

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 836**

51 Int. Cl.:  
**B23P 15/02** (2006.01)  
**F01D 5/18** (2006.01)  
**B21K 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09728172 .9**  
96 Fecha de presentación: **17.03.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2254729**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2010**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un álabe hueco**

30 Prioridad:  
**25.03.2008 FR 0801598**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.03.2012**

73 Titular/es:  
**Snecma**  
**2 Boulevard du Général Martial Valin**  
**75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:  
**BERTRAND, Françoise;**  
**DUCLOS, Guillaume;**  
**FRANCHET, Jean-Michel, Patrick, Maurice y**  
**MOLINARI, Olivier, Michaël**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 376 836 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**

Procedimiento de fabricación de un álabe hueco

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un álabe hueco de turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Un procedimiento de este tipo es conocido por el documento EP 1 148 754.

5 En una turbomáquina, los álabes fijos o bien móviles están destinados a estar colocados en una vena de circulación de un flujo de aire. Con el fin de reducir la masa de la turbomáquina, ha sido ya propuesto utilizar álabes de materiales compuestos. Sin embargo, estos materiales son muy costosos y los álabes son técnicamente difíciles de realizar. Otra solución consiste en aligerar el álabe formando en él cavidades internas. Para esto, se forman canales en una pieza en bruto del álabe y después se rellenan con insertos de un material diferente del material del álabe. Una etapa de forjado, consistente en aplicar una fuerza mecánica a la pieza en bruto provista de los insertos, permite deformar la pieza en bruto para darla la forma final de un álabe de turbomáquina. Los insertos son finalmente eliminados por disolución química, siendo los álabes así obtenidos a la vez ligeros y resistentes a las tensiones mecánicas.

10 La elección del inserto es particularmente crítica puesto que éste debe satisfacer imperativamente una doble exigencia concerniente a sus propiedades mecánicas y a sus propiedades químicas. En efecto, durante la operación de forjado, la pieza en bruto es calentada para permitir su deformación mecánica, la temperatura de fusión de los insertos debe ser mayor que la temperatura de forjado. Además, el comportamiento reológico de los insertos debe ser suficientemente próximo al de la pieza en bruto, a la temperatura y a las velocidades de deformación consideradas, para obtener la forma y la repartición de las cavidades internas deseadas en el seno del álabe y evitar el aplastamiento demasiado importante de los insertos o bien la formación de fisuras internas en el álabe. En efecto, si el inserto es demasiado blando, durante la operación de forjado, las cavidades rellenas con los insertos se aplastarán, y por el contrario si el inserto es demasiado duro, pueden formarse grietas en el seno del álabe en la interfaz inserto / álabe, lo que fragiliza el álabe y limita la duración de su vida útil de servicio.

15 Esta técnica es utilizable para la fabricación de álabes huecos de aleación de titanio, con insertos de acero. Sin embargo, estas aleaciones de titanio son costosas y su utilización solamente se justifica cuando los álabes son sometidos a tensiones mecánicas importantes y/o a temperaturas elevadas.

20 La invención tiene por objeto un procedimiento que permita fabricar álabes huecos que sean ligeros y poco costosos.

A tal efecto, ésta propone un procedimiento de fabricación de un álabe hueco para turbomáquina consistente en formar canales en una pieza en bruto del álabe, en colocar insertos en los canales, en someter a la pieza en bruto a un forjado y en eliminar los insertos por disolución química, caracterizado porque el álabe es de aleación de aluminio y los insertos son de aleación de cobre.

25 La utilización de aluminio en combinación con cobre, permite, durante el forjado de la pieza en bruto y de los insertos, obtener la deformación deseada puesto que el cobre tiene un comportamiento reológico similar al del aluminio a las temperaturas requeridas para el forjado del aluminio.

30 Los insertos de cobre deformados por la operación de forjado son disueltos a continuación por inmersión en una solución de ácido nítrico.

De acuerdo con otra característica de la invención, el álabe comprende, después de la disolución química, al menos un canal formado en su espesor y que se extiende sensiblemente en toda su longitud según el perfil exterior del álabe.

35 De acuerdo con otra característica de la invención, el álabe es recubierto, antes de la eliminación de los insertos, por una película de protección resistente a la disolución química, los insertos restantes libres de cualquier película de protección.

40 Si la solución utilizada para la disolución química está prevista solamente para eliminar los insertos de cobre, es preferible proteger el álabe de aleación de aluminio. Para esto, se puede utilizar una cera, un barniz o un material adhesivo resistente al agente químico de disolución de los insertos.

45 De acuerdo con otra característica de la invención, la pieza en bruto del álabe es realizada por forjado en un plano de aluminio, después se forman canales en la pieza en bruto por perforación de ésta.

La invención se comprenderá mejor y otros detalles, ventajas y características de la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la descripción que sigue hecha a título de ejemplo no limitativo, refiriéndose a los dibujos anejos, en los cuales:

50 - la figura 1 es una vista en perspectiva de un álabe hueco realizado por forjado de acuerdo con la invención y que presenta una pluralidad de canales;

- la figura 2 es una vista esquemática en corte transversal de una variante del álabe hueco que presenta un único canal.

Se hará referencia en primer lugar a la figura 1 que representa un álabe hueco 10 de turbomáquina obtenido por el procedimiento de acuerdo con la invención. Un álabe 10 de este tipo comprende un pie 12 empalmado a una pala 14, cuyas superficies exteriores denominadas extradós 16 e intradós 18 están unidas por un borde de ataque 20 y un borde de fuga 22. El pie 12 está destinado a quedar insertado en una ranura correspondiente de un disco (no representado) de rotor de la turbomáquina mientras que la pala 14 está destinada a quedar colocada en la vena de circulación de un flujo de aire frío de la turbomáquina.

El procedimiento de acuerdo con la invención permite realizar un álabe 10 tal como está representado en la figura 1, que sea ligero y resistente. Para esto, el procedimiento propone utilizar un álabe 10 de aleación de aluminio y realizar las partes huecas 24 utilizando insertos de aleación de cobre.

El procedimiento consiste en realizar por perforación canales en una pieza en bruto de álabe de aluminio.

Por razones de coste, la pieza en bruto del álabe es realizada preferentemente por forjado en un plano de un bloque de aluminio. No obstante, para realizar la pieza en bruto pueden utilizarse otras técnicas, tales como el mecanizado.

A continuación, se introducen en los canales insertos de cobre de forma sensiblemente idéntica a la de los canales. La pieza en bruto de aluminio provista de los insertos es calentada después a una temperatura de aproximadamente 400 °C y deformada por técnicas de forjado conocidas por el especialista en la materia, con el fin de obtener la forma de álabe 10 deseada.

Durante la deformación en caliente, los comportamientos reológicos sensiblemente similares del cobre y del aluminio aseguran la obtención de la forma y de la repartición deseadas de los insertos en el seno del álabe 10 sin anomalías en las interfaces aluminio / cobre. Después del forjado, los insertos se extienden a lo largo de líneas curvas 26 correspondientes al perfil del álabe 10.

Los canales y los insertos tiene inicialmente una forma cilíndrica recta de sección circular, que pasa a ser curva de sección elíptica después del forjado.

Los insertos de cobre son disueltos a continuación por inmersión en una solución a base de ácido nítrico. Una solución de este tipo presenta la ventaja de disolver preferentemente el elemento de cobre con respecto a la aleación de aluminio y por tanto únicamente a los insertos. La disolución de los insertos puede obtenerse también dirigiendo chorros de ácido nítrico en dirección a cada uno de los emplazamientos de los insertos.

Con el fin de garantizar una protección óptima del álabe 10, se deposita una película de protección sobre el álabe de manera que le recubra, con la excepción de los emplazamientos correspondientes a los insertos de cobre con el fin de permitir su disolución.

La película de protección puede ser cera o un barniz o bien una película adhesiva, por ejemplo.

El álabe así obtenido puede comprender una pluralidad de cavidades o de canales que se extienden cada uno sensiblemente a lo largo de una línea central curva 26, según el perfil del álabe 10 de manera que las cavidades y los canales no desemboquen ni en las superficies extradós 16 e intradós 18, ni sobre los bordes de ataque 20 y de fuga 22. Los canales pueden ser desembocantes a la vez en la extremidad radialmente externa de la pala y a nivel del pie de álabe o bien ser desembocantes solamente a nivel del pie de álabe o en la extremidad radialmente externa de la pala. Los espesores de material que rodea a las cavidades son variables y resultan de un compromiso entre el aligeramiento del álabe y su resistencia mecánica, y son, por ejemplo, del orden de dos milímetros.

Las cavidades o los canales 24 pueden presentar una sección transversa no constante a lo largo de la línea central curva con el fin de, ventajosamente, adaptar su diámetro al espesor local del álabe 10, de manera que se obtenga una reducción óptima de la masa del álabe 10. Asimismo, es posible que las secciones de los canales 24 varíen en una dirección transversal de manera que se tengan secciones más importantes en el centro del álabe 10 donde el espesor es mayor y secciones menos importantes hacia el borde de fuga 22 y el borde de ataque 20.

Es igualmente posible realizar un único canal 28, lo que permite obtener una ganancia de masa todavía más importante (véase la figura 2).

Ventajosamente, la utilización de álabes huecos 10 de acuerdo con la invención permite disminuir aproximadamente un 20% la masa de una etapa de álabes fijos de turbomáquina.

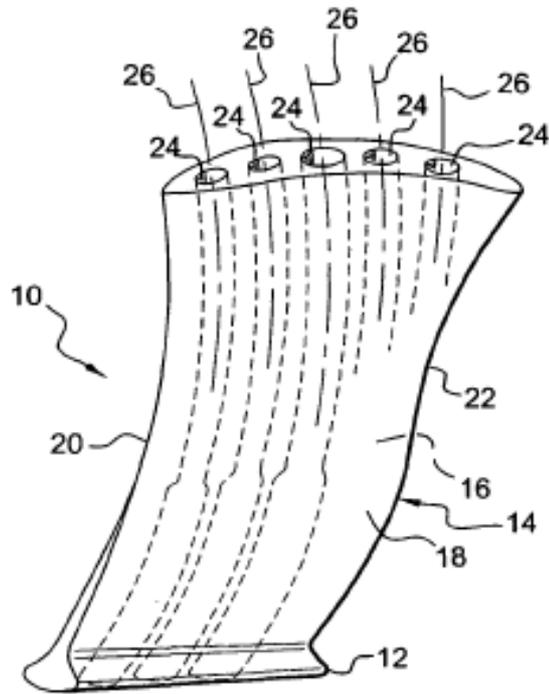
En un ejemplo particular de realización de la invención, los álabes 10 son de aleación de aluminio y de cinc y los insertos presentan un contenido de cobre superior al 99,90%, presentando la solución química de disolución una relación entre el volumen de una solución de ácido nítrico al 68% y el volumen de agua comprendida entre el 25% y el 80%. La temperatura de la solución de disolución está comprendida entre 20 °C y 60 °C.

El procedimiento de acuerdo con la invención puede ser utilizado, tanto para álabes móviles, como para álabes fijos en las diferentes secciones de una turbomáquina, en particular aquellas por las que pasan gases fríos o a temperatura poco elevada.

- 5 Así, en el caso de un turborreactor de doble flujo, los álabes fijos de guía del flujo de aire secundario que circula alrededor del motor pueden ser realizados de aluminio hueco utilizando el procedimiento de acuerdo con la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de fabricación de un álabe hueco (10) para turbomáquina que consiste en formar canales (24) en una pieza en bruto del álabe, en colocar insertos en los canales (24), en someter a la pieza en bruto a un forjado y en eliminar los insertos por disolución química, caracterizado porque el álabe (10) es de aleación de aluminio y los insertos son de aleación de cobre.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la disolución química es realizada por inmersión en una solución de ácido nítrico.
- 10 3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el álabe (10) comprende, después de la disolución química, uno o varios canales (24) formados en su espesor y que se extienden en toda su longitud según el perfil exterior del álabe (10).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el álabe (14) es recubierto, antes de la eliminación de los insertos, con una película resistente a la disolución química, los insertos restantes libres de cualquier película de protección.
- 15 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la pieza en bruto del álabe es realizada por forjado en un plano de aluminio, y después se forman canales (24) en la pieza en bruto por perforación de ésta.



**Fig. 1**



**Fig. 2**