

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 821**

51 Int. Cl.:  
**F01D 5/18** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09793895 .5**
- 96 Fecha de presentación: **19.05.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2304185**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.04.2011**

54 Título: **Pala de turbina para una turbina de gas y núcleo fundido para su fabricación**

30 Prioridad:  
**10.07.2008 EP 08012518**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.05.2012**

73 Titular/es:  
**Siemens Aktiengesellschaft  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:  
**BOLMS, Hans-Thomas;  
AHMAD, Fathi y  
LERNER, Christian**

74 Agente/Representante:  
**Carvajal y Urquijo, Isabel**

**ES 2 381 821 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

Pala de turbina para una turbina de gas y núcleo fundido para su fabricación.

5 La invención se refiere a una pala de turbina para una turbina de gas con una hoja de pala hueca, a través de la cual puede circular un gas caliente, en cuyo canto trasero están distribuidos varios orificios para el soplado de un medio de refrigeración que refrigera las palas de turbina y que están separados unos de los otros por medio de nervaduras dispuestas en medio, de manera que en el interior de la hoja de la pala está previsto al menos un espacio vacío conectado según la técnica de circulación con varios orificios, en el que están previstos varios elementos de turbulencia curso arriba de las nervaduras, los cuales presentan, respectivamente un lado de ataque de la corriente que está dirigido hacia la circulación de refrigerante que llega allí. Además, la invención se refiere a un núcleo fundido para la utilización en un dispositivo de fundición para la fabricación de una pala de turbina fundida de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, para dejar detrás después de la retirada del núcleo fundido fuera de la pala de turbina fundida un espacio hueco a través del cual circula un refrigerante en la pala de turbina.

15 Una pala de turbina y un núcleo fundido del tipo mencionado al principio para la fabricación de una pala de turbina de este tipo se conocen, por ejemplo, a partir del documento WO 2003/042503 A1. La pala de turbina conocida presenta un canto trasero refrigerado, en el que están dispuestos varios orificios para el soplado del aire de refrigeración, separados unos de los otros por medio de nervaduras dispuestas en medio –que se conocen ya en inglés también como “tear drops” (lágrimas)-. Delante de los orificios dispuestos en el canto trasero está dispuesto un espacio hueco común, en el que están dispuestas tres series de zócalos del tipo de columna –conocidos también en inglés con el nombre de “Pin-Fins” (aletas de pasador), que están previstos allí para la elevación de la transmisión de calor del aire de refrigeración que circula por delante de ellos y para la elevación de la pérdida de presión.

20 El núcleo fundido necesario para la fabricación de una pala de turbina de este tipo se representa en perspectiva en la figura 7 del documento WO 2003/042503. El espacio ocupado por el núcleo fundido permanece después de la fabricación de la pala de turbina fundida como espacio hueco en la pala de turbina, de manera que unos orificios dispuestos en el núcleo fundido están rellenos con material fundido. A este respecto, el núcleo fundido representa la copia negativa del interior de la pala de turbina.

Las aletas de pasador conocidas a partir del documento WO 2003/042503 A1 tienen una forma cilíndrica y conectan las superficies interiores opuestas entre sí de la pared lateral de aspiración y la pared lateral de presión de la hoja de la pala de turbina.

30 A este respecto se conoce ajustar la cantidad de aire de refrigeración que sale por el canto trasero de la pala de turbina a través de una selección adecuada de la pérdida máxima de presión y/o el área mínima de la sección transversal a través de la cual circula el aire de refrigeración cerca del canto trasero. No obstante, este modo de proceder puede conducir a núcleos fundidos, en los que los orificios previstos en el canto trasero del núcleo fundido llegan a ser tan grandes que entre ellos solamente permanecen todavía nervaduras de separación comparativamente finas. Sin embargo, durante la manipulación del núcleo fundido se puede romper el núcleo fundido exactamente en este lugar, de manera que se inutiliza a continuación.

Por lo demás, se conocen a partir del documento WO 2003/042503 A1 unos elementos de guía en forma de C dispuestos en el interior para aire de refrigeración, que deben realizar una desviación y una conducción sin pérdidas del aire de refrigeración a regiones curso debajo de la corriente.

40 Además, se conoce a partir del documento EP 1 091 092 A2 una pala de turbina refrigerada por aire. Para conseguir una refrigeración especialmente eficiente de un lado de aspiración o bien de un lado de presión de pared hueca de la hoja de la pala, están dispuestos en el espacio hueco de la pared doble unos pasadores en forma de retículo. Los pasadores presentan especialmente una forma de rombo, estando redondeadas sus esquinas y estando arqueados sus cantos de forma cóncava hacia dentro. Por lo tanto, entre los pasadores se forma una red de pasos para aire de refrigeración, que presentan, respectivamente, un orificio de entrada estrechado y un orificio de salida estrechado, entre los cuales está dispuesta una sección de difusor y sección de toberas. Con la ayuda de las secciones debe ralentizarse y acelerarse el aire de refrigeración, para conseguir la refrigeración eficiente.

45 Por lo tanto, el cometido de la invención es la preparación de una pala de turbina del tipo mencionado al principio para una turbina de gas, que se puede refrigerar de una manera eficiente y suficiente con una cantidad lo más reducida posible de refrigerante y/o en la que para la fabricación se puede utilizar un núcleo fundido en un dispositivo de fundición, que se puede manipular de manera especialmente robusta.

El cometido planteado a la pala de turbina se soluciona con una pala de turbina de acuerdo con las características de la reivindicación 1. El cometido planteado al núcleo fundido se soluciona con un núcleo fundido de acuerdo con las características de la reivindicación 9.

- La invención se basa en el reconocimiento de que se puede conseguir un núcleo fundido más estable cuando los primeros orificios dispuestos en el canto interior del núcleo fundido se reducen adicionalmente en la sección longitudinal, de manera que se ensanchan las nervaduras de separación dispuestas en medio en el núcleo fundido. Este ensanchamiento de las nervaduras de separación dispuestas en el núcleo fundido conduce, sin embargo, en una pala de turbina fabricada con un núcleo fundido de este tipo a un incremento de los orificios dispuestos en el canto trasero, a través de los cuales se escapa el refrigerante desde la pala de turbina. Puesto que hasta ahora estos orificios servían también para el ajuste del consumo de refrigerante, los orificios más grandes conducen de esta manera a un consumo elevado de refrigerante. Esta elevación no es en principio deseable y reduce el rendimiento de la turbina de gas. Para contrarrestar ahora este efecto, la invención propone elevar la pérdida de presión en la zona de curso arriba de los orificios del canto trasero de la pala de turbina, dicho con mayor exactitud: en un espacio hueco dispuesto delante de los orificios de acuerdo con la técnica de la circulación y de esta manera prever allí una resistencia elevada a la circulación, para compensar, cuando no incluso sobre compensar el efecto mencionado anteriormente de un caudal de flujo incrementado de refrigerante. Para conseguir una pérdida de presión más elevada –comparada con las aletas de pasadores cilíndricos conocidas a partir del estado de la técnica– en la circulación de refrigerante curso arriba de los orificios en el canto trasero de la pala de turbina, se propone de acuerdo con la invención que curso arriba de las nervaduras estén previstos varios elementos de turbulencia, que presentan en cada caso un lado de ataque de la corriente dirigido hacia la circulación de refrigerante que llega allí, que está arqueado al menos parcialmente de forma cóncava. A través de esta medida se puede tolerar un incremento de los orificios, sin que con ello se establezca un consumo elevado de refrigerante.
- Otra ventaja del lado de ataque de la corriente arqueado de forma cóncava de los elementos de turbulencia es una elevación adicional de la transmisión de calor entre las superficies interiores de las paredes laterales de la hoja de la pala y de la circulación de refrigerante que circula a lo largo de ellas a través de una turbulencia incrementada en el refrigerante.
- El dimensionado geométrico de los elementos de turbulencia de acuerdo con la invención como curvatura del lado de ataque de la corriente, tamaño y extensión longitudinal y/o distancia entre los elementos de turbulencia dispuestos en una serie se selecciona en este caso de manera adecuada para ajustar la pérdida de presión interna necesaria y/o la transmisión de calor deseada.
- En este caso, se pueden derivar las relaciones entre las diferentes dimensiones geométricas con respecto a la cantidad de aire de refrigeración que circula a través de ella y las diferencias de la presión.
- La pérdida de presión y la transmisión de calor se pueden regular también a través de la selección adecuada del número de los elementos de turbulencia de acuerdo con la invención dentro de una serie transversalmente a la dirección de la circulación principal del refrigerante.
- La hoja de la pala comprende una pared lateral de aspiración y una pared lateral de presión, cuyas superficies interiores respectivas delimitan el espacio hueco y los canales, que se extienden desde el espacio hueco hacia los orificios, entre las nervaduras. Los elementos de turbulencia se extienden en este caso, respectivamente, desde una de las dos superficies interiores hasta la otra superficie interior y las conectan. De esta manera, se bloquea parcialmente la circulación de refrigerante entre la superficie interior de la pared lateral de presión y la superficie interior de la pared lateral de aspiración. Independientemente de la extensión de los elementos de turbulencia desde una superficie interior hasta la otra superficie interior, las dos superficies interiores de las paredes laterales pueden estar también inclinadas entre sí, de tal manera que –consideradas en la sección transversal de la hoja de la pala– convergen hacia el canto trasero de la pala de turbina. En particular, de esta manera es posible tender la sección transversal mínima, que puede ser atravesada por la corriente, de las palas de turbina en una zona, en la que están dispuestos los elementos de turbulencia. Ésta es otra diferencia con respecto a una pala de turbina conocida a partir del estado de la técnica, en la que, en general, la sección transversal mínima, que puede ser atravesada por la corriente de refrigerante, está presente entre las nervaduras, la cual separa los orificios o bien los canales dispuestos en el canto trasero de la pala de turbina unos de los otros.
- Esto puede conducir a un desplazamiento hacia delante insignificante, pero esencial del lugar de estrangulamiento en la zona de los elementos de turbulencia, es decir, fuera de la zona de las nervaduras.
- Los elementos de turbulencia están configurados en forma de C, considerados en la sección longitudinal. Su forma de arco puede ser, por consiguiente, en forma de segmento circular o también en forma de segmento de elipse, es decir, en forma de hoz. Tal forma provoca una pérdida de presión comparativamente grande, si los extremos son atacados por la corriente.
- Además, está previsto que los extremos en forma de arco de los elementos de turbulencia estén orientados de tal forma que éstos estén dirigidos, al menos en una medida insignificante, hacia la circulación de refrigerante que llega allí en el funcionamiento. De esta manera, el refrigerante que incide sobre el lado arqueado cóncavo de ataque de la corriente puede ser conducido desde los dos extremos en forma de arco hacia el centro que se encuentra en medio y puede ser recogido, con lo que se ajusta curso arriba de ellos una presión dinámica especialmente grande en la

circulación de refrigerante, lo que puede conducir a una pérdida de presión especialmente grande. Con los elementos de turbulencia de acuerdo con la invención no debe realizarse una derivación del aire de refrigeración.

Las configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes.

5 De acuerdo con un primer desarrollo ventajoso, los elementos de turbulencia pueden estar dispuestos directamente curso arriba de las nervaduras en al menos una serie transversalmente a la dirección de circulación principal de refrigerante. Con preferencia, en este caso cada uno de los elementos de turbulencia de la serie presenta un lado de ataque de la corriente arqueado al menos parcialmente de forma cóncava. De esta manera, es posible ajustar sobre toda la extensión longitudinal de la pala de turbina – con otras palabras; sobre toda la altura de la hoja de la pala- una pérdida de presión unitaria para el refrigerante y una transmisión unitaria de calor. Pero también es concebible  
10 prever en una serie diferentes geometrías de elementos de turbulencia de acuerdo con la invención o también diferentes distancias, para cumplir requerimientos locales en la refrigeración.

De manera más conveniente, en el caso de una pala de turbina de acuerdo con la invención –considerada en la dirección longitudinal de la hoja de la pala- la distancia entre dos elementos de turbulencia adyacentes puede ser el factor 2 menor que su extensión respectiva en dirección longitudinal.

15 De acuerdo con otra configuración ventajosa, curso arriba y/o curso abajo de los elementos de turbulencia puede estar previsto otro medio para la estimulación de la turbulencia del refrigerante que circula a través del espacio hueco hacia los orificios. El otro medio puede comprender en este caso una pluralidad de columnas o zócalos dispuestos en un retículo, es decir, las aletas de pasadores cilíndricos conocidos a partir del estado de la técnica. De manera alternativa o complementaria a ello, también es concebible que el otro medio se forme a partir de otra serie  
20 de elementos de turbulencia de acuerdo con la invención. Por consiguiente, no sólo puede estar presente una única serie de elementos de turbulencia de acuerdo con la invención, sino también varias series de elementos de turbulencia de acuerdo con la invención, que están alineados, respectivamente, con preferencia, perpendicularmente a la circulación de refrigerante. Esto eleva adicionalmente la pérdida de presión.

25 Los espacios huecos y los orificios de salida que están presentes en una pala de turbina fundida se pueden fabricar a través de un núcleo fundido utilizado en un dispositivo de fundición, que se retira después de la fundición de la pala de turbina fuera de éste de manera conocida. Para la fabricación de una pala de turbina fundida de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se propone un núcleo fundido para la utilización en un dispositivo de fundición, que comprende un canto trasero del núcleo fundido, en el que están dispuestos varios primeros orificios para la formación de las nervaduras en el canto trasero de la pala de turbina. Además, en el núcleo fundido están previstos  
30 otros varios orificios, que están dispuestos en una segunda zona, que está adyacente a una primera zona, en la que están dispuestos los primeros orificios. Los segundos orificios del núcleo fundido sirven para la fabricación de los elementos de turbulencia de acuerdo con la invención.

35 De acuerdo con la invención, en este caso está previsto que al menos uno de los dos orificios esté formado al menos parcialmente de forma cóncava. Para la formación de elementos de turbulencia configurados de forma correspondiente en la pala de turbina, la parte cóncava de los segundos orificios está alejada del canto trasero del núcleo fundido. Con un núcleo fundido de este tipo se pueden fabricar palas de turbina de acuerdo con la invención, que generan curso arriba de las nervaduras, es decir, en el interior de la pala de turbina una pérdida de presión comparativamente alta para el refrigerante, con lo que las nervaduras presentes entre los orificios previstos en el canto trasero de la pala de turbina se pueden realizar más pequeños. Las nervaduras más pequeñas se consiguen  
40 en este caso por medio de un núcleo fundido, cuyos primeros orificios en el canto trasero del núcleo fundido son igualmente más pequeños. Las nervaduras de separación presentes entre los primeros orificios en el núcleo fundido – que definen en la pala de turbina fundida los orificios del canto trasero – están configuradas comparativamente anchas – con respecto al núcleo fundido convencional, lo que eleva, en general, la estabilidad del núcleo fundido -. Un núcleo fundido configurado de acuerdo con la invención tienen, por lo tanto, menos a rotura cerca del canto trasero del núcleo fundido que un núcleo fundido convencional y, por lo tanto, es más sencillo, más robusto y es más manejable. Ejemplos de realización preferidos de la invención se representan en los dibujos y se explican en detalle en la siguiente descripción de las figuras, de manera que los mismos signos de referencia se refieren a componentes iguales o similares o funcionalmente iguales. Se muestra de forma esquemática lo siguiente:

45 La figura 1 muestra una pala motriz de turbina conocida a partir del estado de la técnica en una representación en perspectiva.  
50

La figura 2 muestra una sección longitudinal a través de la zona del canto trasero de la pala motriz de turbina conocida a partir del estado de la técnica.

55 La figura 3 muestra un fragmento similar a la figura 2 a través de una primera pala de turbina de acuerdo con la invención con lados de ataque de la corriente arqueados de forma cóncava de acuerdo con una primera configuración.

La figura 4 muestra una configuración alternativa de los elementos de turbulencia dispuestos en series de una pala de turbina de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra un núcleo fundido de acuerdo con la invención en representación en perspectiva para la fabricación de una pala de turbina de acuerdo con la invención, y

5 La figura 6 muestra una sección transversal a través del canto trasero de una pala de turbina de acuerdo con la invención.

Una pala de turbina de gas 10 a la que se refiere la invención se representa en perspectiva en la figura 1. La pala de turbina de gas 10 está configurada de acuerdo con la figura 1 como pala motriz. La invención se puede utilizar también en una pala de guía no representada de una turbina de gas. La pala de turbina 10 comprende una pata de pala 12 en forma de abeto en la sección transversal así como una plataforma 14 dispuesta en ella. En la plataforma 14 se conecta una hoja de pala 16 curvada aerodinámicamente, que presenta un canto delantero 18 así como un canto trasero 20. En el canto delantero 18 están previstos uno orificios de refrigeración dispuestos, por decirlo así, como “cabeza de ducha”, desde los que puede salir un refrigerante que circula en el interior, con preferencia aire de refrigeración. La hoja de pala 16 comprende una pared lateral de aspiración trasera 22 –con respecto a la figura 1– así como una pared lateral de presión 24 delantera. A lo largo del canto trasero 20 están previstos una pluralidad de orificios de cantos traseros 28, que están separados unos de los otros por medio de nervaduras 30 dispuestas en medio. El canto trasero 20 está configurado en este caso, por decirlo así, como canto trasero Cut-Back (recortado), de manera que los orificios 28 se encuentra más bien en el lado de presión que en el centro del canto trasero 20.

La figura 20 muestra el interior de la pala de turbina 10 conocida a partir del estado de la técnica en una sección longitudinal a lo largo de un plano, extendida desde una línea media, que extiende desde el canto delantero 18 hacia el canto trasero 20 de la hoja de la pala 16, y desde la dirección longitudinal de la pala, que se extiende desde la pata de la pala 12 hacia la punta de la pala.

En la figura 2, más a la derecha, están previstos los orificios de los cantos traseros 28, entre los cuales están dispuestas las nervaduras 30. Las nervaduras 30 se extienden esencialmente paralelas a una circulación de gas caliente, que circula durante el funcionamiento alrededor de la hoja de la pala 16 desde el canto delantero 18 hacia el canto trasero 20. En la izquierda de la figura 2 se representan una pluralidad de columnas o bien zócalos 32 dispuestos en un retículo. Tanto las columnas 32 como también las nervaduras 30 se extienden en este caso desde una superficie interior 34 de la pared lateral de aspiración 22 hacia una superficie interior no representada de la pared lateral de presión 24. Por consiguiente, las columnas 32 están dispuestas en un espacio hueco 38 de la pala de turbina 10, que está delimitado lateralmente por la pared lateral de aspiración 22 y la pared lateral de presión 24.

En el caso de la utilización de la pala de turbina 10 en una turbina de gas, durante el funcionamiento se hace circular un refrigerante a través del espacio hueco 38, con preferencia de aire de refrigeración 40. En general, la parte no representada en la figura 2 de la pala de turbina está configurada en el interior de tal manera que el campo de zócalos es atacado por la corriente de aire de refrigeración 40 de manera esencialmente uniforme. El ataque uniforme de la circulación de los zócalos 32 dispuestos en el retículo se muestra por medio de las flechas marcadas con 40. El aire de refrigeración 40 incide sobre zócalos individuales 32 y en este caso es desviado por éstos, de manera que su dirección de la circulación principal 40 permanece esencialmente inalterada. En este caso aparecen turbulencias en el aire de refrigeración 40. El calor introducido por el gas caliente en las paredes de la pala 22, 24 es conducido desde éstas en adelante hasta los zócalos 32. El aire de refrigeración 40, que incide sobre los zócalos 32, absorbe el calor y lo transporta. Después de que el aire de refrigeración 40 ha recorrido el campo de zócalos, entra en los canales 41, que conectan el espacio hueco 38 con los orificios 28. Después de circular a través de los canales 41, el aire de refrigeración 40 sale a través de los orificios 28 desde la pala de turbina 10 y se mezcla con el gas caliente que circula alrededor de la hoja de la pala 16.

Las turbulencias que se producen durante la circulación a través del campo de zócalos en el refrigerante 40 elevan la transmisión de calor desde las paredes laterales 22, 24 de la hoja de la pala 16 en el aire de refrigeración, de manera que se puede conseguir una descarga comparativamente eficiente del calor. Para conseguir una transmisión todavía más incrementada de calor desde las paredes laterales 22, 24 al aire de refrigeración 40, sin elevar adicionalmente la cantidad de aire de refrigeración necesaria, se propone con la invención según la figura 3 nuevos elementos de turbulencia 42. Los elementos de turbulencia 42 según la figura 3 presentan un lado de ataque de la corriente 44 dirigido hacia el aire de refrigeración afluente 40, que está arqueado al menos parcialmente de forma cóncava. En la sección longitudinal, los elementos de turbulencia 42 de acuerdo con la invención están configurados en forma de C, es decir, en forma de hoz, de manera que los extremos de arco 46 de los elementos de turbulencia 42 están orientados de tal manera que éstos están dirigidos al menos en una medida insignificante hacia la circulación de refrigerante que llega allí en el funcionamiento. Los elementos de turbulencia 42 están dispuestos en una serie transversalmente a la dirección de circulación principal del refrigerante, de manera que cada uno de los elementos de turbulencia 42 de una serie presenta un lado de ataque de la corriente 44 arqueado al menos parcialmente de forma cóncava o está configurado en forma de hoz. A diferencia de la disposición conocida a partir del estado de la técnica según la figura 2, dos series de pasador han sido sustituidas por una serie de

elementos de turbulencia 42 de acuerdo con la invención.

5 La forma de hoz de los elementos de turbulencia 42 puede estar alineada en este caso, como se representa en las figuras 3 y 4, en el espacio hueco 38 de tal manera que los extremos de un elemento de turbulencia 42 se encuentran a alturas diferentes de la hoja de la pala 16. Éstos están incorporados en una turbina entonces sobre radios diferentes –con relación a un eje de máquina de la turbina de gas, alrededor del cual gira el rotor. Pero de manera alternativa también es concebible que los elementos de turbulencia 42 no sólo estén configurados en forma de hoz en la sección longitudinal, sino adicionalmente también estén configurados en forma de hoz en la sección transversal. De esta manera resulta un contorno, en general, en forma de taza o en forma de plato del elemento de turbulencia 42 con un lado de ataque de la corriente 44 al menos parcialmente esférico, que genera una pérdida de presión especialmente grande.

15 A través del posicionamiento de elementos de turbulencia 42 de acuerdo con la invención curso arriba de las nervaduras 30, en el interior de la pala de turbina 10, es posible incrementar una anchura  $d$  (figura 4) del orificio 28, sin que con ello se produzca un consumo elevado de aire de refrigeración. Los elementos de turbulencia 42 presentan, frente a los zócalos 32 dispuestos en series, una resistencia a la circulación todavía más elevada, de manera que en este lugar se ajusta una pérdida elevada de la presión, que impide el aumento de consumo de refrigerante.

20 De acuerdo con la figura 4, evidentemente también es concebible utilizar diferentes configuraciones geométricas en elementos de turbulencia 42 de acuerdo con la invención en series diferentes. Así, por ejemplo, una longitud  $h$  en dirección longitudinal, una anchura  $b$  y, por lo tanto, el arqueado del lado cóncavo de ataque de la corriente 44 de los elementos de turbulencia 42 y la distancia  $L$  entre dos series adyacentes se pueden adaptar a los requerimientos locales.

25 La figura 6 muestra la sección VI de la figura 3 a través de una pala de turbina de acuerdo con la invención con los nuevos elementos de turbulencia 42. La pared lateral de aspiración 22 y la pared lateral de presión 24 se extienden hacia el canto trasero 20. Los orificios 28 están separados unos de los otros, por su parte, por medio de nervaduras 30 dispuestas en medio. Una superficie interior 34 de la pared lateral de aspiración 22 se encuentra frente a una superficie interior 48 de la pared lateral de presión 24 en forma de cuña, de manera que, consideradas en la dirección de la circulación principal del refrigerante 40, éstas convergen hacia el canto trasero 20, es decir, que terminan una sobre la otra. Entre las superficies interiores 34, 48 están previstas, de forma sucesiva en la dirección de la circulación principal, en primer lugar dos series de zócalos 32, que a continuación de las cuales está dispuesta, de acuerdo con la técnica de la circulación, una serie de elementos de turbulencia 42 configurados de acuerdo con la invención. A continuación siguen las nervaduras 30 con los canales 41 dispuestos entre ellas.

35 La figura 5 muestra en representación en perspectiva un núcleo fundido 110 de acuerdo con la invención con primeros orificios 130 dispuestos en una primera zona cerca del canto trasero 120 del núcleo fundido. Adyacente a ellos está prevista, en una segunda zona, una pluralidad de segundos orificios 142 dispuestos en dos series. Los segundos orificios 142 presentan al menos un contorno parcial, que está configurado de forma cóncava.

40 A través de la utilización del núcleo fundido 110 en un dispositivo de fundición, con éste se puede fabricar una pala de turbina de acuerdo con la invención, de manera que el espacio ocupado por el núcleo fundido 110 permanece después de la fabricación de la pala de turbina fundida como espacio hueco en la pala de turbina. Los orificios 130, 142 presentes en el núcleo de fundición 110 son rellenados durante la fundición de la pala de turbina 10 por material fundido y de esta manera permanecen a continuación como elementos estructurales, a saber, como nervaduras 30 y elementos de turbulencia 42, en la pala de turbina.

En general, un núcleo fundido 110 de acuerdo con la invención presenta un contorno complementario del interior de la pala de turbina de acuerdo con la invención.

La invención se puede utilizar tanto en una pala motriz como también en una pala de guía.

45 En general, con la invención se propone una pala de turbina con una estructura interior parcialmente nueva. Los elementos nuevos están dispuestos curso arriba de las nervaduras 30 dispuestas en el canto trasero 20 de la hoja de pala 16 de la pala de turbina. La estructura contiene unos elementos de turbulencia 42 dispuestos en una serie, que presentan un lado de ataque de la corriente 44 que puede ser atacado por una corriente de refrigerante 40, que está curvado al menos parcialmente de forma cóncava de acuerdo con la invención. Con preferencia, los elementos de turbulencia 42 están configurados en forma de hoz. Esta forma especialmente desfavorable desde el punto de vista aerodinámico de los elementos de turbulencia 42 provoca una pérdida de presión considerable, lo que dificulta la circulación del refrigerante a través de los mismos. Esto posibilita incrementar la anchura  $d$  de los orificios 28 (ver la figura 4) en comparación con una pala de turbina 10 conocida a partir del estado de la técnica, sin que con ello se ajuste un consumo elevado de refrigerante. También con la invención se prepara un núcleo fundido 110 esencialmente más estable, puesto que los primeros orificios 130 necesarios en el núcleo fundido 110 para la

fabricación de las nervaduras 30 de una pala de turbina pueden estar ahora más distanciados que hasta ahora. Esto conduce a una estabilidad mayor del núcleo fundido 110 en la zona del canto trasero 120 del núcleo fundido, con lo que éste tiene menos tendencia a romperse y, por lo tanto, se puede manipular de forma más robusta.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Pala de turbina para una turbina de gas con una hoja de pala (16) hueca, a través de la cual puede circular un gas caliente, en cuyo canto trasero (20) están distribuidos varios orificios (28) para el soplado de un medio de refrigeración (40) que refrigera las palas de turbina y que están separados unos de los otros por medio de nervaduras (30) dispuestas en medio, de manera que en el interior de la hoja de la pala (16) está previsto al menos un espacio vacío (38) conectado según la técnica de circulación con varios de los orificios (28), en el que están previstos varios elementos de turbulencia (42) curso arriba de las nervaduras (30), que se extienden, respectivamente, desde una superficie interior (34) de una pared lateral de aspiración (22) de la hoja de la pala (16) hasta la otra superficie interior (48) de una pared lateral de presión (24) de la hoja de la pala (16) y presentan, respectivamente, un lado de ataque de la corriente (44) que está dirigido hacia la circulación de refrigerante que llega allí, caracterizada porque al menos uno de los elementos de turbulencia (42) – considerados en la sección longitudinal y/o en la sección transversal (16) – está configurado en forma de C con un lado de ataque de la corriente (44) arqueado al menos parcialmente cóncavo, de manera que los extremos del arco (46) opuestos entre sí del elemento de turbulencia (42) están dirigidos hacia la circulación de refrigerante que llega allí en el funcionamiento para la elevación de la pérdida de presión.
- 2.- Pala de turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los elementos de turbulencia (42) están dispuestos curso arriba de las nervaduras (30) en al menos una serie transversalmente a la dirección de la circulación principal del refrigerante y/o cada uno de los elementos de turbulencia (42) de la serie presenta un lado de ataque de la corriente (44) arqueado al menos parcialmente cóncavo.
- 3.- Pala de turbina de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que en la dirección de la circulación de la hoja de la pala (16) la distancia entre dos elementos de turbulencia (42) adyacentes es el factor 2 menor que su extensión respectiva en dirección longitudinal.
- 4.- Pala de turbina de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que las superficies interiores (34, 48) están inclinadas entre sí de tal forma que convergen – consideradas en la sección transversal de la hoja de la pala (16) – hacia el canto trasero (20) de la pala de turbina.
- 5.- Pala de turbina de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que en el espacio hueco (38) curso arriba y/o curso debajo de los elementos de turbulencia (42) está previsto otro medio (32, 42) para la estimulación de la turbulencia del refrigerante (40) que circula a través del espacio hueco (38) hacia los orificios (28).
- 6.- Pala de turbina de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el otro medio (32) comprende una pluralidad de columnas / zócalos (32) dispuestos en un retículo.
- 7.- Pala de turbina de acuerdo con la reivindicación 6, en la que las columnas o zócalos (32) están configurados de forma cilíndrica.
- 8.- Pala de turbina de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el otro medio está formado por al menos una serie de elementos, cuyo contorno corresponde al contorno de uno de los elementos de turbulencia (42).
- 9.- Núcleo fundido (110) para la utilización en un dispositivo de fundición para la fabricación de una pala de turbina fundida de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, para dejar detrás después de su retirada fuera de la pala de turbina fundida un espacio hueco (38), a través del cual circula un refrigerante (40) en la pala de turbina,
- con una primera zona cerca de un canto trasero (120) del núcleo fundido, en el que están dispuestos varios primeros orificios (130) para la formación de nervaduras (30) en el canto trasero (120) de la pala de turbina, y
  - con varios segundos orificios (142), que están dispuestos en una segunda zona adyacente a la primera zona de los primeros orificios (130), y por medio de los cuales permanecen elementos de turbulencia (42) en la pala de turbina fundida,
- caracterizado porque al menos uno de los segundos orificios (142) está configurado al menos parcialmente cóncavo para la formación de elementos de turbulencia (42) en forma de C, configurados de forma correspondiente, en la pala de turbina (10), de manera que la parte cóncava del orificio (130, 142) y los extremos en arco presentes a través de la forma en C de los segundos orificios (142) están alejados del canto trasero (120) del núcleo fundido.
- 10.- Núcleo fundido (110) de acuerdo con la reivindicación 9, con el que se puede fabricar una pala de turbina de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8.

FIG 1

(Estado de la técnica)

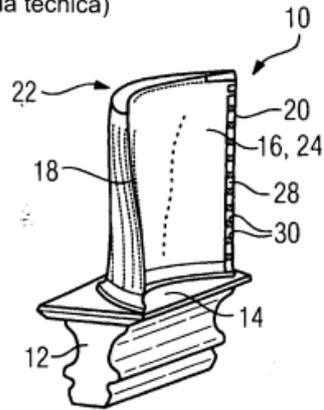


FIG 2

(Estado de la técnica)

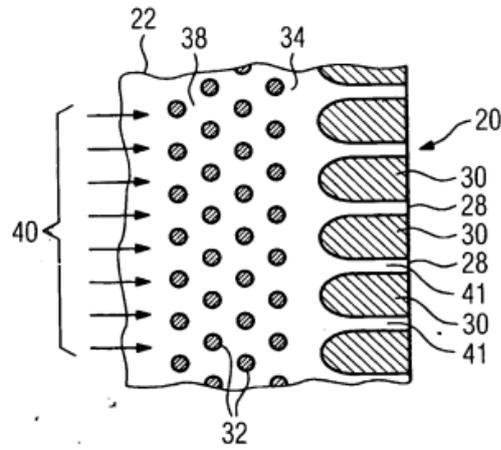


FIG 3

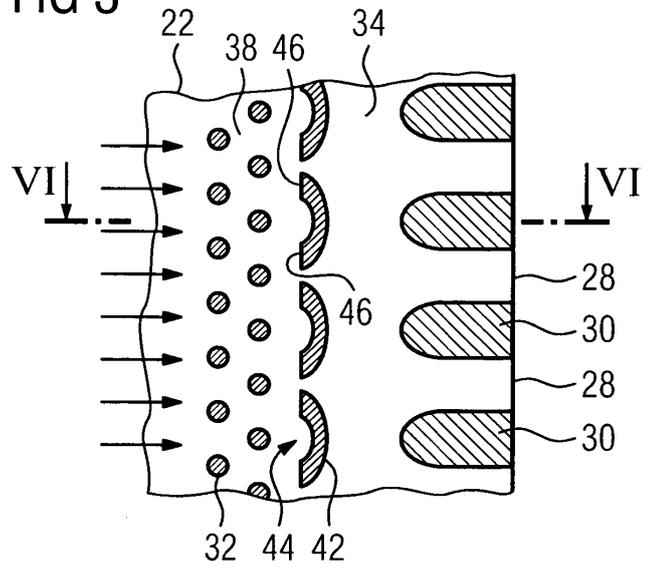


FIG 4

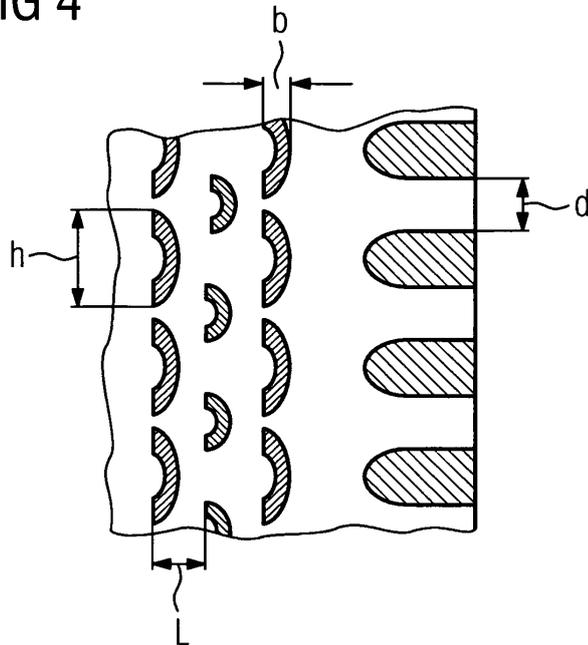


FIG 5

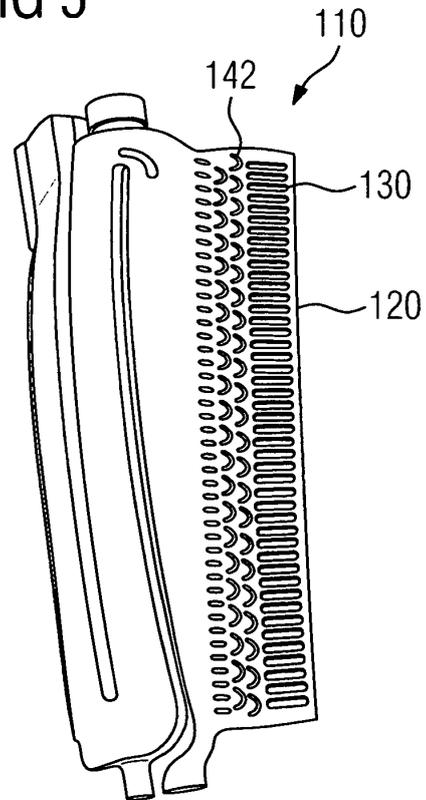


FIG 6

