

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 817**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/16** (2006.01)

**F01D 5/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09776055 .7**

96 Fecha de presentación: **01.08.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2310634**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.04.2011**

54 Título: **Sistema de álabe de rodete para una serie de álabes de rodete de una turbina**

30 Prioridad:  
**16.08.2008 DE 102008038038**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.05.2012**

73 Titular/es:  
**MTU Aero Engines GmbH  
Dachauer Strasse 665  
80995 München, DE**

72 Inventor/es:  
**BÖCK, Alexander**

74 Agente/Representante:  
**Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 381 817 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 álabe de rodete para una serie de álabes de rodete de una turbina.

- 5 La invención se refiere a un sistema de álabe de rodete del tipo mencionado en el preámbulo de la reivindicación 1 para una serie de álabes de rodete de una turbina. La invención se refiere además a una turbina del tipo indicado en el preámbulo de la reivindicación 7, así como a un procedimiento para el montaje de una serie de álabes de rodete para una turbina.
- 10 Un sistema de álabe de rodete para una serie de álabes de rodete de una turbina se conoce ya del documento EP 1 447 525 A1. El sistema de álabe de rodete comprende en este caso dos o más segmentos de álabes de rodete, de los cuales cada segmento de álabe de rodete presenta al menos dos álabes de rodete, que están dispuestos respecto a un eje de giro de la serie de álabes de rodete al menos de modo predominantemente radial entre una cinta de cobertura radial interior y una cinta de cobertura radial exterior, y están acoplados con las cintas de
- 15 coberturas. Al menos las cintas de cobertura radiales exteriores de los segmentos de álabes de rodete comprende superficies de contacto que se corresponden entre sí, a través de las cuales los segmentos de álabes de rodete están en contacto entre sí. Con ayuda de los segmentos de álabes de rodete (los denominados "cluster") se puede reducir, en comparación con los sistemas de álabe de rodete compuestos por álabes de rodete individuales, el número de juntas y de ranuras del sistema de álabe de rodete de un modo considerable. Además, se ofrecen
- 20 menos superficies de ataque para los gases guiados por medio de la turbina asignada, gracias a lo cual se puede incrementar la durabilidad de este tipo de sistemas de álabe de rodete, o bien series de álabe de rodete. Los segmentos de álabes de rodete conforman además, en el estado montado, unidades estables comparativamente desde el punto de vista mecánica, reduciéndose los movimientos relativos durante el funcionamiento, y el desgaste que va unido con ellos, de modo ventajoso.
- 25 No obstante, se ha de considerar desventajoso en los sistemas de álabe de rodete conocidos el hecho de que los segmentos de álabes de rodete, a diferencia de los sistemas de álabe de rodete formados por álabes de rodete individuales, ya no se pueden arriostar entre sí por medio de torsión de los álabes de rodete de una serie de álabes de rodete. Debido a ello, los segmentos de álabes de rodete están desacoplados mecánicamente entre sí, y sólo se
- 30 pueden controlar con dificultades desde el punto de vista de la mecánica de oscilaciones.
- Del estado de la técnica se conoce igualmente el hecho de hacer bascular álabes de rodete de turbinas individuales respecto a la dirección radial, para, bajo la influencia de la fuerza centrífuga por medio de la deformación del álabe optimizar las relaciones de rozamiento y de amortiguación en la región de los segmentos de la cinta de cobertura
- 35 que están en contacto entre sí. En este caso, los álabes de rodete contiguos pueden estar basculados en el mismo sentido o en sentido opuesto. Véase para ello los documentos WO2005/026501 A1 y GB 2 215 407 A.
- El objetivo de la presente invención, así pues, es crear un sistema de álabe de rodete del tipo mencionado al comienzo, que presente características mejoradas desde el punto de vista de mecánica de oscilación.
- 40 El objetivo se consigue según la invención por medio de un sistema de álabe de rodete con las características de la reivindicación 1, una turbina con las características de la reivindicación 7, así como por medio de un procedimiento según la reivindicación 9. Las configuraciones ventajosas con variantes adecuadas de la invención están indicadas en las reivindicaciones subordinadas, habiéndose de ver las configuraciones ventajosas del sistema de álabe de rodete, o bien de la turbina – en tanto que se puedan aplicar – como configuraciones ventajosas del procedimiento, y
- 45 viceversa.
- Un sistema de álabe de rodete conforme a la invención para una serie de álabes de rodete de una turbina que presenta características optimizadas desde el punto de vista de la mecánica de oscilación se consigue gracias al
- 50 hecho de que estén dispuestos ejes de equilibrio radiales de álabes de rodete contiguos de los al menos dos segmentos de álabes de rodete hechos bascular respectivamente de modo axial en un ángulo respecto a su inclinación básica correspondiente, presentando los ángulos signos opuestos respecto a la inclinación básica. Dicho de otro modo, está previsto que los álabes de rodete contiguos de los al menos dos segmentos de álabes de rodete, partiendo de su inclinación básica correspondiente, estén dispuestos de manera basculada a modo de tijeras. La
- 55 inclinación básica, que también se denomina "lean", sirve habitualmente para equilibrar en su mayor parte las fuerzas de gases que salen durante el funcionamiento de la turbina asignada, que generan momentos de flexión correspondientes en los álabes de rodete, al menos en regiones de funcionamiento determinadas de la turbina. La inclinación básica con la que están dispuestos basculados los ejes de equilibrio de los álabes de rodete tiene un valor en este caso, dependiendo de la configuración de la turbina, habitualmente entre 0° y 2°. En este caso, el eje
- 60 de equilibrio, dependiendo de las geometrías de los álabes de rodete puede discurrir coaxialmente o bien paralelo al eje respecto al eje de enfilear de los perfiles de los álabes de rodete. Con ayuda de la disposición conforme a la invención de los álabes de rodete contiguos se consigue así pues un desplazamiento del centro de gravedad, en particular en la región de las superficies de contacto de las cintas de cobertura exteriores radiales. Por medio de las fuerzas centrífugas que se originan durante el funcionamiento de la turbina asignada, se pueden generar con ello, de
- 65 un modo sencillo desde el punto de vista constructivo, fuerzas de compresión dependientes del número de revoluciones por unidad de tiempo entre los al menos dos segmentos de álabes de rodete, que llevan a un

acoplamiento mecánico mejorado de los segmentos de álabes de rodete y a una mejora correspondiente de las características desde el punto de vista de la mecánica de oscilación.

- Para que los ángulos con los que están dispuestos basculados los ejes de equilibrio radiales respecto a sus inclinaciones básicas correspondientes, sean iguales en su valor, se generan durante el funcionamiento del sistema de álabe de rodete fuerzas de compresión correspondientemente iguales en valor, opuestas entre sí, en las superficies de contacto de los segmentos de álabes de rodete. Con ello se puede evitar que se originen momentos de flexión no deseados entre los segmentos de álabes de rodete de un modo fiable.
- 10 Otras ventajas se originan haciendo que los álabes de rodete de al menos un segmento de álabe de rodete estén conformados con la cinta de cobertura interior y/o con la cinta de cobertura exterior. Gracias a ello se consigue una reducción considerable de costes de fabricación como consecuencia del número reducido de los componentes que se han de montar.
- 15 En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que los álabes de rodete estén fundidos en la cinta de cobertura interior y/o en la cinta de cobertura exterior. Esto hace posible, de modo barato, una unión estable mecánicamente y segura en su funcionamiento de los álabes de rodete con la cinta de cobertura correspondiente.

- Otras ventajas resultan cuando las superficies de contacto están conformadas como enganche mecánico. Gracias a ello, las fuerzas de compresión que se pueden conseguir con ayuda del sistema de álabe de rodete conformes a la invención se pueden distribuir de modo plano, de manera que, a diferencia del estado de la técnica, no se producen deformaciones elásticas, sino que las fuerzas que se originan se pueden depositar en la región de las superficies de contacto como fuerzas de apriete. Gracias a ello se consigue un acoplamiento especialmente estable desde el punto de vista mecánica de los dos segmentos de álabes de rodete, de manera que el sistema de álabe de rodete no es crítico desde el punto de vista de la mecánica de oscilación.
- 20
- 25

- En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que un valor del ángulo tenga un valor entre  $0,1^\circ$  y  $10^\circ$ , en particular entre  $0,1^\circ$  y  $5^\circ$ , y preferentemente entre  $0,1^\circ$  y  $2^\circ$ . Esto permite, por un lado, una capacidad de adaptación ventajosa a álabes de rodete y turbinas conformadas de diferentes maneras, y hace posible además un desplazamiento preciso del centro de gravedad con fuerzas centrífugas que se pueden adaptar de modo adecuado correspondientemente durante el funcionamiento.
- 30

- Otro aspecto de la invención se refiere a una turbina, en particular a una turbina de gas térmica, con una serie de álabes de rodete, que comprende un sistema de álabe de rodete formado por al menos dos segmentos de álabes de rodete, de los cuales cada segmento de álabe de rodete presenta al menos dos álabes de rodete, que están dispuestos respecto a un eje de giro de la serie de álabes de rodete al menos de modo fundamentalmente radial entre una cinta de cobertura radial interior y una cinta de cobertura radial exterior, y están acoplados con las cintas de cobertura, comprendiendo al menos las cintas de cobertura radiales exteriores de los dos segmentos de álabes de rodete regiones de aplicación que se corresponden entre sí, a través de las cuales están acoplados entre sí los segmentos de álabes de rodete. Para conseguir características mejoradas desde el punto de vista de la mecánica de oscilación, en este caso, está previsto según la invención que los ejes de equilibrio radiales de los álabes de rodete contiguos de los al menos dos segmentos de álabes de rodete estén hechos bascular respectivamente de modo axial alrededor de un ángulo respecto a su inclinación básica correspondiente, presentando los ángulos signos opuestos en relación a la inclinación básica. De este modo se consigue un desplazamiento adecuado del centro de gravedad de los álabes de rodete, de manera que durante el funcionamiento de la serie de álabes de rodete o bien de la turbina se origine una fuerza de enderezamiento sobre los álabes de rodete contiguos, que lleve a un acoplamiento no crítico de mecánica de oscilación estable mecánicamente de las regiones de unión, y con ello de los al menos dos segmentos de álabes de rodete.
- 35
- 40
- 45

- Resultan otras ventajas cuando el sistema de álabe de rodete de la serie de álabes de rodete está conformado según uno de los ejemplos de realización anteriores. Las ventajas que se desprenden de aquí se han de extraer de la descripción correspondiente de las ventajas.
- 50

- En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que la serie de álabes de rodete esté dispuesta en una región de la turbina, en particular en una región de la turbina de baja presión de la turbina. Gracias a ello es posible proveer a la turbina de menos series de álabes de rodete, gracias a lo cual se dan ahorros de peso y de costes considerables. Como consecuencia del acoplamiento de los álabes de rodete con las cintas de cobertura, por un lado, y del acoplamiento de los al menos dos segmentos de álabes de rodete entre sí, por otro lado, se reducen en la serie de álabes de rodete el número de las juntas y de las ranuras, gracias a lo cual se reducen las posibles pérdidas de corriente de modo correspondiente. Además, se ofrece a los gases calientes agresivos que se originan en la región de la turbina menos superficies de ataque, gracias a lo cual se incrementa en su conjunto la durabilidad de la serie de álabes de rodete y de la turbina.
- 55
- 60

- Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para el montaje de una serie de álabes de rodete para una turbina, en particular para una turbina de gas térmica, en la que se proporcionan al menos dos segmentos de álabes de rodete de un sistema de álabe de rodete según uno de los ejemplos de realización previos, y los álabes de rodete correspondientes de los al menos dos segmentos de álabes de rodete, que están hechos bascular
- 65

respectivamente de modo axial con un ángulo ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) respecto a su inclinación básica correspondientes, se disponen de modo contiguo entre sí, presentando los ángulos signos opuestos en relación a la inclinación base de los álabes de rodete. Esto permite un montaje de la serie de álabes de rodete estable mecánicamente y no crítico desde el punto de la mecánica de oscilaciones, gracias a lo cual se da una reducción considerable de los costes de fabricación, con una durabilidad incrementada al mismo tiempo. Otra ventaja viene dada por el hecho de que las fuerzas de apriete de arriostamiento entre los segmentos de álabes de rodete aparecen por primera vez, dependiendo del número de revoluciones por unidad de tiempo, durante el funcionamiento de la turbina, de manera que los segmentos de álabes de rodete son fáciles de montar o de desmontar en el lugar.

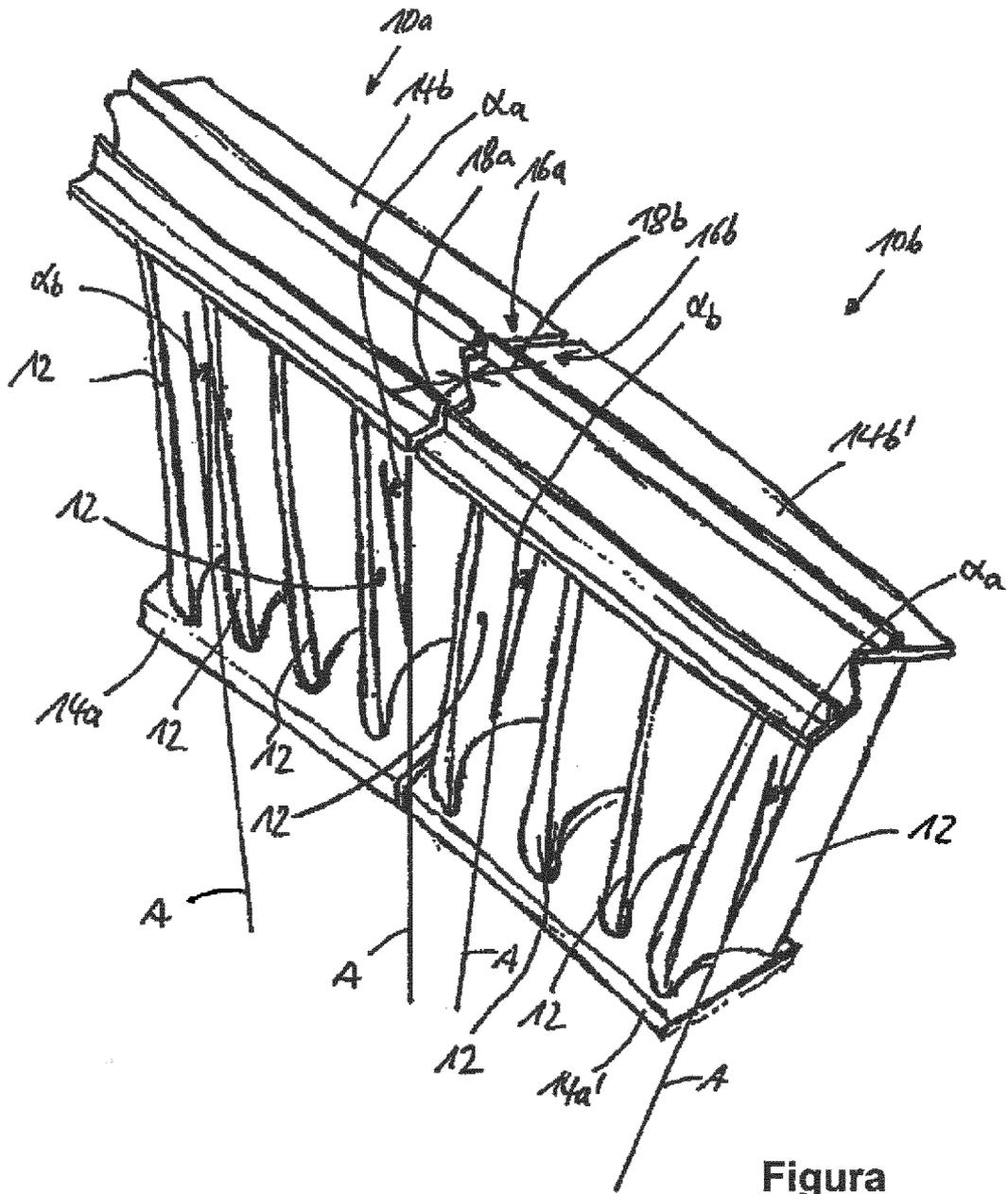
- 5
- 10 Se dan otras ventajas cuando las regiones de unión de los segmentos de álabes de rodete están acopladas entre sí libres de deformación. A diferencia del estado de la técnica, en el que como consecuencia de la torsión de los perfiles de los álabes frente a las cintas de cobertura se ha de generar la fuerza de apriete en las regiones de unión por medio de deformación elástica, y también actúa en el lugar, con ayuda del procedimiento conforme a la invención y del desplazamiento del centro de gravedad de los álabes de rodete durante el funcionamiento se puede conseguir una pretensión, y con ello un acoplamiento no crítico desde el punto de vista de la mecánica de oscilación de los al menos dos segmentos de álabes de rodete, también sin deformación.

- Otras ventajas, características y particularidades de la invención resultan a partir de la siguiente descripción de un ejemplo de realización, así como a partir del dibujo. En este caso, la única figura muestra una vista esquemática en perspectiva de dos segmentos de álabes de rodete acoplados entre sí de un sistema de álabe de rodete para una serie de álabe de rodete para la disposición en una región de una turbina de baja presión de una turbina de gas térmica.
- 20

- La única figura muestra una vista en perspectiva de dos segmentos de álabes de rodete 10a, 10b acoplados entre sí de un sistema de álabe de rodete conformado a partir de un gran número de segmentos de álabes de rodete 10 para una serie de álabes de rodete, que sirve para la disposición en una región de la turbina de baja presión de una turbina de gas térmica (no representada). Cada segmento de álabe de rodete 10a, 10b comprende en el presente ejemplo de realización, respectivamente, cuatro álabes de rodete 12 (airfoils), que están dispuestos en relación a un eje de giro de la serie de álabes de rodete montada en la turbina fundamentalmente de modo radial entre una cinta de cobertura 14a, 14a' radial interior y una cinta de cobertura 14b, 14b' radial exterior, y están acoplados con las cintas de cobertura 14a, 14b, o bien 14a', 14b'. Las cintas de cobertura 14b, 14b' radiales exteriores de los dos segmentos de álabes de rodete 10a, 10b comprenden superficies de contacto 16a, 16b conformadas de modo correspondiente entre sí, con una evolución en forma de "Z" (la denominada "shroud en Z"). Las superficies de contacto 16a, 16b dispuestas formando un ángulo entre ellas están conformadas en este caso como un enganche mecánico. Los álabes de rodete 12 están fundidos, respectivamente, en las cintas de coberturas 14a, 14a', 14b, 14b' interiores y exteriores, para conseguir una unión estable mecánicamente con menor peso. Puesto que los segmentos de álabes de rodete 10a, 10b (denominados "cluster") que comprenden varios álabes de rodete 12, a diferencia de los álabes de rodete individuales 12, ya no se pueden arriostar por medio de torsión contra las cintas de cobertura 14a, 14a', 14b, 14b', la fuerza de apriete requerida entre las superficies de contacto 16a, 16b durante el funcionamiento de la turbina asignada se genera gracias al hecho de que los álabes de rodete 12 contiguos a los ejes de equilibrio A de los al menos dos segmentos de álabes de rodete 10a, 10b estén dispuestos basculados respectivamente de modo axial alrededor de un ángulo  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$  respecto a su inclinación básica (denominada Lean). Los ángulos  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$  se seleccionan, en este caso, de tal manera, que los álabes de rodete 12 contiguos están basculados respecto a su inclinación básica correspondiente con ángulos  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$  opuestos entre sí pero del mismo valor. Dicho de otro modo, un álabe de rodete 12 está basculado hacia detrás respecto al Lean en relación a un eje de giro del sistema de álabe de rodete, y el álabe de rodete 12 contiguo está basculado de modo correspondiente hacia delante. Gracias a ello se alcanza un desplazamiento del centro de gravedad de los álabes de rodete 12 implicados, debido a lo cual, como consecuencia de las fuerzas centrífugas durante el funcionamiento de la turbina asignada se originan fuerzas de enderezamiento dependientes del número de revoluciones por unidad de tiempo, que se depositan según las flechas 18a, 18b en las superficies de contacto 16a, 16b como fuerzas de apriete. De este modo, los segmentos de los álabes de rodete 10a, 10b están acoplados mecánicamente durante el funcionamiento, de manera que todo el sistema de álabe de rodete, o bien la serie de álabes de rodete no es crítica desde el punto de vista de la mecánica de oscilaciones. Las fuerzas de apriete se incrementan, con ello, con el número de revoluciones por unidad de tiempo. Al contrario, entre los elementos de álabes de rodete 10a, 10b no actúa en el lugar ninguna fuerza de apriete, gracias a lo cual éstos se pueden montar y desmontar de un modo sencillo correspondientemente. Los ángulos  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ , en este caso, tienen un valor en el ejemplo de realización mostrado de  $\pm 1^\circ$ . Fundamentalmente, sin embargo, se pueden seleccionar ángulos  $\alpha$  que difieran o ángulos  $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$  de diferentes tamaños en su valor. Está previsto, preferentemente, que los álabes de rodete 12 que están en el borde de cada segmento de álabe de rodete 10 estén basculados igualmente en un ángulo  $\alpha$  opuesto respecto a su inclinación básica correspondiente. Alternativamente, o adicionalmente, también puede estar previsto que los álabes de rodete interiores 12 de los segmentos de álabes de rodete 10 correspondientes estén basculados en un ángulo  $\alpha$  respecto a su inclinación básica correspondiente.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de álabe de rodete para una serie de álabes de rodete de una turbina, en particular una turbina de gas térmica, con al menos dos segmentos de álabe de rodete (10a, 10b), de los que cada segmento de álabe de rodete (10a, 10b) comprende al menos dos álabes de rodete (12), que están dispuestos en relación a un eje de giro de la serie de álabes de rodete al menos fundamentalmente de modo radial entre una cinta de cobertura (14a, 14a', 14b, 14b') radial interior y una radial exterior, y están acoplados con las cintas de cobertura (14a, 14a', 14b, 14b'), en el que al menos las cintas de cobertura (14b, 14b') radiales exteriores de los dos segmentos de álabes de rodete (10a, 10b) comprenden superficies de contacto (16a, 16b) que se corresponden entre sí, caracterizado porque los ejes de equilibrio (A) radiales de álabes de rodete (12) contiguos de los al menos dos segmentos de álabes de rodete (10a, 10b) están dispuestos basculados respectivamente de modo axial con un ángulo ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) respecto a su inclinación básica, presentando los ángulos ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) signos opuestos respecto a la inclinación básica.
2. Sistema de álabe de rodete según la reivindicación 1, caracterizado porque los ángulos ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) son iguales en su valor.
3. Sistema de álabe de rodete según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque los álabes de rodete (12) de al menos un segmento de álabe de rodete (10a, 10b) están conformados de una pieza con la cinta de cobertura (14a, 14a') interior y/o con la cinta de cobertura (14b, 14b') exterior.
4. Sistema de álabe de rodete según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los álabes de rodete (12) están fundidos en la cinta de cobertura (14a, 14a') interior y/o en la cinta de cobertura (14b, 14b') exterior.
5. Sistema de álabe de rodete según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque las superficies de contacto (16a, 16b) están conformadas como enganche mecánico.
6. Sistema de álabe de rodete según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque un valor del ángulo ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) tiene un valor entre  $0,1^\circ$  y  $10^\circ$ , en particular entre  $0,1^\circ$  y  $5^\circ$ , y preferentemente entre  $0,1^\circ$  y  $2^\circ$ .
7. Turbina, en particular turbina de gas térmica, con una serie de álabes de rodete, que comprende un sistema de álabes de rodete según una de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Turbina según la reivindicación 7, caracterizada porque la serie de álabes de rodete está dispuesta en una región de la turbina, en particular en una región de la turbina de baja presión, de la turbina.
9. Procedimiento para el montaje de una serie de álabes de rodete para una turbina, en particular para una turbina de gas térmica, en el que se proporcionan al menos dos segmentos de álabes de rodete (10a, 10b) de un sistema de álabes de rodete según una de las reivindicaciones 1 a 6, y los álabes de rodete (12) correspondientes de los al menos dos segmentos de álabes de rodete (10a, 10b), que están basculados respectivamente de modo axial en un ángulo ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) respecto a su inclinación básica correspondiente, están dispuestos uno junto al otro, presentando los ángulos ( $\alpha_a$ ,  $\alpha_b$ ) signos opuestos referidos a la inclinación básica de los álabes de rodete (12).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque los segmentos de álabes de rodete (10a, 10b) se acoplan entre sí sin deformación.



Figura