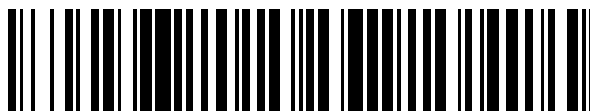


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 428**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/02** (2006.01)

**F01D 5/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2011** **E 11173851 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015** **EP 2412469**

54 Título: **Rotor integral alabeado con álabes soldados en el disco de Ti-6242 y Ti-6246; método para la fabricación de semejante rotor, compresor y turbina de gas con semejante rotor**

30 Prioridad:

**28.07.2010 DE 102010032464**

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

**27.11.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KLEMM, MARCUS y  
GINDORF, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

**ES 2 552 428 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**

Rotor integral alabeado con álabes soldados en el disco de Ti-6242 y Ti-6246; método para la fabricación de semejante rotor, compresor y turbina de gas con semejante rotor

5 (0001) La invención hace referencia a un rotor integral, alabeado y a un método para la fabricación de un rotor integral alabeado conforme al concepto general de las reivindicaciones 1ª y 5ª (véase, por ejemplo, el documento US 2003/000602 A).

10 Estado de la técnica

(0002) Compresores de turbinas de gas y especialmente de motores de aviones sirven para la compresión de los caudales de aire aspirado, que se queman en la cámara de combustión junto con el material combustible. En motores actuales se obtienen relaciones de compresión de más de 30 a 1, empleándose distintos grados del compresor, es decir, compresor de baja y alta presión. Estos compresores presentan una multitud de ruedas de álabes del compresor dispuestas unas tras otras, o rotores, que rotan muy rápidamente entre los álabes directores fijos. Las ruedas de álabes del compresor se mueven por las ondas propulsadas por la turbina y comprenden respectivamente un disco y una multitud de álabes, que están dispuestas en el disco.

20 (0003) Para evitar la carga lateral del disco, prescindiendo de elementos de unión adicionales entre el disco y el álabe, como raíces de álabes y ranuras de álabes y para conseguir un correspondiente ahorro de peso, es conocido en el estado de la técnica el emplear los denominados Blisks, que también pueden ser designados como rotores integrales alabeados. El termino Blisk se compone de las palabras en inglés "Blade" (álabe) y "Disc" (disco) y quiere decir que los álabes están dispuestos de forma integral en el disco. Además, se conocen los así llamados Blings, representando la palabra Bling las palabras en inglés "Bladed Ring", y según el Blisk los álabes están dispuestos de forma integral en un correspondiente anillo. A continuación, para la finalidad de la descripción presente se entienden también bajo el concepto de Blisk correspondientes elementos, a los que se puede asignar la denominación Bling.

30 (0004) El alabeado integral de los Blisks tiene la desventaja de que la selección del material y el ajuste de la estructura de los álabes y del disco está limitado por los posibles métodos de fabricación. Las limitaciones tienen que ver con que, mediante los correspondientes métodos de unión, los materiales y su microestructura pueden ser alterados de forma desfavorable, o que a causa de las especificaciones constructivas no estén disponibles determinados métodos de unión. Esto es válido especialmente para Blisks que deben emplearse en el compresor de alta presión, habida cuenta que en el compresor de alta presión se utilizan rotores, que presentan muchos álabes con una longitud de álabe pequeña, es decir, una dimensión radial pequeña (observado en relación con el Blisk). De este modo, por ejemplo, métodos de soldadura para soldar los álabes con los discos, como se emplean en otros rotores, no se pueden usar para Blisks en el compresor de alta presión. Ejemplos de ello son el soldeo por fricción o la soldadura a presión inductiva, en los cuales las superficies de unión se calientan y se funden mediante una bobina de inducción.

40 (0005) Igualmente, también es necesario para los Blisks, que se emplean en el compresor de alta presión, emplear distintos materiales para álabes y discos. Especialmente, para materiales de titanio, que se emplean para la fabricación de Blisks para compresores de alta presión, es necesario poder realizar un ajuste de los perfiles de propiedades para los álabes y los discos separadamente.

45 (0006) Los documentos US 2003/000602 A1, US 2009/0265933 A1, 2006/0034695 A1, DE 19831736 A1 y US 5,551,840 describen rotores para turbinas de gas o motores de aviones, que parcialmente son de forma integral alabeada y/o están formados por aleaciones de titanio.

50 Manifestación de la invención

Objetivo de la invención

55 (0007) Es por ello objetivo de la presente invención el poner a disposición un correspondiente rotor integral alabeado, así como un método para la fabricación del mismo, en el cual sea posible una óptima concepción de las propiedades de álabes y discos de rodetes en el compresor (de alta presión). Especialmente, los correspondientes Blisks deben ser fabricados con facilidad, o el correspondiente método ser utilizable con sencillez.

60 Solución técnica

(0008) Este objetivo se cumple mediante un rotor con las características de la reivindicación 1ª, así como un método para la fabricación de un Blisk con las características de la reivindicación 5ª, y un compresor y una turbina de gas con las características de las reivindicaciones 4ª y 6ª. Ejecuciones beneficiosas son objeto de las reivindicaciones siguientes.

(0009) La invención parte de un Blisk, de un disco y de una multitud de álabes, que están dispuestos en el disco, para el compresor (de alta presión) de una turbina de gas, estando formados el disco y/o los álabes de un material

de titanio, y concretamente del material de titanio Ti-6246 ó Ti-6242. El material de titanio Ti-6246 presenta una composición química que comprende 6% en peso de aluminio, 2% en peso de estaño, 4% en peso de circonio y 6% en peso de molibdeno, así como el resto de titanio e impurezas inevitables. El material de titanio Ti-6242 presenta una composición con 6% en peso de aluminio, 2% en peso de estaño, 4% en peso de circonio y 2% en peso de molibdeno, así como el resto de titanio e impurezas inevitables. Estos materiales han demostrado ser beneficiosos, especialmente para rodetes o rotores en el compresor de alta presión de una turbina de gas, y especialmente de un motor de avión. Según la invención, un correspondiente Blisk para un compresor de alta presión está formado con un disco y una multitud de álabes, en los que el disco y el álabe se diferencian en su composición química de los materiales y/o de la microestructura de su estructura. Así se puede conseguir un perfil de propiedades óptimo del Blisk con propiedades individuales adaptadas del disco y de los álabes.

(0010) Los discos pueden estar compuestos del material Ti-6246 y los álabes del material Ti-6242 ó Ti-6246.

(0011) Conforme a la invención, el disco presenta una estructura laminosa con una microestructura de una multitud de láminas que se encuentran unas junto a otras de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio.

(0012) Además, los álabes presentan una estructura bi-modal, en la que los componentes de la estructura coaxiales son de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio.

(0013) Los álabes son soldados a los discos mediante el así denominado método de soldadura a presión de alta frecuencia directa, y en el método de soldadura a presión de alta frecuencia directa se transmite una corriente de alta frecuencia a través de las superficies a ser unidas, es decir, las superficies de unión de los componentes a ser soldados, es decir, de los álabes y de los discos. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la conexión de los componentes a ser soldados en una serie en un circuito eléctrico. Al mismo tiempo, los componentes a ser soldados se disponen a una distancia pequeña entre sí, de manera que por un lado mediante el efecto pelicular en el flujo de corriente, y por otro lado, mediante el efecto de proximidad de los componentes dispuestos unos cerca de otros en el flujo de corriente, quedan limitados a las zonas de la superficie, de manera que allí se lleva a cabo, mediante la corriente de alta frecuencia, un calentamiento local y una fusión local de las superficies de unión. Tan pronto como las superficies de unión estén lo suficientemente calentadas, los componentes a ser soldados son presionados unos con otros, de manera que puede tener lugar una soldadura.

(0014) Este método presenta la ventaja de que sólo requiere un espacio pequeño, pues la disposición de los electrodos para la introducción de la corriente requiere poco espacio, en comparación, por ejemplo, con el método de soldadura a presión de alta frecuencia inductivo, en el que una correspondiente bobina de inducción es necesaria para la creación de corrientes de inducción de alta frecuencia. También en comparación con el soldeo por fricción lineal, que a menudo se utiliza para la creación de Blisks, es necesario un espacio mucho menor en la soldadura a presión de alta frecuencia directa, de manera que es posible la utilización de este método para Blisks en el compresor de alta presión, en los que mediante la multitud de álabes de pequeñas dimensiones hay disponible poco espacio de construcción.

(0015) Mediante el método de soldadura a presión de alta frecuencia directa se obtiene además la ventaja de que de otro modo que en el soldeo por fricción lineal, no es necesario un movimiento relativo de las superficies de unión unas hacia otras, lo que también conlleva ventajas correspondientes para la formación de la estructura en la estructura de soldadura, habida cuenta que solamente es necesario un movimiento de presión lineal vertical respecto a las superficies de unión. Mediante lo cual se evitan fuerzas de corte sobre las zonas de la estructura cercanas a la superficie, como en el soldeo por fricción lineal, lo cual demuestra ser beneficioso en la microestructura de la unión de la soldadura.

(0016) Mediante la limitación local de la fusión de las superficies de unión pueden soldarse entre sí los correspondientes componentes, es decir, los álabes y los discos, los cuales presentan una estructura ajustada ya terminada, habida cuenta que en la zona de unión limitada estrechamente son de esperar efectos sobre la microestructura.

(0017) Un tratamiento posterior de los Blisks puede llevarse a cabo solamente cuando el contorno final de los álabes se fabrican mediante un correspondiente tratamiento de arranque de virutas, como por ejemplo, el fresado.

#### Breve descripción de la figura

(0018) Otras ventajas y características de la invención presente son aclaradas en la siguiente descripción detallada de un ejemplo de ejecución en base a la figura adjunta. La Figura muestra de un modo puramente esquemático una forma de ejecución de un Blisk conforme a la presente invención.

#### Ejemplo de ejecución

(0019) La figura muestra una representación en perspectiva de un denominado Blisk (Bladed Disc), así como se emplea como rotor en una turbina de gas, y especialmente, en un compresor de alta presión de una turbina de gas. La característica del Blisk (1) es la conformación integral de los álabes de rotor (3) sobre el disco (2). La ventaja de un Blisk consiste en que se puede prescindir de elementos de unión entre los álabes y los discos, como raíces de

5 álabes y ranuras de discos, de manera que resultan menores cargas laterales para los discos y un correspondiente ahorro de peso. En efecto, mediante la configuración integral de álabe y disco (2, 3) queda limitada la selección de los materiales y el ajuste de las estructuras de los materiales en los respectivos componentes. Con la presente invención, sin embargo, puede solucionarse este problema, de manera que incluso en rotores o rodets en compresores de alta presión, en los que a causa de la multitud de los álabes (3) y de la pequeña dimensión de los

10 (0020) Esto se consigue soldando los álabes (3) sobre los discos (2) mediante un método especial, que permite que en relación con los materiales de titanio preferibles a ser empleados se garantice una unión de soldadura (4) segura. El método de soldadura correspondiente es un método de soldadura a presión, en el que los componentes a ser unidos se engarzan a presión con sus superficies de unión, es decir, los álabes (3) con las raíces de álabes (4), por un lado, y los discos (2), por otro lado, después del calentamiento y la fusión, en las superficies de unión. La soldadura se consigue mediante la introducción de una corriente de alta frecuencia con frecuencias en el ámbito de

15 0,75 MHz hasta 2,5 MHz, de manera que mediante el denominado efecto pelicular se puede conseguir una soldadura sólo local en la zona de las superficies de unión. Esto puede ser favorecido por el hecho de que los componentes están dispuestos entre sí en una distancia muy pequeña de 0,5 mm hasta 1 mm durante la fase de calentamiento, es decir, durante la fase de la introducción de la corriente de alta frecuencia, de manera que mediante el denominado efecto de proximidad, el flujo de corriente y el calentamiento, así como la fusión quedan

20 limitados a las zonas cercanas a la superficie. Mediante esto es posible, conseguir ampliamente la estructura ajustada de los componentes a ser soldados, es decir, de los álabes (3) y de los discos (2) y crear solamente una zona de unión estrecha con estructuras de soldadura.

25 (0021) Mediante la introducción directa de la corriente de alta frecuencia en las superficies de unión, en las cuales los componentes a ser unidos, o sea, disco y álabe, pueden estar conectados en serie en un circuito eléctrico, puede prescindirse de la utilización de bobinas de inducción, de manera que sea suficiente un espacio de construcción pequeño, como ocurre especialmente en compresores de alta presión ó en los correspondientes rodets. A causa del espacio de construcción pequeño, como se da en compresores de alta presión por las dimensiones pequeñas de los álabes y la disposición estrecha de los álabes, no son posibles otros métodos de soldadura, como el soldeo por

30 fricción lineal. Además, la soldadura a presión de alta frecuencia directa utilizada conforme a la invención presenta la ventaja de que solamente es necesario un movimiento de los componentes a ser soldados verticalmente respecto a las superficies de unión al ejercer presión, y no es necesario un movimiento de las superficies de unión relativamente unas hacia otras, de forma que mediante esto se mejora la conformación de la estructura.

35 (0022) Correspondientemente es posible también en rodets o Blisks en la zona del compresor de alta presión de una turbina de gas emplear rotores integrales alabeados con distintas combinaciones de materiales y/o distintas conformaciones de estructura.

40 (0023) Como se muestra en la figura, la longitud radial (L) de los álabes (3) en el compresor de alta presión es menor, especialmente, mucho más pequeño que el diámetro (D) del disco (2), lo cual explica el pequeño espacio de construcción.

45 (0024) El compresor de alta presión conforme a la invención presenta Blisks, cuyos discos (2) están formados del material de titanio Ti-6246, conteniendo el material de titanio Ti-6246 6% en peso de aluminio, 2% en peso de estaño, 4% en peso de circonio y 6% en peso de molibdeno, así como el resto de titanio e impurezas inevitables. Este material está presente en una estructura laminar, en la cual la estructura se compone en su mayor parte de láminas de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio.

50 (0025) Los álabes pueden estar formados del mismo material, es decir, Ti-6246, pudiendo estar conformados los álabes especialmente con una estructura bi-modal con componentes de estructura de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio coaxiales. Además, los álabes (3) pueden estar formados también del material de titanio Ti-6242, el cual fundamentalmente se compone de 6% en peso de aluminio, 2% en peso de estaño, 4% en peso de circonio y 2% en peso de molibdeno, así como el resto de titanio e impurezas inevitables.

55 (0026) Este tipo de Blisks se caracteriza por un perfil de propiedad equilibrado especialmente para la utilización en el ámbito de los compresores de alta presión de un motor de avión.

**REIVINDICACIONES**

- 1<sup>a</sup>.- Rotor (1) integral alabeado con un disco (2) y una multitud de álabes (3) dispuestos en el disco mediante soldadura, comprendiendo el rotor integral alabeado un disco (2) de Ti-6242 y los álabes de Ti-6242 ó Ti-6246, se caracteriza por que los materiales del disco (2) y del álabe (3) se diferencian en la microestructura de su estructura y el disco (2) presenta una estructura laminar con una microestructura con una multitud de láminas que se encuentran unas junto a otras de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio.
- 2<sup>a</sup>.- Rotor (1) integral alabeado según la reivindicación 1<sup>a</sup>, que se caracteriza por que los álabes (3) presentan una estructura bi-modal, en los que hay componentes de estructura de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio coaxiales.
- 3<sup>a</sup>.- Rotor (1) integral alabeado según una de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> ó 2<sup>a</sup>, que se caracteriza por que los álabes (3) están soldados al disco (2) mediante un método de soldadura a presión apoyado por una corriente de alta frecuencia, siendo dirigida la corriente a través de las superficies de unión y conduciendo a la fusión local en ese lugar.
- 4<sup>a</sup>.- Compresor, especialmente compresor de alta presión de una turbina de gas con al menos un rotor (1) integral alabeado según una de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup>.
- 5<sup>a</sup>.- Método para la fabricación de un rotor (1) integral alabeado, especialmente para un compresor, que se caracteriza por que los álabes (3) son soldados al disco (2) mediante un método de soldadura a presión apoyada por una corriente de alta frecuencia, siendo dirigida la corriente a través de las superficies de unión y conduciendo a la fusión local en ese lugar, y para la unión de soldadura (4) se pone a disposición un disco (2), que está formado de Ti-6246 laminar, y se seleccionan álabes (3), que están formados de Ti-6242 o bi-modal Ti-6246, presentando el Ti-6246 laminar una estructura laminar con una microestructura con una multitud de láminas unas junto a otras de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio y el Ti-6246 bi-modal una estructura bi-modal, en la que hay componentes de estructura de  $\alpha$ -titanio y  $\beta$ -titanio coaxiales.
- 6<sup>a</sup>.- Turbina de gas con un rotor (1) integral alabeado según una de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup>.

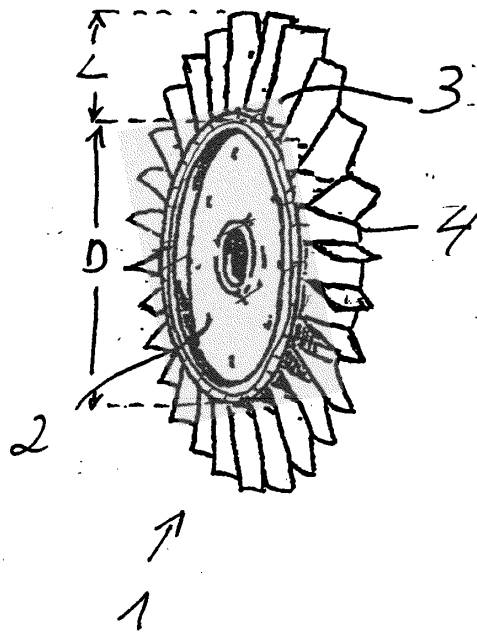


fig.