

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 863**

51 Int. Cl.:

**B23K 20/12** (2006.01)

**F01D 5/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2009 E 09764701 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2334461**

54 Título: **Parte componente para una turbina de gas y procedimiento para la fabricación de la parte componente**

30 Prioridad:

**18.10.2008 DE 102008052247**

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

**15.04.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SMARSLY, WILFRIED;  
BAMBERG, JOACHIM y  
ESSLINGER, JÖRG**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

**ES 2 400 863 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).

## DESCRIPCION

Parte componente para una turbina de gas y procedimiento para la fabricación de la parte componente.

5 (0001) La presente invención se refiere a una parte componente para una turbina de gas, conforme a lo indicado en el preámbulo de la reivindicación de patente 1), como asimismo se refiere esta invención a un procedimiento para la fabricación de esta parte componente.

10 (0002) Los rotores para turbinas de gas disponen de un cuerpo básico del rotor así como de varios alabes que giran conjuntamente con este cuerpo básico del rotor. Estos alabes ó pueden formar parte integrante de este cuerpo básico del rotor ó los mismos pueden estar anclados en el cuerpo básico a través de unos pies de álabe y dentro de una ó varias ranuras del cuerpo básico del rotor. Los rotores con los alabes integrados en los mismos son conocidos como "blisks" ó "blings" (bladed disks ó bladed rings, es decir, discos ó aros, provistos de alabes integrales), en función de que se trata de un cuerpo básico de rotor en forma de un disco ó de un aro.

15 (0003) A través de la Patente Alemana Núm. DE 10 2005 019 356 A1 es conocido un procedimiento para el acoplamiento de un álabe a un cuerpo básico del rotor durante la fabricación ó la reparación de un rotor para una turbina de gas con los alabes integrados, acoplamiento éste que tiene lugar a través de una soldadura por frotamiento. Durante esta soldadura por frotamiento, las partes componentes son ensambladas entre si a través de una fricción para de este modo quedar unidas mutuamente y de manera integral. En la soldadura por frotamiento lineal es así que una de las partes componentes es desplazada en la forma de vaivén, mientras que la otra parte componente se encuentra parada para con una determinada fuerza ser empujada contra la parte componente que está en movimiento. En este caso, las superficies de ensamblaje de las partes componente, que han de ser unidas entre si, se unen mutuamente por medio de una forja en caliente. Conforme al procedimiento, descrito según el estado de la técnica, resulta que son preparadas previamente las dos partes componentes, que han de ser ensambladas ó unidas entre si, es decir, el cuerpo básico del rotor y el álabe, así como una parte adicional de ensamblaje, prevista como elemento de adaptación. Las dos partes componentes, que han de ser unidas entre si, y el elemento de adaptación son alineados de tal manera entre si que este elemento de adaptación quede dispuesto como una pieza suplementaria entre los dos primeros elementos de construcción. Con el fin de unir estas partes componentes entre si, el elemento de adaptación es desplazado en relación con las primeras, por lo cual sobre el elemento de construcción parado es aplicada una fuerza de recalado dentro de las zonas de ensamblaje, situadas entre las dos partes componentes y el elemento de adaptación.

35 (0004) Por medio del procedimiento descrito puede ser fabricado, de una manera relativamente sencilla, un rotor para turbinas de gas, el que de forma integral está provisto de los alabes, sea en forma de "blik" ó de "bling". Sin embargo, las partes componentes, que han de ser unidas entre si, así como el elemento de adaptación tienen que estar hechos de un mismo material. Por consiguiente, al estar hechos el cuerpo básico del rotor y los alabes de, por ejemplo, una aleación básica de titanio, tiene que ser empleado un elemento de adaptación que también debe estar hecho de una aleación sobre la base de titanio.

40 (0005) También la Patente Europea Núm. EP 1 526 252 revela un procedimiento para el ensamblaje de un álabe en un cuerpo básico del rotor según el estado de la técnica.

45 (0006) Sin embargo, hasta la presente no podía ser llevada a efecto una forma de construcción de "blisks", de tipo híbrido ó gradual, para un rotor de turbina de gas, en la que el cuerpo básico del rotor se componga de una aleación de níquel, resistente a altas temperaturas como, por ejemplo, de Inconel 718, mientras que los alabes de la turbina estén hechos de una aleación de aluminio de titanio, TiAl, y esto debido al hecho de que con una temperatura de aplicación, de aproximadamente 650 ° C, se produce una difusión del material de los alabes - sobre todo del aluminio - hacia el interior de la zona de ensamblaje ó dentro del material del cuerpo básico del rotor. Por consiguiente, la composición química del cuerpo básico del rotor y del álabe dentro de la zona de ensamblaje queda modificada de tal manera que se pueda presentar un estado del material con unas fases nuevas. Sin embargo, a causa de esta formación de las fases, se reducen tanto la fiabilidad como la vida útil de la zona de ensamblaje. Además, a causa de la distinta dilatación térmica de los materiales queda perjudicada la durabilidad del ensamblaje entre las partes componentes.

55 (0007) Partiendo de esta base, la presente invención tiene el objeto de proporcionar una novedosa parte componente para una turbina de gas en una híbrida forma de construcción por los conjuntos "blik".

60 (0008) De acuerdo con la presente invención, este objeto se consigue por medio de la parte componente para una turbina de gas, la cual está indicada en la reivindicación de patente 1).

65 (0009) Según la presente invención, está previsto que esta parte componente comprenda un cuerpo básico de rotor, hecho de una aleación de níquel, que es resistente a altas temperaturas, así como una multitud de alabes que están acoplados al cuerpo básico del rotor, y cada uno de los mismos comprende una respectiva hoja de álabe, hecha de una aleación de titanio, así como un correspondiente pie de álabe. El pie de álabe está realizado en forma de un elemento de adaptación, que está hecho de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a altas temperaturas; en este caso, el elemento

de adaptación se encuentra, a través de un ensamblaje, integralmente unido con el cuerpo básico del rotor y con la hoja del álabe.

(0010) Por consiguiente, la presente invención permite llevar a efecto una forma de construcción a la manera de "blisks" y extremadamente sencilla para los rotores de tipo híbrido de las turbinas de gas según, por ejemplo, el procedimiento descrito en la Patente Alemana Núm. DE 10 2005 019 356 A1, con unos más ligeros alabes, hechos de TiAl, y con un cuerpo básico de rotor, hecho de un material que es resistente a las altas temperaturas, y el mismo admite unas cargas más elevadas. Teniendo en cuenta que las zonas del ensamblaje en el elemento de adaptación limitan con unos materiales de la misma composición ó de una composición similar, pueden ser eliminados de una manera segura los procesos de difusión que conducen a la formación de unas fases de fragilidad. De este modo, la unión ó ensamblaje entre el elemento de adaptación y la hoja del álabe y, respectivamente, con el cuerpo básico del rotor, es de una suficiente fiabilidad y tiene una larga vida útil. La calidad de las zonas de unión en el elemento de adaptación puede ser controlada de una manera segura por medio de unos ensayos no destructivos. La aleación de titanio de la hoja del álabe es elegida preferentemente del grupo de las aleaciones básicas de titanio y de las aleaciones de aluminio de titanio TiAl. De forma preferente, la hoja del álabe está hecha de una aleación de TiAl, con unas partes proporcionales de titanio, de aluminio y de niobio; con un contenido en aluminio entre el 35 y el 60 % de peso y con una parte proporcional de niobio del 2 hasta el 16 % de peso, tal como estas partes proporcionales están descritas en la Patente Alemana Núm. DE 10 2004 022 578. De especial preferencia es la aleación de aluminio de Ti44A15Nb(átomo %).

(0011) Como aleación de níquel, resistente a las altas temperaturas y prevista para el cuerpo básico del rotor, es empleada preferentemente una superaleación de níquel como, por ejemplo, el Inconel718, con un 50 hasta 55 % de níquel, con un 17 hasta 21 % de cromo, con unas reducidas partes proporcionales de Nb/Ta, Mo y Al, así como con otros elementos-traza, siendo la parte restante de hierro. Estas superaleaciones de níquel se caracterizan por su resistencia a la corrosión y a la fatiga a unas elevadas temperaturas. También pueden ser empleadas otras superaleaciones de níquel ó unas aleaciones básicas de níquel, conocidas según el estado de la técnica.

(0012) Según una primera forma para la realización de la presente invención es así que el elemento de adaptación está previsto con una estructura dividida en dos partes. Este elemento de adaptación comprende por lo menos una primera capa, que se compone de una aleación de níquel para el cuerpo básico del rotor, la cual es resistente a las altas temperaturas, como asimismo comprende este elemento por lo menos una segunda capa que se compone de la aleación de titanio, de la que está hecha la hoja del álabe. Entre la primera capa y la segunda capa está prevista una capa intermedia que actúa como una barrera de difusión para los elementos - sobre todo para el aluminio - que pueden formar unas fases de fragilidad.

(0013) Esta capa intermedia queda constituida preferentemente por una aleación de matriz, con unas partículas metálicas que dentro de la misma están distribuidas de una manera uniforme. La aleación de matriz se compone de una aleación de níquel que es resistente a altas temperaturas como, por ejemplo, de Inconel 718, ó de una aleación de TiAl, tal como estas aleaciones también pueden ser empleadas para el cuerpo básico del rotor ó para la hoja del álabe. Las partículas metálicas consisten preferentemente en unas aleaciones de metales refractarios y/ó en unos metales de platino.

(0014) Estas partículas metálicas consisten, de forma especialmente preferente, en unas aleaciones con un 2 hasta 60 % de peso de aluminio, consistiendo la parte restante en por lo menos un segundo metal del grupo formado por el renio, iridio, rutenio, platino, tántalo, niobio, molibdeno y el tungsteno. Otra preferida composición de las partículas metálicas comprende un 2 hasta 40 % de peso de aluminio; un 5 hasta 20 % de peso de un metal perteneciente al grupo formado por el níquel, cobalto, vanadio y cromo, siendo la parte restante de por lo menos un metal del grupo que se compone de renio, iridio, rutenio, platino, tántalo, niobio, molibdeno y de tungsteno.

(0015) Las partículas metálicas tienen con preferencia un tamaño medio de 0,1 hasta 200 nm, y las mismas se presentan en la matriz metálica preferentemente con una parte proporcional del 5 hasta el 45 % del volumen. De una forma especialmente preferida, las partículas metálicas están completamente rodeadas por la aleación matriz, de tal modo que por la superficie de la capa intermedia no se encuentre ninguna de las partículas metálicas. El espesor de la capa intermedia está preferentemente entre 0,5 y 2 mms.

(0016) Esta capa intermedia puede ser fabricada por medio de los convencionales procedimientos metalúrgicos con polvo como, por ejemplo, por la sinterización de los polvos de la aleación matriz y de las partículas metálicas. A este efecto, la sinterización puede ser efectuada en todas las maneras, conocidas a la persona familiarizada con este campo técnico como, por ejemplo, mediante rayos Láser, rayo de electrones ó por el paso directo de corriente así como, dado el caso, con ó sin la aplicación de presión. Asimismo, es posible efectuar una sinterización por capas, por medio de la cual también pueden ser generadas unas estructuras graduales.

(0017) La introducción de las partículas metálicas en la aleación matriz conduce, en primer lugar, a un incrementado arriostamiento de la estructura reticular de la matriz así como a una reducción en los puntos vacíos dentro de la red. Debido a ello, se reduce la velocidad de difusión de los átomos que se difunden por la capa intermedia. Además, las partículas metálicas, que están distribuidas dentro de la aleación matriz, pueden absorber las moléculas de aluminio y de titanio, que se difunden de la aleación de titanio de la segunda capa del elemento de adaptación ó de la hoja del álabe hacia fuera, y esto tanto de una manera disuelta como en forma de unas fases intermetálicas.

En base a la reducida movilidad de los átomos de los metales refractarios ó de los metales de platino, así como debido a la formación de unas fases intermetálicas, resulta que las partículas metálicas son muy firmes a unas temperaturas de hasta 800 ° C. Por consiguiente, la difusión del titanio y del aluminio por la capa intermedia queda fuertemente obstaculizada a la temperatura de aplicación, como asimismo se reduce la formación de unas fases intermetálicas dentro de la primera capa del elemento de adaptación, la cual se compone de la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas. De este modo, la resistencia del cuerpo básico del rotor queda dentro de los límites admisibles.

(0017) Según otra forma de realización de la presente invención, la cual no es objeto de las reivindicaciones, es así que el elemento de adaptación comprende una estructura gradual; en este caso, la composición del elemento de adaptación puede cambiar, de forma continua ó de una manera escalonada, desde el material del cuerpo básico del rotor - por ejemplo, del Inconel 718 - hacia el material de la hoja del álabe como, por ejemplo, hacia la aleación de Ti44A15Nb. Un elemento de adaptación de este tipo puede ser fabricado, por ejemplo, por medio de una soldadura por aplicación de polvos mediante rayos Láser ó a través de otros conocidos procedimientos metalúrgicos con polvos. El elemento de adaptación de la presente invención hace posible una reducción gradual en las diferencias en la dilatación térmica así como en los gradientes químicos, de tal modo que no se pueda producir una difusión de elementos desde el material de los alabes ó desde el material del cuerpo básico del rotor hacia las zonas del ensamblaje.

(0018) Según otra forma para la realización de la presente invención, resulta que está previsto, finalmente, que el elemento de adaptación sea de una estructura monolítica; a este efecto, es empleado un material con una composición que comprende tanto los elementos del material para la hoja del álabe como los elementos del material para el cuerpo básico del rotor.

(0020) El material para el elemento de adaptación monolítico es preferentemente una aleación eutéctica de NiAl, con unas partes proporcionales de cromo, molibdeno, renio y/ó de tántalo. Esta aleación eutéctica de NiAl comprende, de forma preferente, por lo menos uno de los metales de tántalo, de molibdeno y de renio, y esto en una parte proporcional del 0,5 al 3 % de peso, así como el cromo con una parte proporcional del 5 al 7 % de peso. Un ejemplo para esta composición es la aleación de NiAl-Ta<sub>2,5</sub>-Cr<sub>5-7</sub> (átomo %). Pueden ser empleados, además, unos titantrialumínidos, resistentes a altas temperaturas, ó unos materiales de dos fases y sobre la base de TiAl y de TiAl<sub>3</sub> de la fórmula general de M<sub>3</sub>Ti<sub>6</sub>Al<sub>22</sub> ó de M<sub>8-9</sub>Ti<sub>25</sub>Al<sub>66-67</sub>, en la que M es igual a Cr, Mn, Fe, Co y a Ni, los cuales se cristalizan dentro de una estructura cúbica de L1(2).

(0021) La fabricación del elemento de adaptación monolítico a partir de la aleación de NiAl ó de los titantrialumínidos puede ser efectuada por medio de los procedimientos convencionales como, por ejemplo, por los procesos metalúrgicos con polvos, por la fundición, la fusión y la forja así como mediante otros procedimientos de conformación conocidos. Teniendo en cuenta que el material del elemento de adaptación monolítico es compatible con los materiales del cuerpo básico del rotor y de la hoja del álabe, a la temperatura de aplicación no se produce prácticamente ninguna difusión de los elementos hacia las respectivas zonas de ensamblaje. Por consiguiente, el trabazón de las zonas de ensamblaje permanece esencialmente invariado, como tampoco se produce ninguna formación de fases de fragilidad.

(0022) En todas las formas de realización de la presente invención, las dimensiones del elemento de adaptación están con preferencia dentro de la gama entre 15 y 55 mms. de longitud, de 5 hasta 25 mms. de anchura y de 5 hasta 20 mms. de altura.

(0023) Además, la presente invención tiene el objeto de proporcionar un procedimiento para la fabricación de una parte componente híbrida para una turbina de gas, sobre todo una parte componente de tipo "blisk" ó "bling", en la que la hoja del álabe, hecha de una aleación de titanio, está integralmente unida mediante un ensamblaje con un cuerpo de rotor, hecho de una aleación de níquel, que es resistente a altas temperaturas; a este efecto, entre la hoja del álabe y el cuerpo básico del rotor está dispuesto un elemento de adaptación que está hecho de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas.

(0024) Este ensamblaje consiste, de forma preferente, en una soldadura por frotamiento.

(0025) Unas convenientes ampliaciones de la forma de realización de la presente invención pueden ser apreciadas en las reivindicaciones secundarias así como en la descripción, relacionada a continuación. Algunos ejemplos para la realización de la presente invención se explican más detalladamente a través de los planos adjuntos, sin que estos ejemplos estén limitados a lo indicado en estos planos, en los cuales:

La Figura 1 muestra una vista esquematizada de la parte componente de la presente invención con el cuerpo básico del rotor, con la hoja del álabe y con el elemento de adaptación;

La Figura 2 indica una vista de sección del elemento de adaptación según la primera forma de realización;

La Figura 3 muestra una vista de sección del elemento de adaptación según una forma de realización que no es objeto de las reivindicaciones; mientras que



La Figura 4 indica una vista esquematizada del procedimiento de ensamblaje para la fabricación de la parte componente según la presente invención.

5 (0026) La Figura 1 indica la vista esquematizada de un rotor 10 para una turbina de gas, preferentemente para un grupo motopropulsor de turbinas de gas de tipo aeronáutico; rotor este que está realizado en forma de un rotor con los alabes integrados. Por lo tanto, este rotor de turbina de gas 10 dispone de un cuerpo básico de rotor 12 así como de los alabes de turbina 14; en este caso, los alabes de turbina 14 constituyen una parte integral del cuerpo básico 12 del rotor.

10 (0027) En función del hecho de que se trata de un cuerpo básico de rotor en forma de disco ó de aro, un tal rotor con los alabes integrados también puede ser denominado como "blisk" (correspondiente a "blade integrated disk") ó como "bling" (correspondiente a "blade integrated ring").

15 (0028) El cuerpo básico de rotor 12 está hecho de una aleación de níquel, que está resistente a altas temperaturas, preferentemente se compone este cuerpo de una superaleación de níquel como, por ejemplo, de Inconel 718.

(0029) En el cuerpo básico 12 del rotor se encuentran ensamblados una multitud de alabes de turbina 14 de los cuales está indicado en la Figura 1 solamente un álabe. Cada uno de los alabes de turbina 14 comprende una hoja de álabe 16, hecha de una aleación de titanio, así como un pie de álabe que está realizado en forma de un elemento de adaptación 18.

20 (0030) La aleación de titanio de la hoja de álabe 16 es elegida preferentemente del grupo de las aleaciones básicas de titanio y de las aleaciones de TiAl. La hoja 16 del álabe está formada, de forma preferente, de una aleación de TiAl, con unas partes proporcionales de titanio, de aluminio y de niobio; con un contenido en aluminio entre el 35 y 60 % de peso, y con un contenido en niobio entre el 2 y 16 % de peso. Es especialmente preferida la aleación de titanio Ti44A15Nb (átomo %).

25 (0031) Según la presente invención, el elemento de adaptación 18 está hecho de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas. Dentro de la zona de ensamblaje 20, el elemento de adaptación 18 se encuentra integralmente unido con la hoja 16 del álabe. Dentro de la zona de ensamblaje 22, que está situada en frente de la primera, este elemento de adaptación 18 está integralmente unido con una protuberancia 24 que está formada en el cuerpo básico 12 del rotor. La unión entre el elemento de adaptación 18 y el cuerpo básico de rotor 12 y la hoja de álabe 16, respectivamente, es efectuada a través de un ensamblaje, preferentemente mediante una soldadura por frotamiento.

30 (0032) Según la forma de realización, indicada en la Figura 2, el elemento de adaptación 18 comprende por lo menos una primera capa 26, que se compone de una aleación de níquel del cuerpo básico de rotor 12, la cual es resistente a altas temperaturas, como asimismo comprende este elemento por lo menos una segunda capa 28 que está formada por la aleación de titanio de la hoja 16 del álabe. Entre la primera capa y la segunda capa está prevista una capa intermedia 30 que actúa como una barrera de difusión para los elementos - sobre todo para el aluminio - que pueden formar unas fases de fragilidad. Esta capa intermedia 30 se encuentra integralmente unida con la primera capa 26 y con la segunda capa 28. La primera capa 26 limita con el cuerpo básico 12 del rotor, mientras que la segunda capa 28 limita con la hoja 16 del álabe.

35 (0033) La capa intermedia 30 puede consistir, por ejemplo, en la matriz de una aleación de níquel, resistente a altas temperaturas como, por ejemplo, de Inconel 718 ó de una aleación de TiAl; matriz ésta que está mezclada con unas partículas metálicas. Estas partículas metálicas pueden consistir preferentemente en partículas de aleaciones metálicas. Estas partículas metálicas están hechas, de forma preferente, de unas aleaciones de metal refractario ó de platino, con unas partes proporcionales de aluminio, así como de un segundo metal del grupo de renio, iridio, rutenio, platino, tántalo, niobio, molibdeno y de tungsteno, con un contenido en aluminio entre el 2 y 60 % de peso. Otra preferida composición para las partículas metálicas puede comprender el 2 hasta 40 % de peso en aluminio; el 5 hasta 20 % de peso en un metal del grupo que está formado por el níquel, el cobalto, el vanadio y el cromo, mientras que la parte restante puede consistir en otro metal del grupo formado por el renio, el iridio, el rutenio, el platino, el tántalo, el niobio, el molibdeno y el tungsteno.

40 (0034) Las partículas metálicas tienen con preferencia un tamaño medio de 0,1 hasta 200 nm, y las mismas se encuentran de una manera uniformemente distribuida dentro de la aleación matriz. De forma especialmente preferida, estas partículas metálicas están rodeadas por completo por la aleación matriz, de tal manera que la superficie de la capa intermedia no comprenda ninguna de las partículas metálicas. La parte proporcional de las partículas metálicas dentro de la aleación matriz es preferentemente del 5 hasta el 45 % del volumen.

(0035) La capa intermedia 30 tiene, de forma preferente, un espesor de aproximadamente 0,5 hasta 2 mms.

45 (0036) El elemento de adaptación - conjuntamente con la capa intermedia 30 como la barrera de difusión - es fabricado preferentemente por medio de la sinterización de un polvo de los materiales de la matriz y de las partículas metálicas. En este caso, la sinterización puede ser llevada a efecto en todas las maneras conocidas a la persona familiarizada con este ramo técnico como, por ejemplo, mediante un rayo Láser, un chorro de electrones ó por un

paso directo de la corriente, así como, dado el caso, con ó sin la aplicación de presión. Existe, asimismo, la posibilidad de una sinterización por capas.

(0037) La forma de realización, indicada en la Figura 3, representa un elemento de adaptación 18 que no es objeto de las reivindicaciones, y el mismo es de una estructura gradual. En la capa 32 de la superficie, que está dirigida hacia el cuerpo básico 12 del rotor, el elemento de adaptación 18 comprende una composición que está formada por una aleación de níquel como, por ejemplo, por Inconel 718, y la misma corresponde al material del cuerpo básico 12 del rotor. En la capa 34 de la superficie, que está dirigida hacia la hoja 16 del álabe, el elemento de adaptación es de una composición que está formada por una aleación de titanio, que corresponde al material de la hoja 16 del álabe como, por ejemplo, por la aleación Ti44A15Nb. Entre estas superficies 32 y 34, la composición del elemento de adaptación cambia, de forma continua ó de una manera escalonada, desde la aleación de níquel hacia la aleación de titanio, es decir, la parte proporcional del níquel se reduce desde la superficie 32 en dirección hacia la superficie 34, mientras que la parte proporcional del titanio y/ó la parte proporcional del aluminio se incrementan en la misma dirección. La fabricación de un elemento de adaptación gradual de este tipo puede ser efectuada, por ejemplo, por medio de una soldadura por aplicación de polvos y mediante rayos Láser ó a través de otros procedimientos metalúrgicos conocidos con aplicación de polvos.

(0038) Según otra forma de realización (no representada aquí), que no forma parte de la presente invención, es así que el elemento de adaptación 18 comprende una estructura monolítica, y el mismo está hecho de un material con una composición que comprende tanto los elementos de la aleación de titanio para la hoja 16 del álabe como los elementos de la aleación de níquel para el cuerpo básico 12 del rotor.

(0039) El material para el elemento de adaptación monolítico 18 es preferentemente una aleación eutéctica de NiAl, con unas partes proporcionales de cromo, molibdeno, renio y/ó de tántalo. Es preferida una aleación de la fórmula general de NiAl-X-Cr, en la que X representa por lo menos uno de los metales de tántalo, molibdeno y renio. La parte proporcional del metal X es, de forma preferente, de un 0,5 hasta 3 % de peso, mientras que la parte proporcional del cromo Cr está entre un 5 y 7 % de peso. Un ejemplo para la composición es la aleación NiAl-Ta<sub>2.5</sub>-Cr<sub>5-7</sub> (átomo %). Pueden ser empleados también unos materiales de aluminio de titanio, resistentes a altas temperaturas y de la fórmula general M<sub>3</sub>Ti<sub>8</sub>Al<sub>22</sub> ó M<sub>8-9</sub>Ti<sub>25</sub>Al<sub>66-67</sub>, pudiendo M ser igual a Cr, Mn, Fe, Co y Ni; materiales éstos que cristalizan dentro de una estructura cúbica L1(2). La fabricación del elemento de adaptación monolítico 18 a partir de la aleación de NiAl ó del material de aluminio de titanio puede ser efectuada a través de los procedimientos convencionales como, por ejemplo, mediante los procesos metalúrgicos con polvos, por una fundición, una fusión y una forja.

(0040) A continuación, se describe la fabricación de la parte componente de la presente invención, haciendo para ello referencia a la Figura 4.

(0041) La Figura 4 representa el procedimiento para el ensamblaje de unas partes componentes en la fabricación ó reparación de un rotor híbrido 10 para una turbina de gas, el cual está integralmente equipado con los alabes; en este caso, la hoja 16 del álabe, la cual está hecha de una aleación de titanio, es unida con la protuberancia 24 del cuerpo básico 12 del rotor, el cual está hecho de una aleación de níquel.

(0042) Para este procedimiento es preparado - adicionalmente al cuerpo básico de rotor 12 y a la hoja de álabe 16, que han de ser unidos integralmente entre si - el elemento de adaptación 18 que, conforme a la presente invención, está hecho de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas. En este caso, la hoja de álabe 16, el cuerpo básico de rotor 12 y el elemento de adaptación 18 son alineados entre si de tal manera que el elemento de adaptación 18 quede dispuesto entre la protuberancia 24 del cuerpo básico 12 del rotor y la hoja 16 del álabe.

(0043) Para efectuar la unión entre la hoja de álabe 16 y el cuerpo de base de rotor 12, el elemento de adaptación 18 es desplazado ahora por traslación y de forma lineal en el sentido de vaivén; en este caso, se encuentran parados tanto el cuerpo básico de rotor 12 como la hoja de álabe 16. Adicionalmente son aplicadas, en dirección de las flechas 38 y 40, tanto a través del cuerpo básico de rotor 12 como a través de la hoja de álabe 16, que ambos están parados, una fuerza de recalado - y, por consiguiente, una compresión de recalado - sobre la zona de unión ó zona de ensamblaje 22, que queda constituida entre el cuerpo básico de rotor 12 y el elemento de adaptación 18, así como sobre la zona de unión 20 que se encuentra situada entre el elemento de adaptación 18 y la hoja 16 del álabe. Se produce, por lo tanto, una forja en caliente dentro de la región de las zonas de unión, 20 y 22, con la formación simultánea de una unión integral entre el álabe 14 de la turbina y el cuerpo básico 12 del rotor; en este caso, el elemento de adaptación 18 representa el pie del álabe 14 de la turbina.

(0044) El elemento de adaptación 18 es desplazado - en la forma de vaivén y con respecto al cuerpo básico de rotor 12 y a la hoja de álabe 16, que se encuentran ambos parados - preferentemente con una frecuencia dentro de la gama de 10 y 30 Hz, sobre todo con una frecuencia de aproximadamente 20 Hz. En este caso, el recorrido del elemento de adaptación 18 está dentro de la gama de 0,1 mm. hasta 3 mms., y el mismo es sobre todo de aproximadamente 2 mms. La fuerza de recalado, que es aplicada para la soldadura, tiene un valor máximo de 50.000 N.

## REIVINDICACIONES

1ª.- Parte componente para una turbina de gas, sobre todo conjunto "blisk" ó "bling" (bladed disk ó bladed ring, es decir, disco ó aro, provistos de alabes integrales); en este caso, la parte componente comprende un cuerpo básico de rotor (12) así como una multitud de alabes de turbina (14) que están ensamblados en el cuerpo básico del rotor, y cada álabe de turbina (14) comprende una hoja de álabe (16), hecha de una aleación de titanio, como asimismo comprende un pie de álabe que está realizado en forma de un elemento de adaptación (18); parte componente ésta que está caracterizada porque el cuerpo básico de rotor (12) está hecho de una aleación de níquel, que es resistente a altas temperaturas, mientras que el elemento de adaptación (18) está hecho de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas, y este elemento de adaptación puede, a través de un ensamblaje, ser unido integralmente, tanto con el cuerpo básico (12) del rotor como con la hoja (16) del álabe; en este caso, el elemento de adaptación (18) comprende por lo menos una primera capa (26), que se compone de una aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas, así como comprende por lo menos una segunda capa (28), que consiste en una aleación de titanio; como asimismo comprende este elemento de adaptación por lo menos una capa intermedia (30), que está situada entre la primera capa y la segunda capa, y la misma está prevista como barrera de difusión para los elementos que pueden formar unas fases de fragilidad.

2ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 1) y caracterizada porque la aleación de titanio es una aleación básica de titanio ó una aleación de aluminio de titanio.

3ª.- Parte componente conforme a las reivindicaciones 1) ó 2) y caracterizada porque la aleación de titanio es una aleación de aluminio de titanio, con unas partes proporcionales de titanio, de aluminio y de niobio.

4ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 3) y caracterizada porque la aleación de aluminio de titanio tiene una parte proporcional de aluminio entre el 35 y 60 % de peso así como una parte proporcional de niobio entre el 2 y 16 % de peso, siendo la parte restante de titanio.

5ª.- Parte componente conforme a una de las reivindicaciones 1) hasta 4) y caracterizada porque la aleación de níquel es una superaleación de níquel.

6ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 5) y caracterizada porque la superaleación de níquel comprende entre el 50 y 55 % de níquel; entre el 17 y 21 % de cromo, siendo la parte restante de hierro, aparte de comprender unas reducidas partes proporcionales de Nb/Ta, de Mo, de Ti y de Al, así como otros elementos-traza.

7) Parte componente conforme a la reivindicación 1) y caracterizada porque la capa intermedia (30) comprende una aleación matriz del grupo de las aleaciones básicas de níquel, de las superaleaciones de níquel y de las aleaciones de TiAl, con unas partículas metálicas distribuidas dentro de la misma.

8ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 7) y caracterizada porque las partículas metálicas se componen de una aleación con el 2 hasta el 60 % de peso de aluminio, mientras que la parte restante consiste en por lo menos otro material adicional del grupo formado por el renio, iridio, rutenio, platino, tántalo, niobio, molibdeno y el tungsteno.

9ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 8) y caracterizada porque las partículas metálicas se componen de una aleación con el 2 hasta el 40 % de peso de aluminio; con el 5 hasta el 20 % de peso de un metal del grupo que está formado por el níquel, el cobalto, el vanadio y el cromo; mientras que la parte restante consiste en otro material más del grupo formado por el renio, iridio, rutenio, platino, tántalo, niobio, molibdeno y el tungsteno.

10ª.- Parte componente conforme a una de las reivindicaciones 1) hasta 6) y caracterizada porque el elemento de adaptación (18) comprende una estructura gradual y el mismo tiene una composición que del material del cuerpo básico (12) del rotor pasa al material de la hoja (16) del álabe.

11ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 10) y caracterizada porque el contenido de titanio del elemento de adaptación (18) se incrementa, de forma continua ó de una manera escalonada, desde una capa de superficie (32), que está dirigida hacia el cuerpo básico (12) del rotor, en dirección hacia una capa de superficie (34) que está situada en frente de la primera y la misma está dirigida hacia la hoja (16) del álabe.

12ª.- Parte componente conforme a las reivindicaciones 10) ó 11) y caracterizada porque el contenido de níquel del elemento de adaptación (18) se reduce, de forma continua ó de una manera escalonada, desde una capa de superficie (32), que está dirigida hacia el cuerpo básico (12) del rotor, en dirección hacia una capa de superficie (34) que está situada en frente de la primera y la misma está dirigida hacia la hoja (16) del álabe.

13ª.- Parte componente conforme a una de las reivindicaciones 1) hasta 6) y caracterizada porque el elemento de adaptación (18) se compone de una aleación eutéctica de NiAl, con unas partes proporcionales de cromo, de molibdeno, de renio y/ó de tántalo.

14ª.- Parte componente conforme a la reivindicación 13) y caracterizada porque la aleación eutéctica de NiAl es de  $\text{NiAlTa}_{2.5}\text{-Cr}_{5.7}$  (átomo %).

5 15ª.- Parte componente conforme a una de las reivindicaciones 1) hasta 6) y caracterizada porque el elemento de adaptación está hecho de un material cúbico de aluminio de titanio que corresponde a la fórmula general de  $\text{M}_3\text{Ti}_6\text{Al}_{22}$  ó de  $\text{M}_{6.9}\text{Ti}_{25}\text{Al}_{66.67}$ , en la que M representa Cr, Mn, Fe, Co y Ni.

10 16ª.- Procedimiento para la fabricación de una parte componente híbrida para una turbina de gas, sobre todo de un conjunto "blisk" ó "bling" (bladed disk ó bladed ring, es decir, disco ó aro, provistos de alabes integrales), caracterizado porque una hoja de álabe (16), hecha de una aleación de titanio, es - por medio de un ensamblaje - integralmente unida con un cuerpo básico de rotor (12), hecho de una aleación de níquel que es resistente a altas temperaturas; a este efecto, entre la hoja (16) del álabe y el cuerpo básico (12) del rotor está dispuesto un elemento de adaptación (18) que se compone de un material que mediante soldadura puede ser unido, tanto con la aleación de titanio como con la aleación de níquel, que es resistente a altas temperaturas; en este caso, el elemento de adaptación (18) comprende por lo menos una primera capa (26), que se compone de la aleación de níquel, que es resistente a las altas temperaturas, así como comprende por lo menos una segunda capa (28), que se compone de la aleación de titanio, como asimismo comprende este elemento de adaptación una capa intermedia (30), que está dispuesta entre la primera capa y la segunda capa y la misma está prevista como una barrera de difusión para los elementos que pueden formar unas fases de fragilidad.

15 20 17ª.- Procedimiento conforme a la reivindicación 16) y caracterizado porque el ensamblaje queda constituido por una soldadura por frotamiento.



Fig. 1

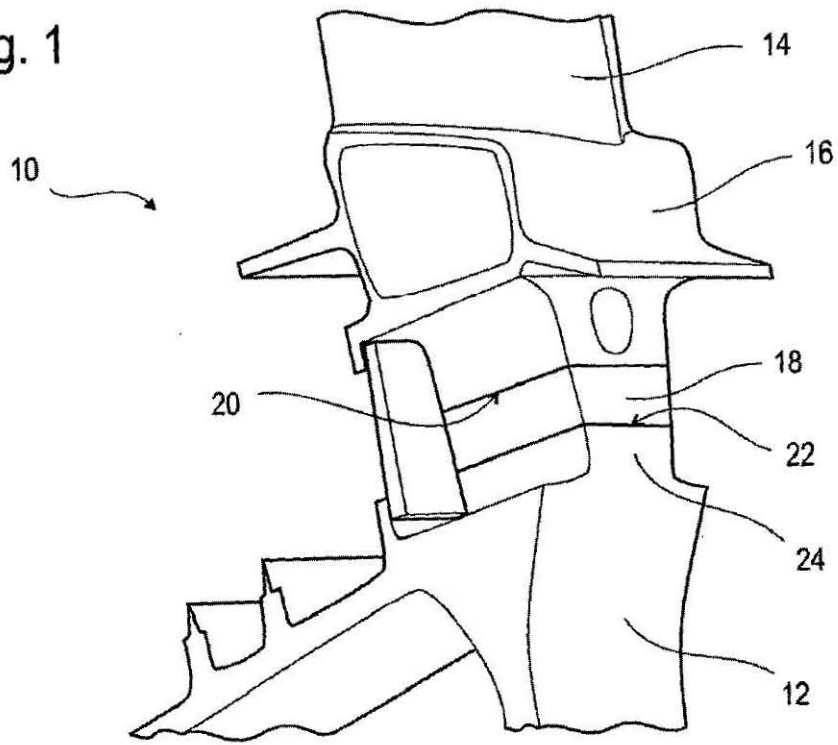


Fig. 2

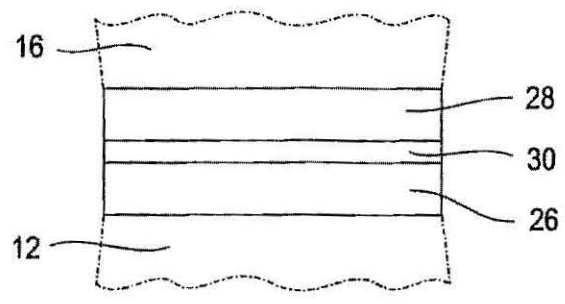


Fig. 3

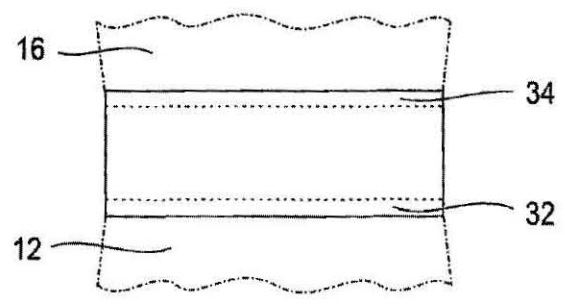


Fig. 4

