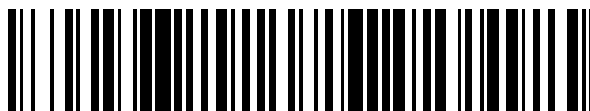


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 055**

51 Int. Cl.:

B22C 9/04 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2008** **E 08169108 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013** **EP 2186581**

54 Título: **Diseño de segmento de palas múltiples y método de fundición**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.11.2013

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
BROWN BOVERI STRASSE 7
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

**WARDLE, BRIAN KENNETH;
SOMMER, THOMAS PETER;
VON ARX, BEAT y
SAXER, ANDRE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 431 055 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

Diseño de segmento de palas múltiples y método de fundición

Campo técnico

5 La invención se refiere a la fundición de segmentos de palas múltiples de turbinas de gas industriales, que comprenden una pluralidad de superficies aerodinámicas y un carenado.

En esta memoria descriptiva:

se entiende que un carenado de un segmento de palas múltiples es un extremo distante, cuando está montado, del segmento de palas múltiples con relación al eje longitudinal de la turbina de gas industrial; y

10 un segmento de palas múltiples se define para comprender un carenado formado individualmente y una pluralidad de superficies aerodinámicas que se extienden en la misma dirección desde el carenado.

Información de antecedentes

15 Las turbinas de gas comprenden series de palas distribuidas circunferencialmente conectadas a un estator fundido por un carenado con características de fijación para fijar la pala al estator. Cada carenado de una pala está sellado de forma adecuada contra el carenado de palas adyacentes. El sellado añade complejidad significativa al conjunto y debe considerarse en el diseño de las palas con el fin de optimizar la eficiencia general de la turbina de gas. Por lo tanto, puede ser preferible reducir la longitud del sellado. Esto se puede conseguir, por ejemplo, diseñando la pala con una longitud de cuerda reducida disminuyendo de esta manera el tamaño del carenado, de donde resulta un área de sellado menor y una longitud de sellado más corta. Por ejemplo, la patente US N° 6 206 637 B1 describe una pala individual con carenado interior y exterior y refrigeración interna que tiene una relación entre el espesor de la pala y la longitud de la cuerda de entre 0,1 y 0,15. Una relación similar de 0,1-0,2 se puede utilizar también para palas de una hélice utilizada en un cubo de soplante centrífugo, como se describe en el documento JP 11 223199. Sin embargo, el cambio de las dimensiones de la pala por razones distintas a mejorar su rendimiento aerodinámico puede conducir a una pérdida general en la eficiencia de la pala.

25 Como una alternativa, las palas se pueden fabricar como segmentos de palas múltiples, de tal manera que cada segmento comprende una plataforma común y un carenado entre los cuales se forman dos o más superficies aerodinámicas. De esta manera, la longitud general del sellado para cada pala se reduce para un diseño dado, dando al ingeniero de diseño más libertad para considerar el rendimiento aerodinámico de la pala.

30 Ejemplos de segmentos de palas múltiples se describen en el documento US 2007/0122266 A1, que enseña una disposición de palas múltiples, donde las superficies aerodinámicas son selladas individualmente sobre una plataforma común. La patente US N° 4 043 385 describe que componentes complejos, tales como segmentos de palas múltiples, se pueden fundir en una pieza. Otras disposiciones de palas múltiples, en las que los segmentos se pueden fundir en una pieza se describen, además, en los documentos US 6.435.813 y US 7.377.743. El documento EP 1 526 251 A1 describe otro ejemplo de un segmento de palas múltiples para una turbina de gas, con carenados interior y exterior, mientras que la patente US N° 4 641 702 describe un método de fundición a la cera perdida para la fabricación de un segmento de palas múltiples de este tipo. Como se describe en los documentos EP 1 408 199 A1, GB 2 388 161 y WO 2006/060012, un segmento de palas múltiples, con un carenado interior y exterior, puede comprender más de tres superficies aerodinámicas.

40 A medida que las fundiciones se vuelven cada vez más largas y más complejas, como por ejemplo adoptando la forma de fundiciones de segmentos, los problemas de retracción se incrementan y es más difícil controlar los parámetros del proceso de fundición. Este problema conocido conduce a tasas de rechazos elevadas. Como resultado, los diseños complejos de segmentos de palas múltiples, que pueden fundirse económicamente para palas múltiples de motores de aviación, pueden tener tasas de rechazo inaceptablemente altas cuando se funden como segmentos de palas múltiples de turbinas de gas industriales más grandes.

Sumario de la invención

45 Se proporciona un segmento de palas múltiples para turbina de gas industrial más grande y un método de fundición de la misma que proporciona defectos de fundición reducidos cuando se funden por el método de patrón de cera.

El problema se resuelve por medio de los asuntos objeto de las reivindicaciones independientes. Las formas de realización ventajosa se dan en las reivindicaciones dependientes.

50 La invención se basa en la idea general de fundir un segmento de palas múltiples con una relación prescrita entre el volumen de carenado y el volumen de superficie aerodinámica que favorece la solidificación preferida de la superficie aerodinámica sobre el carenado después del vertido, reduciendo al mínimo de esta manera las tensiones internas en la fundición formada durante la solidificación sin la necesidad de controles complejos de refrigeración a

baja temperatura.

Un aspecto proporciona un segmento de palas múltiples de turbina de gas industrial que se puede fundir en una pieza utilizando el método del patrón de cera y comprende: una plataforma; al menos tres superficies aerodinámicas que se extienden radialmente desde la plataforma y que tienen un volumen combinado de superficies aerodinámicas, una longitud de cuerda y un espesor de la superficie aerodinámica; y un carenado, dispuesto sobre un extremo de las superficies aerodinámicas radialmente distante desde la plataforma, con un volumen de carenado, en el que la relación del volumen del carenado con respecto al volumen combinado de la superficie aerodinámica define una primera relación. El segmento se caracteriza por que tiene una primera relación que es mayor o igual a 1,4:1. En otro aspecto, la primera relación está limitada a menos de 2:1. Se ha encontrado que estos límites de la relación favorecen la solidificación de la superficie aerodinámica resultando una calidad mejorada de la fundición para un segmento de palas múltiples de tres superficies aerodinámicas que tiene un peso de fundición de 65 kg. Sin embargo, es razonable esperar que sean aplicables relaciones para otras piezas fundidas de segmentos de palas múltiples de patrón de cera que pesan 55 kg o más.

La fundición de los segmentos de palas múltiples de turbinas de gas industriales para la primera relación definida permite, en otro aspecto, la fundición del segmento de palas múltiples para otra segunda relación mayor o igual a 7:1, donde la segunda relación se define como la relación entre la longitud de la cuerda de la superficie aerodinámica y el espesor de la superficie aerodinámica. De esta manera, se proporciona un diseño aerodinámicamente eficiente que se puede fundir económicamente por la longitud reducida del sellado del carenado.

Otro aspecto proporciona un proceso para fundir un segmento de palas múltiples de turbinas de gas industriales que pesa más de 55 kg, que es adecuado para fundición como una pieza y comprende: una plataforma; al menos tres superficies aerodinámicas que se extienden radialmente desde la plataforma con un volumen combinado de superficies aerodinámicas, una longitud de la cuerda y un espesor de la superficie aerodinámica; y un carenado, dispuesto sobre un extremo radialmente distante de la superficie aerodinámica con respecto al eje longitudinal de la turbina, que tiene un volumen de carenado. El segmento de palas múltiples tiene, además, una primera relación definida por la relación entre el volumen del carenado y el volumen combinado de la superficie aerodinámica, y una segunda relación definida por la relación de la longitud de la cuerda y el espesor de la superficie aerodinámica. El proceso se caracteriza por fundir, por medio del método de patrón de cera, el segmento de palas múltiples con una primera relación mayor o igual a 1,4:1 y una segunda relación mayor o igual a 7:1.

Otras ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción siguiente, tomada en conexión con los dibujos que se acompañan, en los que se describe, a modo de ilustración y ejemplo, una forma de realización ejemplar de la invención.

Breve descripción de los dibujos

A modo de ejemplo, a continuación se describe una forma de realización de la invención más completamente con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo del método de fundición de patrón de cera.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un segmento de palas múltiples de turbina de gas industrial producido por el método de la figura 1 con las dimensiones de la invención; y

La figura 3 es una vista en sección a través de II-II en la figura 2 del segmento de palas múltiples de turbina de gas industrial.

Descripción detallada de la invención

A continuación se describen formas de realización preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos, en las que se utilizan los mismos números de referencia para referirse a los mismos elementos en toda la descripción. En la descripción siguiente, para fines de explicación, se muestran numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión amplia de la invención. No obstante, es evidente que la invención se puede practicar sin estos detalles específicos.

La figura 1 muestra las etapas de un método de patrón de cera o de fundición a la cera perdida ejemplar. En primer lugar, un patrón de cera del segmento de palas múltiples¹ se forma inyectando plástico, cerámica o cera y el grupo montado. A continuación, se prepara un molde de cáscara a partir del patrón de cera. El molde de cáscara es des-encerado entonces, por ejemplo mediante calentamiento en una autoclave de vapor presurizado, después de lo cual el molde de cáscara es sometido a preparación para pre-fundición y precalentamiento. A continuación se vierte la colada y se deja enfriar y solidificar. Después de la solidificación, se retira la cáscara y se limpia la fundición. Finalmente, los procesos de tratamiento y térmico y otros procesos de acabado, seguidos por inspección y aceptación de la calidad, completan el proceso.

La figura 2 muestra un segmento de palas múltiples de turbinas de gas industriales 1 fundido por medio de un método de patrón de cera de la figura 1. El segmento de palas múltiples 1 comprende una plataforma 2 que tiene al menos tres superficies aerodinámicas 10 que se extienden radialmente desde la plataforma 2 y un carenado 20 dispuesto sobre el extremo radialmente opuesto de las superficies aerodinámicas 10 con relación a la plataforma 2 que, cuando está montado en una turbina, es también el extremo distante del segmento de palas múltiples 1 con relación al eje longitudinal LA de la turbina. Aunque la forma de realización ejemplar permite solamente tres superficies aerodinámicas 10, el segmento de palas múltiples 1 podría comprender cuatro o más superficies aerodinámicas 10, donde el número de superficies aerodinámicas 10 está limitado, en parte, por la producción de la fundición, la capacidad técnica y la capacidad de la planta.

A través de la selección de la relación del volumen, definida por el volumen del carenado 20 con relación al volumen combinado de las superficies aerodinámicas, es decir, el volumen combinado desplazado por todas las tres superficies aerodinámicas 10 del segmento de palas múltiples 1, se favorece la solidificación de las superficies aerodinámicas 10 antes de la solidificación del carenado 20 después del vertido. Por este medio, es posible reducir los defectos de la fundición y/o reducir al mínimo las tensiones internas en la fundición mejorando el drenaje de metal líquido desde el carenado hasta porciones de las superficies aerodinámicas 10 de la cáscara de fundición a medida que las superficies aerodinámicas 10 se retraen durante la solidificación. Esto es particularmente ventajoso para segmentos de palas múltiples más grandes 1 del tipo de turbina de gas industrial, ya que es más difícil controlar la temperatura de solidificación de partes individuales de piezas fundidas más grandes, más complejas. Por lo tanto, estas medidas proporcionan tasas de rechazo menores de piezas fundidas que si los segmentos de palas múltiples estuvieran diseñados predominantemente sólo sobre la base de factores aerodinámicos.

Se ha encontrado que la gama de relaciones preferidas de volumen depende de un número de factores, que incluyen el número de superficies aerodinámicas 10 en el segmento de palas múltiples 1 y el tamaño o peso total de la pieza fundida. Donde el segmento de palas múltiples 1 tiene al menos tres superficies aerodinámicas 10 y tiene un peso de más de 65 kilogramos o al menos más de 55 kilogramos, una relación de volumen con preferencia mayor o igual que 1,4:1 asegura favorablemente la solidificación de las superficies aerodinámicas 10 antes de la solidificación del carenado 20. Incrementando el peso del carenado se incrementa la tensión operativa sobre las superficies aerodinámicas 10 y, por lo tanto, para compensar la tensión operativa y el rendimiento de la fundición, es preferible la relación de volumen a menos de 2:1.

Cuando se reduce la complejidad del segmento de palas múltiples 1, por ejemplo reduciendo el número de superficies aerodinámicas 10 en el segmento de palas múltiples 1 o de manera alternativa reduciendo el peso de la pieza fundida, una gama más amplia de relaciones de volumen puede proporcionar todavía una calidad adecuada de la pieza fundida debido al efecto reducido de retracción.

La figura 3 muestra una vista en sección de un segmento de palas múltiples 1 ejemplar que muestra la longitud de la cuerda 15 y el espesor de la superficie aerodinámica 16.

La longitud de la cuerda 15 es la longitud igual a la distancia lineal entre el borde delantero 11 y el borde trasero 12. La longitud de la cuerda 15 de una superficie aerodinámica 3D puede variar a lo largo de la altura radial de las superficies aerodinámicas 10. Para tener en cuenta esto, en esta memoria descriptiva, la longitud de la cuerda 15 debe entenderse que significa la longitud media numérica de la cuerda 15 a lo largo de la altura radial 17 de las superficies aerodinámicas 10.

De la misma manera, el espesor de la superficie aerodinámica 16, definido a una altura radial 17 dada es la longitud perpendicular máxima (espesor) entre el lado de presión 14 y el lado de aspiración 13 de las superficies aerodinámicas 10. Puesto que el espesor de la superficie aerodinámica 16 puede variar a lo largo de la altura 17 de las superficies aerodinámicas 10, para proporcionar un significado consistente al término a través de esta memoria descriptiva, debe entenderse que el espesor de las superficies aerodinámicas 16 significa el espesor medio numérico de las superficies aerodinámicas 16 a lo largo de la longitud radial 17 de las superficies aerodinámicas 10 del segmento de palas múltiples 1.

Las características aerodinámicas de las superficies aerodinámicas 10 se pueden mejorar incrementando la longitud de la cuerda 15, reduciendo al mismo tiempo el espesor de la superficie aerodinámica 16, pero una longitud incrementada de la cuerda 15 requiere un carenado 20 más grande que, a su vez, requiere una longitud de sellado incrementada. Además, la rigidez de las superficies aerodinámicas 10 se reduce a medida que se reduce el espesor de la superficie aerodinámica 16. Fundiendo un segmento de palas múltiples 1 con al menos tres superficies aerodinámicas 10, se reduce la longitud total del sellado y de esta manera se puede conseguir un incremento económico en el tamaño de la plataforma que, a su vez, proporciona la oportunidad de incrementar la longitud de la cuerda 15.

Si el segmento de las palas se configura, además, como un segmento de palas múltiples 1 que tiene un carenado común 20 dispuesto sobre el extremo radialmente distante de las superficies aerodinámicas 10, se incrementa la rigidez de las superficies aerodinámicas 10 permitiendo un diseño más fino de las superficies aerodinámicas 10.

5 Fundiendo una pala de turbina de gas industrial como un segmento de palas múltiples 1, con la relación de volumen especificada de las formas de realización ejemplares de la invención, es posible fundir económicamente un segmento de palas múltiples 1, que pesa más de 55 kg, o al menos más de 65 kg, con una relación entre la longitud e la cuerda 15 y el espesor de las superficies aerodinámicas 16 mayor o igual a 7:1, proporcionando de esta manera un segmento de palas múltiples 1 con características aerodinámicas mejoradas.

Aunque la invención ha sido mostrada y descrita aquí concebida como la forma de realización más práctica y preferida, se reconoce que se pueden realizar variaciones dentro del alcance de la invención, que no están limitadas a los detalles descritos aquí, pero que son conformes con las reivindicaciones anexas para comprender todos y cada uno de los dispositivos y equipos equivalentes.

10 **Lista de signos de referencia**

- 1 Segmento de palas múltiples
- 2 Plataforma
- 10 Superficies aerodinámicas
- 15 11 Borde delantero
- 12 Borde trasero
- 13 Lado de aspiración
- 14 Lado de presión
- 15 Longitud de la cuerda
- 20 16 Espesor de la superficie aerodinámica
- 17 Altura radial
- 20 Carenado
- LA Eje longitudinal

REIVINDICACIONES

- 1.- Un segmento de palas múltiples de turbina de gas industrial (1) que se puede fundir en una pieza utilizando el método del patrón de cera y que pesa más de 55 kgs, que comprende:
- 5 una plataforma (2);
- al menos tres superficies aerodinámicas (10) que se extienden radialmente desde dicha plataforma (2) y que tienen un volumen combinado de superficies aerodinámicas, una longitud de cuerda (15) y un espesor de la superficie aerodinámica (16); y
- 10 un carenado (20), dispuesto sobre un extremo de las superficies aerodinámicas (10) radialmente distante desde dicha plataforma (2), con un volumen de carenado,
- en el que la relación del volumen del carenado con respecto al volumen combinado de la superficie aerodinámica define una primera relación,
- el segmento de palas múltiples (1) se caracteriza por que dicho segmento de palas múltiples (1) tiene:
- una primera relación que es mayor o igual a 1,4:1; y
- 15 una segunda relación, definida como la relación entre la longitud de la cuerda (15) de las superficies aerodinámicas (10) y el espesor de las superficies aerodinámicas (16), mayor o igual a 7:1.
- 2.- El segmento de palas múltiples (1) de la reivindicación 1, en el que dicha primera relación es inferior a 2:1.
- 3.- El segmento de palas múltiples (1) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el segmento de palas múltiples (1) pesa más de 65 kg.
- 20 4.- El segmento de palas múltiples (1) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el segmento de palas múltiples (1) comprende tres superficies aerodinámicas (10).
- 5.- Un proceso para fundir un segmento de palas múltiples de turbinas de gas industriales (1) que pesa más de 55 kg, en una sola pieza, comprendiendo el segmento de palas múltiples:
- una plataforma (2);
- 25 al menos tres superficies aerodinámicas (10) que se extienden radialmente desde dicha plataforma (2) con un volumen combinado de superficies aerodinámicas, una longitud de la cuerda (15) y un espesor de la superficie aerodinámica (16); y
- un carenado (20), dispuesto sobre un extremo de dichas superficies aerodinámicas (10) radialmente distante con respecto a dicha plataforma, que tiene un volumen de carenado,
- 30 en el que el segmento de palas múltiples (1) tiene, además, una primera relación definida por la relación entre el volumen del carenado y el volumen combinado de la superficie aerodinámica, y una segunda relación definida por la relación de la longitud de la cuerda (15) y el espesor de la superficie aerodinámica (16),
- el proceso se caracteriza por fundir, por medio del método de patrón de cera, dicho segmento de palas múltiples (1) con una primera relación mayor o igual a 1,4:1 y una segunda relación mayor o igual a 7:1.

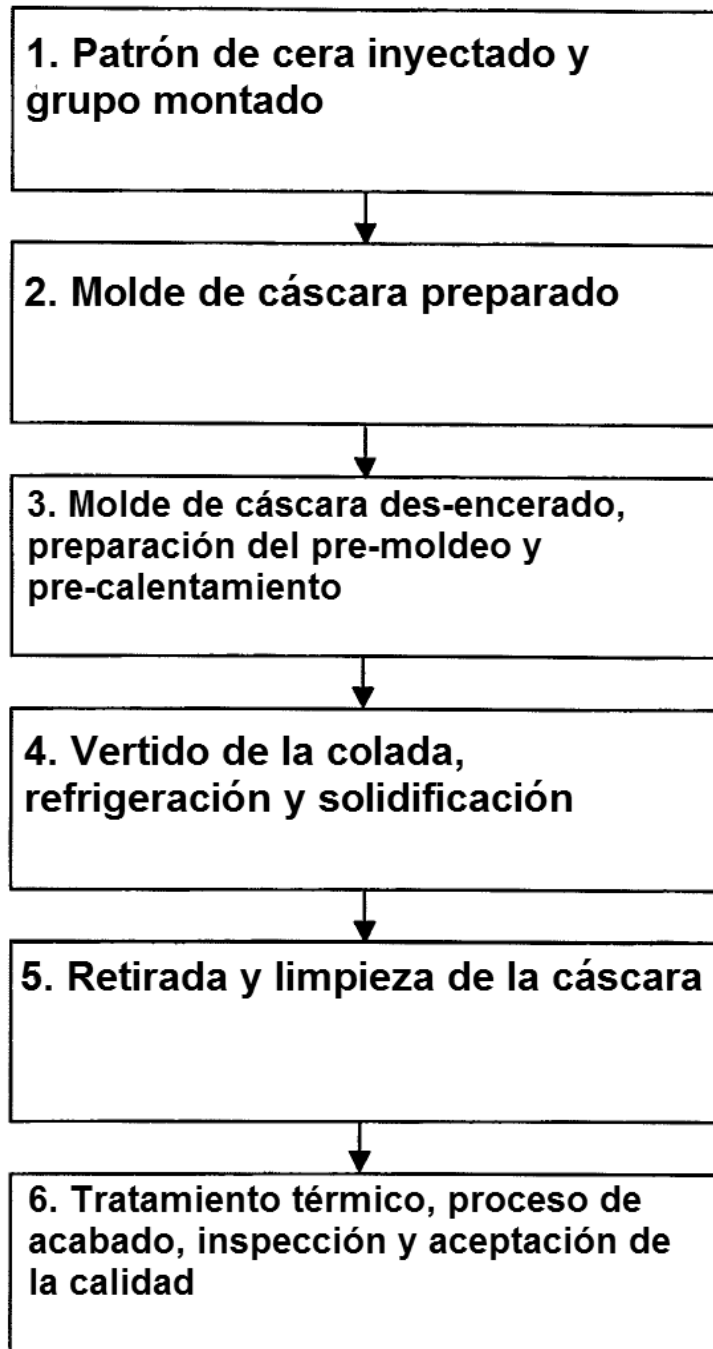


FIG. 1

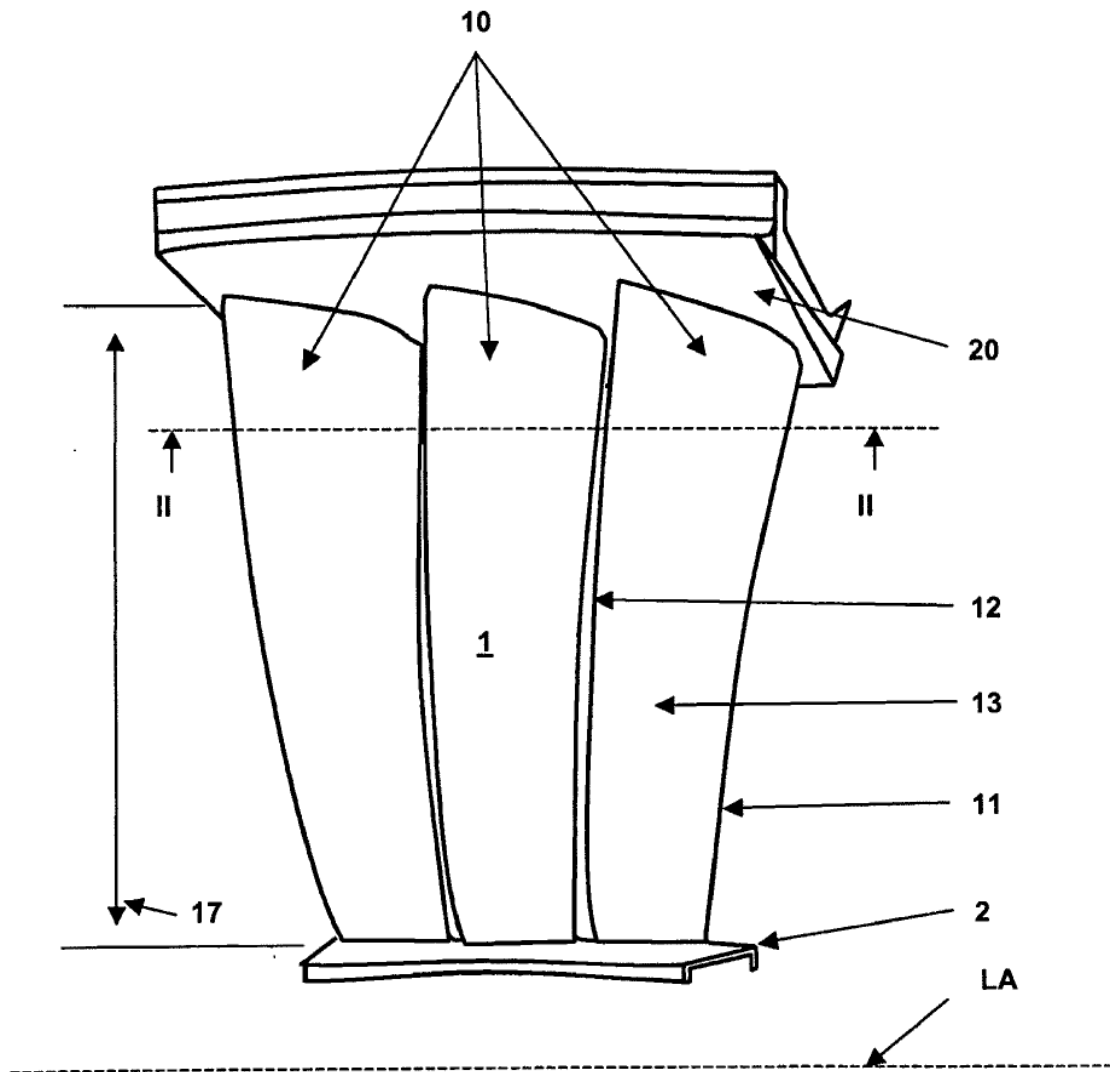


FIG. 2

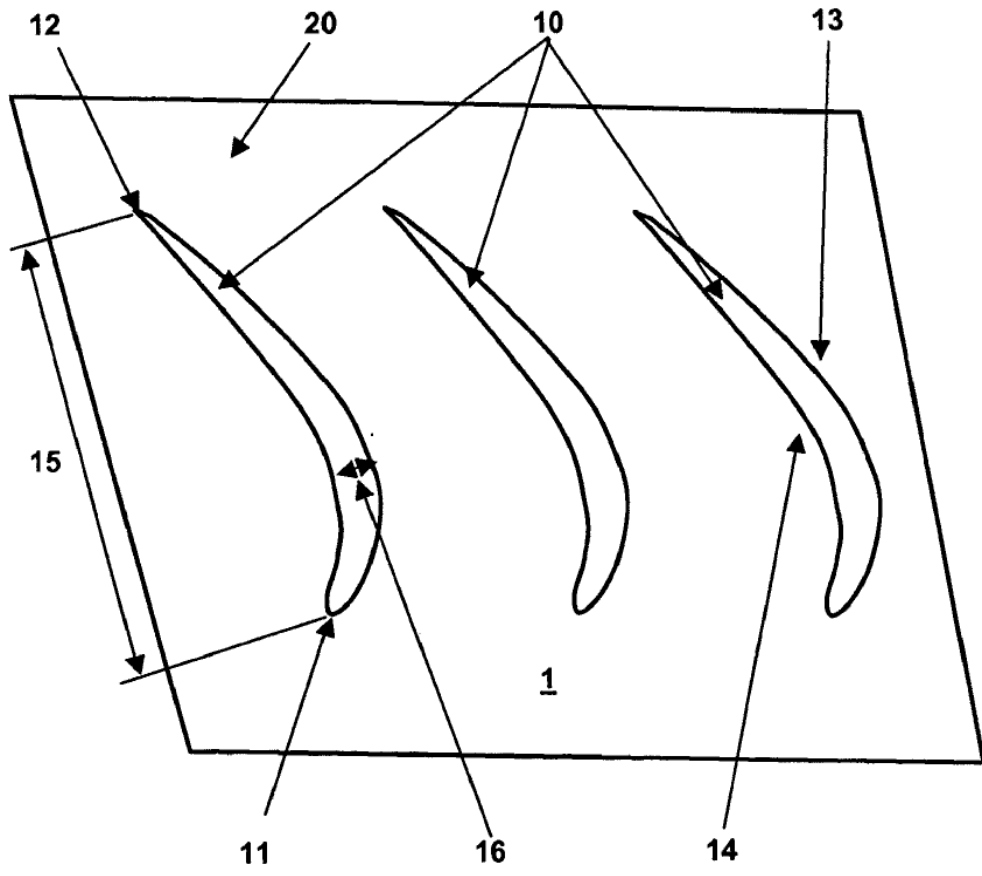


FIG. 3