies de presión 56 se apoyan planas en los elementos de rotor o en las superficies de ataque 36 de los discos de rotor 8, 10. Los elementos de sujeción 12, 14 y las secciones finales 26 están orientadas, por tanto, de manera alienada entre sí (véase línea auxiliar discontinua 60), de tal modo que las fuerzas de sujeción en cada caso se introducen directamente en la correspondiente sección final 26 y se evitan esfuerzos de flexión en la zona de sujeción. Los álabes 4 están sujetos de manera fija desmontable entre los discos de rotor 8, 10, quedando excluidos movimientos relativos entre sus pies de álabe y los discos de rotor 8, 10.

Para elevar la resistencia de paso térmica entre los pies de álabe 6 y los discos de rotor 8, 10, se puede introducir en la zona de los pies de álabe o zona de sujeción un material de alta temperatura o elemento de protección térmica. El material de alta temperatura es, por ejemplo, cerámico y evita o reduce una transferencia de calor de los álabes 4 a los discos de rotor 8, 10, de tal modo que los discos de rotor 8, 10 prácticamente están térmicamente aislados y su temperatura se reduce. De esta manera, los discos de rotor 8, 10 pueden configurarse relativamente finos. Además, el material de alta temperatura posibilita una compensación de imprecisiones geométricas de componentes.

En lugar de las depresiones anulares 42, 44 o las ranuras anulares, los discos de rotor 8, 10 y elementos de rotor pueden tener también una variedad de bolsillos dispuestos respecto a un anillo en los que penetren individualmente los elementos de sujeción 12 ,14 con sus cabezales de apoyo 50, 52. Por ejemplo, se podría prescindir en este caso de las elevaciones 46, 58, dado que ya está formada por medio de los bolsillos una unión por arrastre de forma entre los elementos de sujeción 12, 14 y los discos de rotor 8, 10 o los elementos de rotor.

Por supuesto, son posibles también particularmente otros contorneados redondeados que contorneados sinusoidales de las elevaciones 46, 58, de las escotaduras anulares 38, 40 y de las depresiones anulares 42, 44.

Lo que se ha desvelado es una disposición de álabes para una turbomáquina, con una variedad de álabes individuales que están dispuestos unos junto a otros en dirección circunferencial y que están sujetos con sus pies de álabe entre dos discos de rotor, atacando en los discos de rotor elementos de sujeción para la sujeción de los pies de álabe, así como una turbomáquina.

Lista de referencias

1	Disposición de álabe
2	Eje de rotación
4	Álabe
6	Pie de álabe
8	Disco de rotor delantero

10	Disco de rotor trasero
12	Elemento de sujeción delantero
14	Elemento de sujeción trasero
16	Hoja de pala
18	Anillo de refuerzo interior
20	Labio de estanqueidad
22	Ranura de estanqueidad
24	Vástago
26	Sección final
28	Superficie lateral
30	Superficie de sujeción delantera
32	Superficie de sujeción trasera
34	Superficie de sujeción
36	Superficie de ataque
38	Escotadura anular
40	Escotadura anular
42	Depresión anular
44	Depresión anular
46	Elevación axial
48	Nervio
50	Cabezal de soporte (cabezal de apoyo)
52	Cabezal de presión (cabezal de apoyo)
54	Superficie de soporte (superficie de apoyo)
56	Superficie de presión (superficie de apoyo)
58	Elevación axial
60	Línea auxiliar
r	Radio
x	Dirección axial
y	Dirección transversal
z	Dirección radial

REIVINDICACIONES

1. Disposición de álabe (1) para una turbomáquina, con una variedad de álabes (4) individuales, dos discos de rotor (8, 10) y elementos de sujeción (12, 14), estando dispuestos los álabes unos junto a otros en dirección circunferencial y estando sujetos con sus pies de álabe (6) entre los dos discos de rotor (8, 10), atacando en los discos de rotor (8, 10) los elementos de sujeción (12, 14) para la sujeción de los pies de álabe (6), atacando los elementos de sujeción (12, 14) fuera en los discos de rotor (8, 10) y pudiéndose apoyar en un elemento de rotor delantero y un elemento de rotor trasero, y poseyendo los pies de álabe (6) en cada caso una sección final (26) con espesor aumentado a ambos lados en dirección axial y estando provistos los discos de rotor (8, 10) en cada caso de una escotadura correspondiente (38, 40) para el alojamiento por secciones de la sección final (26), caracterizada por que las secciones finales (26) y los elementos de sujeción (12, 14) están dispuestos sobre un mismo radio (r).

2. Disposición de álabe de acuerdo con la reivindicación 1, teniendo la sección final (26) dos superficies de sujeción sinusoidales (30, 32) opuestas y teniendo las escotaduras (38, 40) en cada caso un contorno interior sinusoidal.

3. Disposición de álabe de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, estando formados los elementos de sujeción (12, 14) integralmente con los discos de rotor (8, 10) y presentando en cada caso un nervio (48) con un cabezal de apoyo (50) que tiene en cada caso una superficie de apoyo (56) para el apoyo en los elementos de rotor.

4. Disposición de álabe de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, siendo los elementos de sujeción (12, 14) componentes individuales que presentan en cada caso un nervio (48) con dos cabezales de apoyo (50, 52) en los lados finales y opuestos entre sí, que tienen en cada caso una superficie de apoyo (54, 56) para el apoyo en los discos de rotor (8, 10) o elementos de rotor.

5. Disposición de álabe de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, presentando las superficies de apoyo (54, 56) en cada caso una elevación axial (46, 58) y estando provistos al menos los discos de rotor (8, 10) en cada caso de una depresión axial correspondiente (42, 44) para el alojamiento de las elevaciones (46, 58).

6. Disposición de álabe de acuerdo con la reivindicación 5, presentando las elevaciones (46, 58) en cada caso un contorno exterior sinusoidal y teniendo las depresiones axiales (42, 44) en cada caso un contorno interior sinusoidal.

7. Disposición de álabe de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando dispuesto entre el pie de álabe (6) y los discos de rotor (8, 10) un elemento de protección térmica.

8. Turbomáquina con al menos una disposición de álabes (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que está sujeta entre dos elementos de rotor.

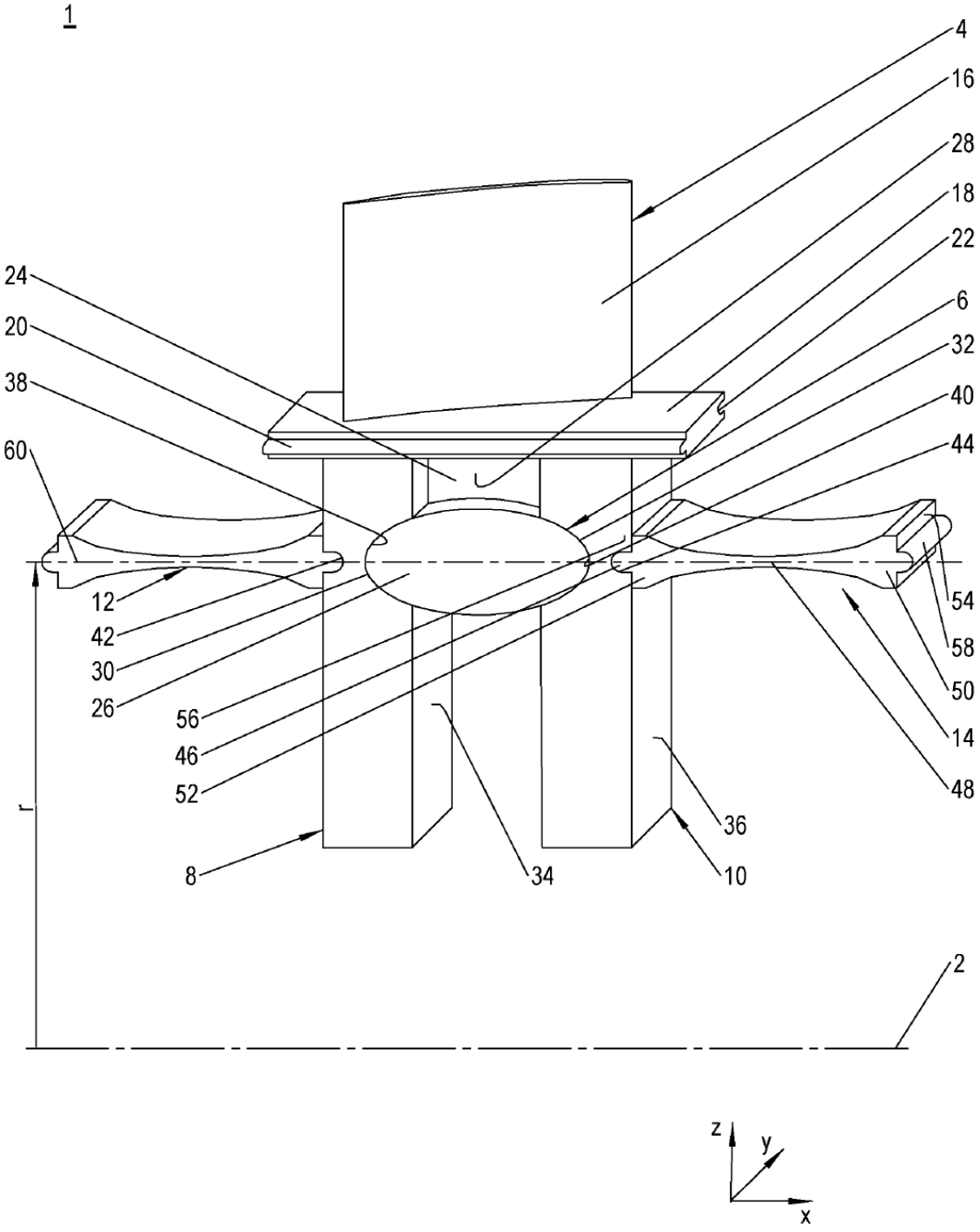
1
4
16
28
18
22
24
20
38
6
32
40
60
44
12
42
30
26
56
46
52
54
58
50
14
48
36
8
34
10
r
2
z
y
x

Fig. 1