

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 443**

51 Int. Cl.:

F01D 5/22 (2006.01)
F01D 5/26 (2006.01)
F04D 29/32 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)
F04D 29/02 (2006.01)
F04D 29/54 (2006.01)
F04D 29/66 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2014 E 14193975 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2891767**

54 Título: **Rejilla de álabes y método asociado**

30 Prioridad:

16.12.2013 DE 102013226015

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.06.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HARTUNG, ANDREAS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 620 443 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

Rejilla de álabes y método asociado

5 La presente invención se refiere a una rejilla de álabes para una máquina turbo, a una máquina turbo, en especial a una turbina de gas provista de una rejilla de álabes de este tipo, como también a un procedimiento para fabricar una rejilla de álabes de este tipo.

En la práctica interna de las empresas, es conocido el hecho de fabricar en especial álabes de rotor para etapas de turbinas de gas muy cargadas utilizando materiales monocristalinos con cristales de orientación prefijada.

10 En estos casos, se verifica la orientación de los cristales de los álabes fabricados. Si la orientación satisface la tolerancia prefijada, se fabrica el álabe, en caso contrario se desecha. Esto conduce a una distribución estocástica de la orientación de los cristales dentro de la rejilla de álabes. Una rejilla de álabes de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce, por ejemplo, del documento EP 1 217 170 A2.

Por otra parte, en la práctica interna de estas empresas, se conoce cómo armonizar los álabes de una rejilla de álabes entre sí, en especial para mejorar el comportamiento oscilatorio de la rejilla. Un ejemplo de ello se divulga en el documento EP 2 505 780 A1.

15 En una realización, un objetivo de la presente invención es el de poner a disposición una máquina turbo perfeccionada.

Este objetivo se logra mediante una rejilla de álabes provisto de las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones 8 y 9 colocan bajo protección una máquina turbo con una rejilla de árabes correspondiente o bien un procedimiento para fabricar una rejilla de álabes correspondiente. Formas de realización ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

20 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, una máquina turbo presenta por lo menos una rejilla de álabes. En una realización, la máquina turbo es una turbina de gas, en especial una turbina de gas de un motor de avión. En una realización la rejilla de álabes es una rejilla de rotor o una rejilla de guía de una etapa de turbina o de compresor de una turbina de gas, en especial de una turbina de gas para motor de avión.

25 La rejilla de álabes presenta un número de álabes, que presentan un material monocristalino. En una realización la rejilla de álabes consiste en este número de álabes o bien todas los álabes presentan un material monocristalino, preferiblemente el mismo. En una realización uno o varios álabes, en especial todos ellas, consisten por lo menos esencialmente en un material monocristalino, en especial el mismo, y en otra realización es también posible que por ejemplo solamente las hojas de álabe de los álabes presenten el material monocristalino, en especial consistir en dicho material monocristalino. En un realización, el material monocristalino presenta una aleación de Ni, Fe, Ti, Al, Co, Nb y/o Mo, en especial una superaleación, por ejemplo, CMSX-2, CMSX-3, PWA1426, PWA1480, PWA1484, René o CM 186 LC o similares, o consiste en ellas.

30 Cada uno de los álabes presenta un valor de orientación cristalina, que depende de la orientación cristalina del material monocristalino de dicho álabe, en especial de la misma orientación cristalina. En el sentido de la presente invención, la orientación cristalina del material monocristalino puede depender en especial de una desviación de una dirección cristalina del material monocristalino, en especial de la misma, con respecto a una orientación del perfil, en especial la misma, de la hoja de un álabe, en especial describir dicha desviación. La dirección cristalina puede ser en especial la dirección [001], la dirección [100], la dirección [110], la dirección [111], la dirección [112], la dirección [123], o similares, en donde la indicación "[XYZ]" se refiere al Índice de Miller, conocido en la especialidad, que también se indica como "<XYZ>". La dirección del perfil puede ser en especial la dirección radial, la dirección del denominado eje de pila o eje de enhebrado, la dirección perimetral, la dirección de la cuerda del perfil de la hoja del álabe, o similares. En especial, dentro del sentido de la presente invención la orientación de los cristales también pueden depender de una desviación o bien de un ángulo entre la dirección [001] del material monocristalino del álabe y del eje de pila de la hoja del álabe, en especial describir la misma, que también lleva la denominación de "orientación cristalina primaria". De la misma manera, la orientación cristalina puede depender en especial de una desviación o bien de un ángulo entre la dirección [100] de material monocristalino del álabe y de la cuerda del perfil de la hoja del álabe, en especial describir ésta, que también lleva la designación de "orientación cristalina secundaria". En una realización, en el sentido de la presente invención el valor de orientación cristalino de un álabe puede depender de manera correspondiente de una desviación tal, en especial de su magnitud, en especial, describir ésta. En un perfeccionamiento, se incluye que el valor de la orientación cristalino corresponda al/a los ángulo(s) o a su magnitud. Por lo demás, para la representación concisa del valor de la orientación de los cristales se utiliza la designación [α], como es por lo demás usual para la orientación primaria de los cristales.

45 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se seleccionan los álabes en función de su orientación cristalina o bien de sus valores de orientación cristalina y a continuación se las ordena de manera correspondiente a sus valores de orientación cristalina en sectores de haces de álabes. De esta manera, es posible yuxtaponer de forma selectiva o bien planificada álabes con orientaciones cristalinas similares.

55 De manera sorprendente, se ha comprobado que de esta manera y en comparación con una distribución puramente

estocástica y con ello estadísticamente determinada de las orientaciones cristalinas dentro de la rejilla, es posible mejorar en especial el comportamiento oscilatorio de la rejilla en especial en cuanto a resonancias y/o vibraciones. A título adicional o como alternativa es posible de esta manera admitir tolerancias más elevadas en cuanto a la orientación cristalina, por cuanto ya no se desechan álabes con valores de orientación cristalina más elevados sino que se los yuxtapone en sectores correspondientes. Esto permite en especial reducir un valor de descarte durante la fabricación de los álabes hechos con materiales monocristalinos y por lo tanto reducir los costos correspondientes.

La selección de los álabes en función de su orientación cristalina puede comprender en especial una determinación no destructiva de la orientación cristalina, por ejemplo de la orientación cristalina primaria, y un ordenamiento subsiguiente de los álabes en correspondencia a su orientación cristalina o bien de sus valores de orientación cristalina. Así, la determinación cristalina puede determinarse por ejemplo mediante el procedimiento de Laue. El ordenamiento puede abarcar una fila de álabes de acuerdo con sus valores de orientación cristalina, por ejemplo en un orden en serie creciente, en especial de manera tal que para los álabes enfilados $i = 1, 2, \dots, n$ rige: $|\alpha_1| \leq |\alpha_2| \leq \dots \leq |\alpha_n|$. De la misma manera, en una realización, el ordenamiento de los álabes puede incluir una clasificación de los álabes en clases A, B, ... , en especial de manera tal que para los álabes clasificados $i = 1, 2, \dots, n$ rige: $i \in A \Leftrightarrow \alpha_{A0} \leq |\alpha_i| \leq \alpha_{A1}$, $i \in B \Leftrightarrow \alpha_{B0} \leq |\alpha_i| \leq \alpha_{B1}$, con los límites de clase α_{A0} , α_{A1} , α_{B0} , α_{B1} , Dentro de un sector se ordenan los álabes en especial enfilados, en su secuencia de fila.

Para una exposición más concisa, en lo que sigue y sin limitación del conjunto, los álabes de la rejilla de álabes cuyo valor de orientación cristalina es inferior a un primer valor límite, llevan la denominación de "primeros árabes", y los álabes de la rejilla de álabes cuyo valor de orientación cristalina es por lo menos igual al primer valor límite, llevan la denominación de "segundos álabes".

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la rejilla de álabes presenta por lo menos un primer sector, en especial exactamente uno o varios primeros sectores, que consisten en por lo menos tres, en especial de por lo menos cuatro o de por lo menos cinco primeros álabes consecutivos o bien adyacentes entre sí en dirección perimetral. Adicionalmente, la rejilla de álabes presenta por lo menos un segundo sector, en especial exactamente uno o varios segundos sectores, consistentes en por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o por lo menos cinco segundos álabes consecutivos o adyacentes entre sí en dirección perimetral. Por el hecho de que los álabes seleccionados han sido dispuestos de manera correspondiente a sus valores de orientación cristalina en sectores, resultan de manera correspondiente uno o varios primeros y uno o varios segundos sectores, en los que se hallan dispuestos exclusivamente y de manera correspondiente primeros o segundos álabes yuxtapuestos o bien dispuestos en dirección perimetral. De esta manera, es posible mejorar, como se explicó con anterioridad y de manera sorprendente, el comportamiento oscilatorio de la rejilla de álabes y/o los costos.

En una realización, la rejilla de álabes puede consistir en un primer sector y un segundo sector. En otras palabras, es posible dividir la rejilla de álabes en virtualmente dos partes, teniendo cada una de ellas por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o por lo menos cinco álabes consecutivos o bien adyacentes, en donde todos los álabes de la primera parte presentan valores de orientación cristalina que son inferiores al valor límite, mientras que todos los álabes de la segunda parte, complementaria, presentan valores de orientación cristalina que son por lo menos iguales a dicho valor límite. Como se explica más adelante en la presente con mayor detenimiento, son posibles varias de dichas divisiones virtuales.

De manera correspondiente, en una realización la rejilla de álabes puede consistir en dos o tres primeros sectores, en especial separados entre sí, y en dos o tres segundos sectores, en especial separados entre sí. Dicho con otras palabras, puede la rejilla de álabes dividirse virtualmente en por ejemplo cuatro partes teniendo cada una por lo menos tres álabes consecutivos o bien adyacentes, presentando todos los álabes de dos partes separadas valores de orientación cristalina que son inferiores a un valor límite, mientras que todos los álabes de las otras dos partes separadas presentan valores de orientaciones cristalina que son por lo menos iguales a dicho valor límite.

En una realización, la yuxtaposición de los álabes en sectores de por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o de por lo menos cinco álabes consecutivos con una orientación cristalina similar puede diferenciarse más aún. En especial, los segundos álabes, pueden subdividirse en mayor grado aun de manera correspondiente a su orientación cristalina en primeros segundos álabes, cuyo valor de orientación cristalina es por lo menos igual al primer valor límite y al mismo tiempo inferior a un segundo valor límite, y en segundos segundos álabes cuyo valor de orientación cristalina es por lo menos igual al segundo valor límite. Para una exposición más concisa estos segundos segundos álabes de la rejilla de álabes, llevan en lo que sigue también se iba la denominación de "terceros álabes". Con ello los primeros segundos álabes y los segundos segundos álabes forman conjuntamente los segundos álabes.

En una realización y de manera correspondiente, la rejilla de álabes presenta por lo menos un primer sector, de manera exacta uno o varios segundos sectores, que consisten cada uno de ellos en por lo menos tres, en especial, por lo menos cuatro o por lo menos cinco, primeros segundos álabes perimetralmente consecutivos o adyacentes, y por lo menos un segundo sector, en especial exactamente uno o varios segundos sectores, o bien por lo menos un tercer sector, en especial exactamente uno o varios terceros sectores, consistentes, cada uno de ellos de por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o de por lo menos cinco álabes o bien segundos segundos o bien terceros álabes, perimetralmente consecutivos o adyacentes, y que en lo que sigue en aras de brevedad también lleva(n) la designación de tercero(s) sector(es).

En una realización, la rejilla de álabes puede consistir en un primer sector, un primer primer sector y un segundo segundo sector. Con otras palabras, la rejilla de álabes puede dividirse en tres partes teniendo cada una por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o por lo menos cinco álabes consecutivos o bien adyacentes, en donde todos los álabes de la una parte presentan valores de orientación cristalina, que son más pequeños que un valor límite, todas los álabes muestran de otra parte muestran valores de orientación cristalina, que son por lo menos iguales a dicho valor límite y al mismo tiempo inferiores a otro valor límite, mientras que todos los álabes de la tercera parte muestran valores de orientación cristalina, que son por lo menos iguales a dicho valor límite adicional. De la misma manera, la rejilla de álabes puede presentar en lugar de uno, también dos o tres primeros sectores, en lugar de uno también tres segundos sectores y/o en lugar de uno, también dos o tres segundos sectores. De manera correspondiente la rejilla de álabes puede consistir en dos o tres primeros sectores, en especial separados entre sí, en dos o tres segundos segundos sectores, en especial separados entre sí y/o en dos o tres segundos segundos sectores, en especial separados entre sí.

La selección puede tener lugar en base a uno o varios valores límite previamente fijados, de manera tal que los álabes puedan asignarse a sectores previamente determinados. De la misma manera, por ejemplo, también es posible poner en fila o clasificar inicialmente los álabes en correspondencia a sus valores de orientación cristalina, seguidamente prefijar uno o varios valores límite en correspondencia a la distribución de las frecuencias de los valores de orientación cristalina y a continuación asignar los álabes en base a estos valores límite a sectores determinados. Si por ejemplo de 90 álabes fabricados 60 álabes presentan valores de orientación cristalina $|\alpha_i| < x$ y de estos nuevamente 30 álabes muestran valores de orientación cristalina $|\alpha_i| < y < x$, en tal caso "y" puede ser un primer valor límite, "x" puede ser un segundo valor límite, en base a los cuales los 90 álabes se asignan a, o se disponen en, sectores primero y segundo, o primero y segundo segundo.

En una realización y en especial cuando los valores límite están prefijados, puede en especial un primer y/o segundo valor límite, representar por lo menos el 10%, en especial, por lo menos el 25%, de un valor de orientación cristalino máximo de la rejilla de álabes en especial del valor de orientación cristalina de aquel álabe de la rejilla de álabes con el mayor valor de orientación cristalina de entre todos los álabes de la rejilla de álabes o con valor de orientación cristalina máximo admisible para la rejilla de álabes. En una realización, y a título adicional o como alternativa, el especial el primer y/o el segundo valor límite pueden representar a lo sumo el 90%, en especial a lo sumo el 75%, del máximo valor de orientación cristalino de la rejilla de álabes, Si por ejemplo la orientación cristalina primaria en la rejilla de álabes tiene un valor máximo del 15° o para la orientación cristalina primaria en la rejilla de álabes se ha prefijado un límite superior de 15° , en tal caso en una realización un primer valor límite puede representar $8^\circ = 15^\circ - 53\%$, y un segundo valor límite puede representar $12^\circ = 15^\circ - 80\%$.

En una realización, y en especial en el caso en que los valores límites correspondientes a la distribución de frecuencias de los valores de orientación cristalina han sido prefijados, los álabes de un primer sector o la totalidad de los primeros sectores pueden formar, cada uno de ellos o conjuntamente, por lo menos el 20%, en especial por lo menos el 35% del número de álabes de la rejilla de álabes. A título adicional o como alternativa los álabes del primer sector o bien la totalidad de los primeros sectores pueden formar, cada uno de ellos o conjuntamente, a lo sumo el 80 %, en especial a lo sumo el 65% del número de álabes de haz de álabes. En una realización, a título adicional en una realización, los álabes de un segundo sector o la totalidad de los segundos sectores, en especial un primer sector y/o un segundo segundo sector, cada de ellos o conjuntamente, pueden configurar por lo menos el 20%, en especial por lo menos el 35%, y/o a lo sumo el 80%, en especial a lo sumo el 65%, del número de álabes de la rejilla de álabes.

De acuerdo con la invención, dentro de un sector o de varios sectores, en especial dentro de todos los sectores, de la rejilla de álabes los valores de orientación cristalina de los álabes disminuyen o aumentan de manera monótona en una serie consecutiva, especial en el sentido de la rotación.

Como se explicó en la introducción, en una realización la rejilla de álabes consiste en los sectores anteriormente mencionados, es decir, todos los álabes de la rejilla de álabes están yuxtapuestos en correspondientes sectores. En otra realización, la rejilla de álabes puede presentar, además de los sectores arriba explicados, otros álabes más, que en un perfeccionamiento pueden estar dispuestos individualmente o de a pares entre sectores primero y segundo y/o entre sectores primero y segundo segundo sectores cada uno de ellos con por lo menos tres, en especial por lo menos cuatro o por lo menos cinco álabes de orientación cristalina similar. También de esta manera es posible obtener las ventajas arriba explicadas, por lo menos hasta cierto punto, pudiéndose elevar por otra parte, de manera ventajosa, la flexibilidad gracias a la disposición de los álabes.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la presente invención resultan de las reivindicaciones secundarias y de la siguiente descripción de realizaciones preferidas. En los dibujos, en forma parcialmente esquematizada:

la Figura 1 representa un procedimiento para fabricar la rejilla de álabes de acuerdo con la Figura 2 de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La Figura 2 muestra una rejilla de álabes de una máquina turbo de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 muestra una rejilla de álabes de una máquina turbo de acuerdo con una realización de la presente

invención en una vista axial, Figura 1, en especial si se observa conjuntamente con la Figura 2, un procedimiento para la fabricación de este haz de álabes.

En una primera etapa, señalada en la Figura 1a), se fabrican álabes de material monocristalino. Para los álabes fabricados se determina seguidamente, en una etapa representada en la Figura 1b), la magnitud de su orientación cristalina primaria como valor de orientación cristalina primaria $[\alpha]$. A continuación, se clasifican los álabes en una etapa indicada en la Figura 1c) en correspondencia a su orientación cristalina o bien en correspondencia a su valor de orientación cristalina primaria. Si por ejemplo su orientación cristalina es inferior a 8° , en tal caso los álabes se clasifican en una primera clase que en el ejemplo contiene los álabes 11, 12 y 13. Si su orientación cristalina primaria es de por lo menos 8° , pero está por ejemplo debajo de 12° , en tal caso se clasifican los álabes en una segunda clase que en el ejemplo corresponde a los álabes 21, 22 y 23. Si su orientación cristalina primaria es de por lo menos 12° y por ejemplo es a lo sumo 15° , en tal caso se clasifican los álabes en una tercera clase que en el ejemplo contiene los álabes 31, 32 y 33. Si su orientación cristalina primaria es superior a 15° , en tal caso se desechan los álabes como descarte. En especial, esta etapa representa una selección de álabes de acuerdo con su orientación cristalina.

Para fines de ilustración rige para los álabes 11,...14, 21,...25, 31, ... 37, de los que se compone la rejilla de álabes de la Figura 2:

$$|\alpha_{11}| \leq |\alpha_{12}| \leq |\alpha_{13}| \leq |\alpha_{14}| < 8^\circ \leq |\alpha_{21}| \leq |\alpha_{22}| \leq |\alpha_{23}| \leq |\alpha_{24}| \leq |\alpha_{25}| < 12^\circ \leq |\alpha_{31}| \leq |\alpha_{32}| \leq |\alpha_{33}| \leq |\alpha_{34}| \leq |\alpha_{35}| \leq |\alpha_{36}| \leq |\alpha_{37}| \leq 15^\circ.$$

Los álabes seleccionados de esta manera se asocian de manera correspondiente a su grado de orientación cristalina en tres sectores 1, 2, 3, de los que consiste la rejilla de álabes de la Figura 2. Al respecto, todos los primeros álabes 11,..., 14, cuyos valores de orientación cristalina $|\alpha_{1i}|$, $i = 1, \dots, 4$ es inferior a un primer valor límite de 8° , son dispuestos en el primer sector 1, todos los segundos álabes 21,... 25, cuyos valores de orientación cristalina $|\alpha_{2i}|$, $i = 1, \dots, 5$ son por lo menos iguales al primer valor límite al mismo tiempo menores que un segundo valor límite de 12° , se disponen en el primer segundo sector 2, y todos los otros segundos segundos o bien los terceros álabes, 31,... 37, cuyo valor de orientación cristalina $|\alpha_{3i}|$, $i = 1, \dots, 7$ es por lo menos igual al segundo valor límite, se disponen en el segundo segundo sector, o bien brevemente tercer sector 3.

En una realización no de acuerdo con la invención, dentro de los sectores los álabes pueden disponerse arbitrariamente, en especial para equilibrar la rejilla de álabes. De manera correspondiente, en una realización no de acuerdo con la invención los valores de orientación cristalina de los álabes dentro de los sectores están dispuestos de manera no regular lo que se indica mediante la secuencia {14, 12, 11, 13; 22, 21, 23, 24, 25; 31, 34, 36, 37, 33, 32, 35} de los álabes en dirección perimetral en la Figura 2.

De manera correspondiente la rejilla de álabes representado de la Figura 2 consiste en una cantidad de 16 álabes 14,12, 11, 13; 22, 21, 23, 24, 25; 31, 34, 36, 37, 33, 32, 35 de un material monocristalino, presentando cada álabe un valor de orientación cristalina $|\alpha|$, que depende de su orientación cristalina primaria. Al respecto, los valores de orientación cristalina de los primeros álabes 11,...14 son más pequeños que el primer valor límite de 8° , y los valores de orientación cristalina de los segundos álabes 21,...25, 31,...37 son por lo menos iguales a este primer valor límite, siendo los valores de orientación cristalina de los primeros segundos álabes 21,... 25 inferiores al segundo valor límite de 12° y siendo los valores de la orientación cristalina de los segundos álabes 31,...37 por lo menos iguales a este segundo valor límite.

Por lo tanto, la rejilla de álabes consiste en un primer sector 1, consistente en cuatro primeros álabes consecutivos 14, 12, 11 y 13, y un segundo sector 2+3, consistente en los 12 segundos álabes consecutivos 22, 21, 23, 24, 25; 31, 34, 36, 37, 33, 32 y 35. Por su parte, el segundo sector consiste en un primer segundo sector 2, consistente en los cinco primeros segundos álabes consecutivos 22, 21, 23, 24 y 25 y un segundo sector 3, consistente en los siete segundos álabes consecutivos 31, 34, 36, 37, 33, 32 y 35.

El primer valor límite de 8° representa el 53% del máximo valor de orientación cristalina de la rejilla de álabes de 15° , es decir por lo menos el 25% y a lo sumo el 75%. El segundo valor límite de 12° representa el 80% del valor máximo de orientación cristalina de la rejilla de álabes de 15° , es decir también de por lo menos el 25%, pero de a lo sumo el 90% del valor máximo de orientación cristalina de la rejilla de álabes, 15° .

Los cuatro álabes 14, 12, 11 y 13 del primer sector configuran el 25% del número de 16 álabes de la rejilla de álabes, los cinco álabes 22, 21, 23, 24 y 25 del primer segundo sector 2 representan el 31 % del número de 16, y los siete álabes 31, 34, 36, 37, 33, 32 y 35 del segundo segundo sector representan el 43% del número 16.

Si bien en la descripción precedente se han explicado realizaciones a título de ejemplo, cabe observar que es posible una pluralidad de variaciones.

Por ejemplo, se reconoce que la rejilla de álabes puede virtualmente dividirse también en otros sectores, cada uno de ellos con por lo menos tres álabes consecutivos o bien adyacentes. Así por ejemplo, también puede tener lugar una división en un primer sector $1' = \{14,12, 11, 13\}$, otro primer segundo sector $2' = \{22, 21, 23\}$ y otro segundo segundo sector $3' = \{24, 25, 31, 34, 36, 37, 33, 32, 35\}$, o de igual manera virtualmente también una subdivisión en un primer sector $1'' = \{14,12,11,13\}$, otra vez otro primer segundo sector $2'' = \{22, 21, 23, 24, 25, 31\}$ y otra vez otro segundo

5 segundo sector 3" = {34, 36, 37, 33, 32, 35}, presentando cada uno de estos sectores por lo menos tres álabes consecutivos, cuyas orientaciones cristalinas o bien valores de orientación cristalina son menores que otros primeros valores límites o bien o por lo menos iguales a ellos y mismo tiempo inferiores a otros segundos valores límite. Al mismo tiempo se presenta en cada caso una yuxtaposición suficiente de en cada caso tres álabes con orientaciones cristalinas similares. En el sentido de la invención, para la implementación de las características arriba explicadas es suficiente cuando por lo menos es posible una correspondiente subdivisión virtual, en la que se satisfagan las características correspondientes, especialmente en cuanto a número, tamaño y/o distribución de los álabes, valores límite y/o sectores.

10 Además, se señala que, en cuando a las realizaciones dadas como ejemplos, se trata meramente de ejemplos, que de ninguna manera han de limitar los alcances, las utilizaciones y la estructuración. Al contrario, por medio de la descripción precedente a la persona experta se le provee una guía para la implementación de por lo menos una realización dada como ejemplo, pudiéndose emprender diversas modificaciones, en especial en vista a la función y disposición de los componentes descritos, sin salir de los alcances de la protección, tal como resultan de las reivindicaciones y de estas combinaciones equivalentes.

15 **Lista de referencias numéricas**

1	Primer sector
2; 2'; 2"	Primer segundo sector
3; 3'; 3"	Segundo segundo sector
11,...14	Primer álabe
21,...25	Primer segundo álabe
31,...37	Segundo segundo álabe

REIVINDICACIONES

1. Rejilla de álabes para una máquina turbo, con una cantidad de álabes (11,...14; 21,...25; 31,...37), que presentan un material monocristalino, presentando cada álabe un valor de orientación cristalina ($|\alpha|$), que depende de una orientación de los cristales del material monocristalino de los álabes; y en donde los valores de orientación cristalina de los primeros álabes (11,...14) son más pequeños que un valor límite y los valores de orientación cristalina de los segundos álabes (21,...25; 31,...37) son por lo menos iguales a un primer valor límite;
- 5 caracterizado por que la rejilla de álabes presenta por lo menos un primer sector (1), que consiste en por lo menos tres primeros álabes consecutivos (14,12,11,13) y por lo menos un segundo sector (2+3; 2'+3'; 2''+3'') que consiste en por lo menos tres segundos álabes consecutivos (22, 21, 23, 24, 25; 31, 34, 36, 37, 33, 32, 35),
- 10 en donde los valores de orientación cristalina de los álabes de un sector están dispuestos de manera regular, a saber, en una secuencia uniforme.
2. Rejilla de álabes según la reivindicación 1, caracterizado por que la rejilla de álabes consiste en uno, dos o tres primeros sectores y uno, dos o tres segundos sectores.
3. Rejilla de álabes según la reivindicación 1, caracterizado por que los valores de orientación cristalina de los primeros de los segundos álabes (21,...25) son más pequeños que un segundo valor límite y los valores de orientación cristalina de los segundos de los segundos álabes (31,...37) son por lo menos iguales al segundo valor límite; y porque la rejilla de álabes consiste en por lo menos un primer grupo del segundo sector (2; 2'; 2''), que consiste en por lo menos primeros de los segundos álabes (22, 21, 23, 24, 25) y por lo menos un segundo grupo del segundo sector (3; 3'; 3''), que consiste en por lo menos tres segundos grupos de los segundos álabes consecutivos (31, 34, 36, 37, 33, 32, 35).
- 15 20
4. Rejilla de álabes según la reivindicación precedente, caracterizado por que la rejilla de álabes consiste en uno, dos o tres primeros sectores, uno, dos o tres primeros segundos sectores y uno, dos, o tres segundos segundos sectores.
5. Rejilla de álabes según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que un valor límite representa por lo menos el 10%, en especial por lo menos el 25%, y/o a lo sumo el 90%, en especial a lo sumo el 75% de un valor de orientación cristalina máximo de la rejilla de álabes.
- 25
6. Rejilla de álabes según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los álabes de un sector configuran por lo menos el 20%, en especial por lo menos el 35%, y/o a lo sumo el 80%, en especial a lo sumo el 65% del número de álabes de la rejilla de álabes.
- 30
7. Rejilla de álabes según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la orientación de la cristalización del material monocristalino depende de una desviación de una dirección de los cristales, en especial de la dirección [001] o de la dirección [100], del material monocristalino con respecto a una dirección de perfil, en especial de un eje de apilamiento o de una profundidad de una hoja de álabe del álabe.
8. Máquina turbo, en especial turbina de gas, con por lo menos una rejilla de álabes, en especial, una rejilla de rotor o de guía de una etapa de turbina o de compresor, de acuerdo con una de la reivindicaciones precedentes.
- 35
9. Procedimiento para la fabricación de una rejilla de álabes según una de las reivindicaciones precedentes, con las siguientes etapas:
- selección de álabes de acuerdo con la orientación de sus cristales, y
- disposición de los álabes seleccionados en sectores de acuerdo con sus valores de orientación cristalina;
- 40 estando los valores de las orientaciones de la cristalización de los álabes de un sector dispuestos de manera regular, es decir, en una secuencia uniforme.

Fig. 1

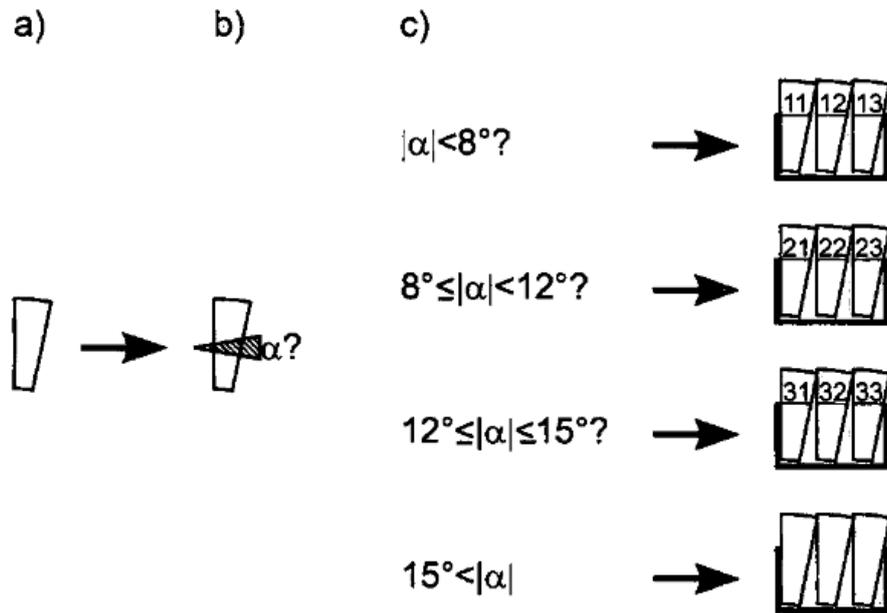


Fig. 2

