

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 065**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/14** (2006.01)

**F01D 5/18** (2006.01)

**F01D 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2011** **E 11194338 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014** **EP 2607624**

54 Título: **Álabe para una turbomáquina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.03.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SZIJARTO, JANOS**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 531 065 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).

**ÁLABE PARA UNA TURBOMÁQUINA****DESCRIPCIÓN**

5 La presente invención se refiere a un perfil aerodinámico para una turbomáquina y más particularmente a un álabe para una turbomáquina.

10 En las turbomáquinas de la actualidad diversos componentes de la turbomáquina funcionan a temperaturas muy altas. Estos componentes incluyen el componente de pala o álabe, que tienen forma de un perfil aerodinámico. En la presente solicitud sólo se usa "álabe", pero las especificaciones pueden transferirse a una pala. Las altas temperaturas durante el funcionamiento de la turbomáquina pueden dañar el componente de álabe, por lo que es importante la refrigeración del componente de álabe. La refrigeración de estos componentes se consigue generalmente haciendo pasar un fluido de refrigeración que puede incluir aire desde un compresor de la turbomáquina a través de un paso de núcleo moldeado para dar el componente de álabe.

15 Componentes de la turbomáquina tales como la pala o el álabe están sujetos a cambios de temperatura y también a tensiones mecánicas que dan como resultado daños en el componente. Este proceso de daño por fatiga se denomina generalmente fatiga termomecánica (TMF).

20 Un perfil aerodinámico tal como un álabe tiene un borde de ataque y un borde de salida. Actualmente, el borde de ataque de la parte de perfil aerodinámico del álabe se refrigera mediante refrigeración por impacto o mediante refrigeración por película, por ejemplo como en el documento DE 4328401, y el borde de salida por disposición matricial de nervios, superficies con espigas/aletas, etc., por ejemplo como en el documento FR 2943380. Sin embargo, una disposición de este tipo no puede impedir el fallo del componente debido a fatiga termomecánica.

25 Por tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar un álabe para una turbomáquina que reduzca el daño debido a fatiga termomecánica.

30 El objetivo se consigue proporcionando un álabe para turbomáquina según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 14.

35 Según la invención, el álabe para una turbomáquina incluye al menos una cavidad interior definida por una pared interior que tiene una pluralidad de orificios de impacto, y una pared exterior que rodea la pared interior formando un paso entre las mismas para que un fluido de refrigeración pase a través de los orificios de impacto desde la cavidad interior hacia el paso, en el que la pared exterior comprende una pluralidad de aberturas para la salida del fluido de refrigeración de manera que la pared exterior está dividida en una pluralidad de partes desconectadas entre sí mediante aberturas que permiten la expansión térmica independiente de dichas partes. Al tener una pluralidad de orificios de impacto en la pared interior se consigue la refrigeración debida a impacto. Además, el paso mejora la refrigeración del álabe tanto en la pared interior como en la pared exterior. Además, la abertura en la pared exterior proporciona la salida del fluido de refrigeración, lo que da resultado la refrigeración por película en la pared exterior reduciendo de ese modo la temperatura. De manera adicional, al hacer que las aberturas se formen en la pared exterior como resultado de una pluralidad de partes de la pared exterior que están desconectadas entre sí, se garantiza una cantidad suficiente de expansión térmica sin provocar tensiones sobre la otra parte de la pared exterior. Esta disposición evita la tensión provocada debido a fatiga termomecánica en el álabe.

45 En una realización, las aberturas se extienden en una dirección radial con respecto a un eje de rotación de un rotor de la turbomáquina.

50 En otra realización, las aberturas forman canales por una primera cara frontal de la primera parte de la pared exterior y una segunda cara frontal de la segunda parte de la pared exterior para fluido de refrigeración, en el que al menos una de las caras frontales está dotada de salientes que se extienden hacia el interior de la anchura de dicho canal, en el que dichos salientes están dotados de superficies de contacto y están diseñados de manera que dichas superficies de contacto entran en contacto con dicha respectiva cara frontal opuesta en condiciones de temperatura a pleno rendimiento debido a la expansión térmica de dichas partes de pared exterior. Debido a la presencia de una disposición de este tipo, la salida del fluido de refrigeración se consigue incluso cuando las partes de la pared exterior están en contacto entre sí, permitiendo así la refrigeración de la pared exterior del álabe.

60 En una realización, la pared interior define la estructura del álabe incluyendo las cavidades interiores y la disposición matricial de nervios en el borde de salida.

En otra realización, el álabe incluye una sección de salida y la sección de ataque, el fluido de refrigeración se dirige al borde de salida a través del paso en la sección de salida. Una disposición de este tipo garantiza que el fluido de refrigeración se mueva hacia el borde de salida y proporcione una refrigeración en su interior.

65 En una realización, la abertura para la salida de fluido de refrigeración es una ranura. La ranura garantiza que sólo una cantidad limitada de fluido de refrigeración pase a través de la misma garantizando de ese modo la refrigeración

por película. De manera adicional, durante la expansión térmica, las ranuras permiten que el fluido de refrigeración salga de la pared exterior del álabe favoreciendo de ese modo la refrigeración por película.

5 En una realización, las aberturas están configuradas para dejar salir parcialmente el fluido de refrigeración. Esto garantiza que el fluido de refrigeración refrigere estructuras internas y dirigir parte del fluido hacia otras partes del álabe incluyendo el borde de salida.

10 En otra realización, las aberturas se extienden a través de la pared exterior inclinadas con respecto a una superficie normal a la pared exterior para impedir que todo el fluido de refrigeración salga a través de las aberturas.

En una realización, la pared exterior está conectada a la pared interior por una pluralidad de ubicaciones para garantizar una unión robusta entre la pared exterior y la pared interior.

15 En otra realización, la pared exterior y la pared interior están formadas usando la técnica de sinterización por láser. Esto garantiza la formación de una forma tridimensional deseada con una pared exterior y una pared interior y un paso con canales para garantizar la eficacia de la refrigeración.

20 En una realización, la pared exterior y la pared interior están formadas del mismo material de modo que la expansión térmica es similar por la totalidad del componente y también el grado de refrigeración es el mismo en todas las partes del componente.

25 A continuación se tratarán las características de la invención mencionadas anteriormente y otras con referencia a los dibujos adjuntos de la presente invención. Las realizaciones ilustradas pretenden ilustrar la invención, pero sin limitarla. Los dibujos contienen las siguientes figuras, en las que números similares hacen referencia a partes similares en toda la descripción y los dibujos.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un álabe de una turbomáquina,  
30 la figura 2 es un diagrama que representa una vista isométrica de un perfil aerodinámico del álabe de la figura 1,  
la figura 3 es una vista en sección transversal del álabe a lo largo de las líneas III-III de la figura 1,  
la figura 4 es una vista ampliada de una pared exterior del álabe, con abertura, y  
35 la figura 5 es un diagrama de flujo que representa un método para la refrigeración del álabe a modo de ejemplo, según aspectos de la presente técnica.

40 Realizaciones de la presente invención se refieren a un perfil aerodinámico en una turbomáquina, más particularmente a un perfil aerodinámico de un componente de álabe para la turbomáquina. Sin embargo, los detalles de las realizaciones descritas a continuación pueden transferirse a un componente de pala sin modificaciones, es decir los términos "álabe" o "pala" pueden usarse en conjunto, puesto que ambos tienen la forma de un perfil aerodinámico. La turbomáquina puede incluir una turbina de gas, una turbina de vapor, una turbohélice y similares.

45 La figura 1 es un diagrama esquemático que representa un álabe 10 a modo de ejemplo de una turbomáquina, tal como una turbina de gas, según aspectos de la presente técnica. El álabe 10 incluye una parte 12 de perfil aerodinámico formada a partir de una pared 14 exterior y que tiene un borde 16 de ataque y un borde 18 de salida encerrados entre una primera pared 20 de extremo y una segunda pared 22 de extremo opuestas entre sí tal como se representa en la figura 1.

50 El álabe 10 a modo de ejemplo incluye una o más cavidades 28 interiores para un suministro de fluido de refrigeración, que puede incluir aire de refrigeración para la refrigeración del álabe 10 durante el funcionamiento. El número de referencia 26 indica un flujo de fluido de refrigeración dentro del álabe de la turbomáquina.

55 La pared 14 exterior incluye una o más aberturas 24 que se extienden desde la primera pared 20 de extremo hasta la segunda pared 22 de extremo para dejar salir el fluido de refrigeración desde el álabe 10 proporcionando de ese modo la refrigeración por película en la pared 14 exterior del álabe 10. Las aberturas 24 se extienden en una dirección radial con respecto a un eje de rotación de un rotor (no mostrado) de la turbomáquina que está encerrado por un estator que fija los álabes, tales como el álabe 10.

60 Puede observarse que la parte 12 de perfil aerodinámico del álabe 10 puede moldearse como un único componente o alternativamente puede ensamblarse a partir de múltiples componentes. El álabe de múltiples componente puede incluir un componente de borde de ataque, un componente de borde de salida y componentes de región de núcleo. Los componentes pueden moldearse por separado y juntarse posteriormente mediante empalme o soldadura fuerte  
65 por ejemplo.

Según aspectos de la presente técnica, el álabe 10 puede estar formado mediante una técnica, tal como, pero sin limitarse a, sinterización por láser, que permite formar múltiples capas en el álabe 10.

En una realización alternativa, el álabe 10 puede formarse usando una técnica de moldeo a cera perdida.

Haciendo referencia ahora a la figura 2 se representa una vista isométrica de la parte 12 de perfil aerodinámico del álabe 10. Una pared 30 interior define la estructura interna del álabe. El álabe incluye una o más cavidades 28 interiores para el suministro de fluido de refrigeración o aire de refrigeración. Las cavidades 28 interiores están definidas por la pared 30 interior que se extiende desde un lado 32 de presión hasta un lado 34 de succión presentes en lados opuestos del perfil 12 aerodinámico.

La pared 30 interior incluye uno o más orificios 40 de impacto que se extienden desde el borde 16 de ataque hasta el borde 18 de salida del perfil 12 aerodinámico. El fluido de refrigeración que entra en la una o más cavidades 28 interiores sale a través de los orificios 40 de impacto, dando como resultado una refrigeración por impacto de la pared 30 interior. Como se indicó anteriormente, el perfil 12 aerodinámico del álabe 10 incluye la pared 14 exterior que rodea la pared 30 interior formando un paso 36 entre las mismas para hacer circular el aire de refrigeración en la una o más secciones 42, 44, 46, 48 del álabe 10.

Como se indicó anteriormente, la estructura interna del álabe 10 está definida por la pared 30 interior. La pared 30 interior se extiende desde el borde 16 de ataque hasta el borde 18 de salida y se extiende además desde el lado 32 de presión hasta el lado 34 de succión formando una o más cavidades 28 interiores en su interior.

El perfil 12 aerodinámico incluye la pared 14 exterior que rodea la pared 30 interior, que también se extiende desde el borde 16 de ataque hasta el borde 18 de salida.

Según aspectos de la presente técnica, la pared 14 exterior y la pared 30 interior están unidas entre sí por una o más ubicaciones por la extensión del perfil 12 aerodinámico. La pared 30 interior y la pared 12 exterior pueden unirse entre sí usando la técnica de sinterización por láser.

En la configuración contemplada actualmente, la pared 14 exterior y la pared 30 interior están formadas mediante el uso de la técnica de sinterización por láser. La técnica de sinterización por láser usa láser de alta potencia para fundir pequeñas partículas de metales por ejemplo para formar una forma tridimensional deseada.

Como se indicó anteriormente, la pared 14 exterior está formada a partir de una pluralidad de partes, tales como una primera parte 15 y una segunda parte 17 de manera que se forma una abertura 24 entre las partes. La pared 14 exterior también incluye una pluralidad de orificios 50 de refrigeración por película en una parte que forma el borde 16 de ataque, tal como se representa en la figura 2.

Según aspectos de la presente técnica, las aberturas 24 en la pared 14 exterior se extienden desde la primera pared 20 de extremo hasta una segunda pared 22 de extremo (véase la figura 1). Un fluido de refrigeración tal como, pero sin limitarse a, aire de refrigeración entra en las cavidades 28 interiores en el perfil 12 aerodinámico del álabe 10, tras lo cual el fluido de refrigeración se dirige hacia el paso 36 entre la pared 30 interior y la pared 14 exterior a través de orificios 40 de impacto presentes en la pared 30 interior. El fluido de refrigeración refrigera las partes de pared exterior y sale a través de las aberturas 24. En una realización, el fluido de refrigeración también puede incluir un refrigerante, aceite o vapor por ejemplo.

En la configuración contemplada actualmente, las aberturas 24 se extienden a través de la pared 14 exterior inclinadas con respecto a una superficie normal a la pared 14 exterior. Puede observarse que el ángulo de inclinación puede ser mayor de 0 grados e inferior a 90 grados. Las aberturas 24 en la pared 14 exterior permiten que una parte del fluido de refrigeración salga de la pared 14 exterior proporcionando de ese modo refrigeración por película en la superficie del álabe 10.

Durante el funcionamiento de la turbomáquina, el álabe 10 se calienta dando como resultado una expansión térmica. Como se indicó anteriormente, las aberturas 24 en la pared 14 exterior están desconectadas entre sí. Por tanto, las aberturas 24 en la pared 14 exterior evitan la tensión provocada debido a expansión térmica. La pared 30 interior y la pared 14 exterior pueden estar formadas a partir de un mismo material. Más particularmente, la pared 30 interior y la pared 14 exterior pueden estar formadas de metal o aleación de metal que puede soportar altas temperaturas, que a veces pueden alcanzar alrededor de 800 grados centígrados. Tales altas temperaturas dan como resultado una expansión térmica que puede dañar el componente de álabe. Las aberturas 24 en la pared 14 exterior permiten la expansión térmica y por tanto reducen la tensión sobre el álabe 10.

En una realización, la abertura 24 en la pared 14 exterior puede incluir una pluralidad de ranuras para permitir que una parte del aire de refrigeración salga incluso cuando la abertura se cierra debido a la expansión de la primera parte 15 y la segunda parte 17 de la pared 15 exterior, por ejemplo, por ejemplo. Una disposición de este tipo permite el escape de fluido de refrigeración y por tanto ayuda en la refrigeración por película. El resto del aire refrigera la estructura interna del álabe 10. Puede observarse que la pared 30 interior y la pared 14 exterior se refrigeran dando como

resultado un aumento en la temperatura del fluido de refrigeración. Después, el aire caliente se hace circular por convección por el paso 36 entre la pared 30 interior y la pared 14 exterior y se dirige hacia fuera del álabe a través de la abertura 24 disipando así el calor del álabe 10.

5 La figura 3 es una vista en sección transversal del álabe 10 de la figura 1. El álabe 10 está dividido en una pluralidad de secciones formadas por la pared 30 interior. La primera sección 42 o la sección de ataque en el borde 16 de ataque, dos secciones 44, 46 intermedias presentes en una región de núcleo del álabe 10 y una sección 48 de salida en el borde 18 de salida del álabe 10. La sección 42 de ataque, las secciones 44, 46 intermedias y la sección 48 de salida tienen, cada una, una cavidad 28 interior para recibir un fluido de refrigeración, tal como aire de refrigeración.

10 El álabe 10 incluye la pared 14 exterior que rodea la pared 30 interior como se representa en la figura 3. La pared 14 exterior está unida a la pared 30 interior por una o más ubicaciones 52, 54 y forma un paso 36 para el fluido de refrigeración para cada sección 42, 44, 46, 48. Específicamente, al menos una parte de la pared 14 exterior está unida a la pared 30 interior por las una o más ubicaciones 52, 54.

15 Según aspectos de la presente técnica, la pared 30 interior y pared 14 exterior pueden estar conectadas entre sí mediante espigas de conexión o nervios de conexión de manera que los nervios de conexión o espigas de conexión permiten la expansión térmica de las partes en la dirección circunferencial de un perfil del álabe.

20 Como se indicó anteriormente, la pared 30 interior del álabe 10 incluye una pluralidad de orificios 40 para permitir que el aire de refrigeración pase a través de los mismos. El fluido de refrigeración procedente de cada una de las secciones 42, 44, 46, 48 pasa a través de los orificios 40 al interior del paso 36 entre la pared 14 exterior y la pared 30 interior. La pared 14 exterior incluye aberturas 24 para permitir que salga el fluido de refrigeración.

25 En la sección 48 de salida el fluido de refrigeración se dirige al paso 36 a través de los orificios 40 en la pared 30 interior. Una parte del aire de refrigeración se suministra a una disposición matricial de nervios 60 y espigas o aletas (no mostradas) para refrigerar la sección 48 de salida y se dirige hacia fuera del álabe 10 a través del borde 18 de salida. La parte restante del fluido de refrigeración sale fuera del álabe 10 a través de la abertura 24 en la pared 14 exterior, proporcionando de ese modo refrigeración por película.

30 Puede observarse que el flujo del fluido de refrigeración en el paso 36 es opuesto al flujo de gas caliente en el perfil 12 aerodinámico del álabe 10. En otras palabras, el fluido de refrigeración fluye en contraflujo al gas caliente en el perfil 12 aerodinámico.

35 En la configuración contemplada actualmente, la parte de pared 14 exterior en la sección 42 de ataque incluye una pluralidad de orificios 50 para permitir la refrigeración por película. Además, la sección 42 de ataque también incluye la abertura 24 en la pared 14 exterior que está inclinada con respecto a una superficie normal a la pared 14 exterior, que mejora la refrigeración en la sección 42 de ataque del álabe 10.

40 La figura 4 es una vista 62 ampliada del álabe 10, que representa la pared 14 exterior según aspectos de la presente técnica. Como se indicó anteriormente, la pared 14 exterior incluye una pluralidad de partes, tales como la primera parte 15 y la segunda parte 17 que forman la abertura 24 que se forma debido a un hueco entre las partes de la pared 14 exterior. La primera parte 15 de la pared 14 exterior incluye una pluralidad de salientes 25 separados formando una pluralidad de ranuras 27 entre sí tal como se representa en la figura 4.

45 Más particularmente, la pluralidad de ranuras 27 tienen forma de canales formados por una primera cara frontal de la primera parte 15 y una segunda cara frontal de la segunda parte de la pared exterior para que el fluido de refrigeración pase a través de las ranuras 27.

50 Durante el funcionamiento de la turbomáquina, el álabe 10 está expuesto a altas temperaturas de funcionamiento, lo que da como resultado una expansión térmica de la pared 14 exterior, puesto que la pared 14 está formada por la primera parte 15 y la segunda parte 17, por tanto la primera parte 15 y la segunda parte 17 se expanden entrando en contacto de ese modo entre sí. Más particularmente, los salientes 25 en la primera parte 15 entran en contacto con la segunda parte 17 de la pared 14 exterior. Las ranuras 27 permiten que el fluido de refrigeración salga de la pared exterior del álabe.

55 Puede observarse además que los salientes 25 pueden estar presentes sobre las caras frontales de la primera parte 15 o la segunda parte 17, los salientes 25 están dotados de superficies 29 de contacto que entran en contacto con la cara frontal opuesta en una condición de temperatura a pleno rendimiento debido a la expansión térmica de las partes de la pared 14 exterior.

60 Haciendo referencia ahora a la figura 5 se presenta un diagrama de flujo que representa un método 70 para la refrigeración del álabe 10 de una turbomáquina. El método 70 incluye proporcionar una pluralidad de orificios 40 de impacto en la pared 30 interior del álabe 10. Los orificios 40 de impacto pueden formarse durante el proceso de moldeo, alternativamente, los orificios 40 de impacto pueden formarse en la pared 30 interior mediante una técnica de sinterización selectiva por láser. La pared 30 interior está diseñada de manera que forma una o más cavidades

65

28 interiores en la misma como en la etapa 72.

En la etapa 74, la pared 30 interior queda rodeada por una pared 14 exterior mediante unión por una o más ubicaciones 52, 54, de manera que se forma un paso 36 entre la pared 30 interior y la pared 14 exterior.

5 En la etapa 76, un fluido de refrigeración que entra en las cavidades 28 interiores se dirige hacia el paso 36 a través de los orificios 40 de impacto en la pared 30 interior.

10 Posteriormente, en la etapa 78 el fluido de refrigeración sale del álabe 10 a través de una o más aberturas 24 en la pared 14 exterior. Las aberturas 24 se forman ensamblando la pared 14 exterior como una pluralidad de partes, tales como la primera parte 15 y la segunda parte 17 (véase la figura 2 y la figura 4).

15 En la configuración contemplada actualmente, las aberturas 24 están formadas como ranuras 27 en la pared 14 exterior para dejar salir fluido de refrigeración del álabe 10. El fluido de refrigeración que sale forma una película de aire de refrigeración por la pared 14 exterior disipando de ese modo el calor del álabe 10.

**REIVINDICACIONES**

1.     Álabe (10) para una turbomáquina, que comprende:
  - 5     - al menos una cavidad (28) interior definida por una pared (30) interior que tiene una pluralidad de orificios (40) de impacto, y
  - 10    - una pared (14) exterior que rodea la pared (30) interior formando un paso (36) entre las mismas para que un fluido de refrigeración pase a través de los orificios (40) de impacto desde la cavidad (28) interior hacia el paso (36), en el que la pared (14) exterior comprende una pluralidad de aberturas (24) para la salida del fluido de refrigeración,
  - 15    caracterizado porque,
  - 15    la pared (14) exterior está dividida en una pluralidad de partes (15, 17) desconectadas entre sí mediante una abertura (24), abertura que se extiende en una dirección radial con respecto a un eje de rotación de un rotor de la turbomáquina entre una primera y una segunda parte (15, 17), permitiendo la expansión térmica independiente de dichas partes (15, 17).
- 20    2.     Álabe (10) según la reivindicación 1, en el que las aberturas (24) forman canales por una primera cara frontal de la primera parte (15) de la pared (14) exterior y una segunda cara frontal de la segunda parte (17) de la pared (14) exterior para fluido de refrigeración, en el que al menos una de las caras frontales está dotada de salientes (25) que se extienden hacia el interior de la anchura de dicho canal, en el que dichos salientes (25) están dotados de superficies (29) de contacto y están diseñados de manera que dichas superficies (29) de contacto entran en contacto con dicha respectiva cara frontal opuesta en condiciones de temperatura a pleno rendimiento debido a la expansión térmica de dichas partes (15, 17) de pared exterior.
- 25    3.     Álabe (10) según la reivindicación 1, que comprende además una sección (42) de ataque y una sección (48) de salida, en el que el fluido de refrigeración en la sección (48) de salida se dirige a través del paso (36) hacia un borde (18) de salida del álabe (10).
- 30    4.     Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las aberturas (24) comprenden una pluralidad de ranuras (27).
- 35    5.     Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las aberturas (24) se extienden a través de la pared (14) exterior inclinadas con respecto a una superficie normal a la pared (14) exterior.
- 40    6.     Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las aberturas (24) están configuradas para dejar salir al menos parcialmente el fluido de refrigeración.
- 40    7.     Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la pared (14) exterior está unida a la pared (30) interior.
- 45    8.     Álabe (10) según la reivindicación 7, en el que la pared (14) exterior está unida por una pluralidad de ubicaciones (52, 54) a la pared (30) interior.
- 50    9.     Álabe (10) según las reivindicaciones 7 y 8, en el que la pared (14) exterior está unida a la pared (30) interior mediante técnica de sinterización por láser.
- 50    10.    Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la pared (30) interior y pared (14) exterior están conectadas entre sí mediante espigas de conexión o nervios de conexión, en el que los nervios de conexión o espigas de conexión permiten la expansión térmica de dichas partes en la dirección circunferencial de un perfil del álabe.
- 55    11.    Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además una disposición matricial de nervios (60) para la refrigeración del borde (18) de salida.
- 60    12.    Álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el fluido de refrigeración fluye en un sentido opuesto a un flujo de gas caliente en el perfil (12) aerodinámico del álabe.
- 60    13.    Turbomáquina que comprende el álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12.
- 65    14.    Método (70) de refrigeración de un álabe (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende:
  - 65    - dirigir (76) un fluido de refrigeración desde la cavidad interior del álabe (10) hacia el paso del álabe (10) a

través de los orificios de impacto del álabe (10), y

- dejar salir (78) el fluido de refrigeración del álabe (10) desde el álabe (10) a través de una o más de las aberturas en la pared exterior del álabe (10).

5

FIG 1

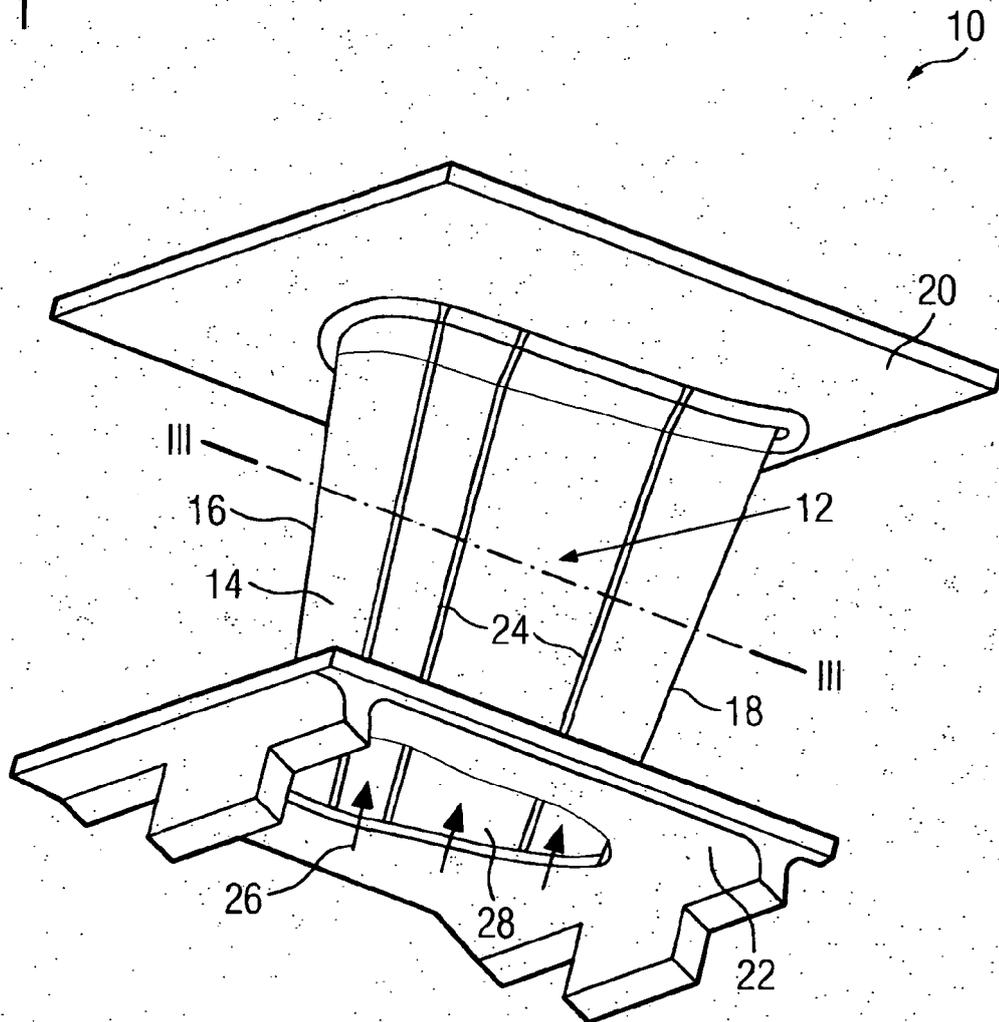
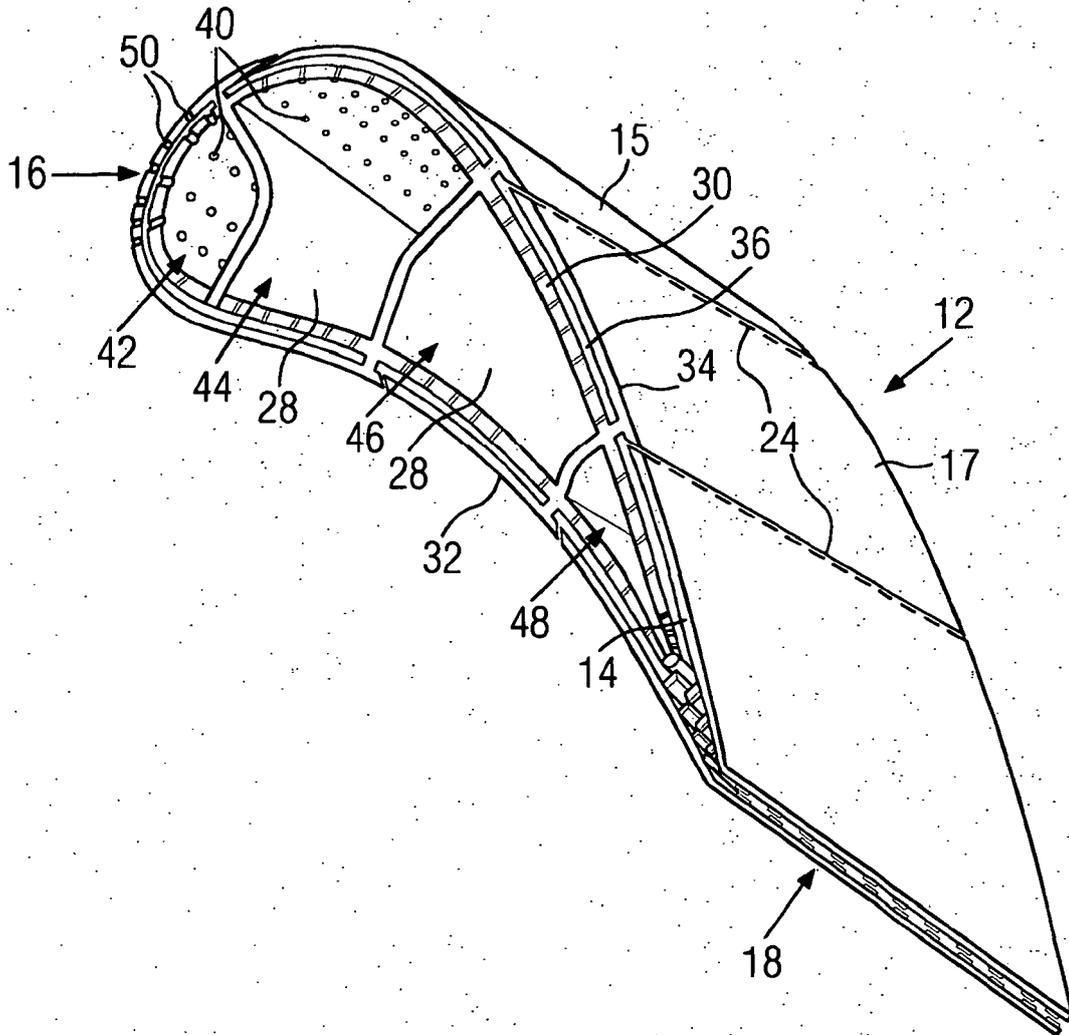


FIG 2



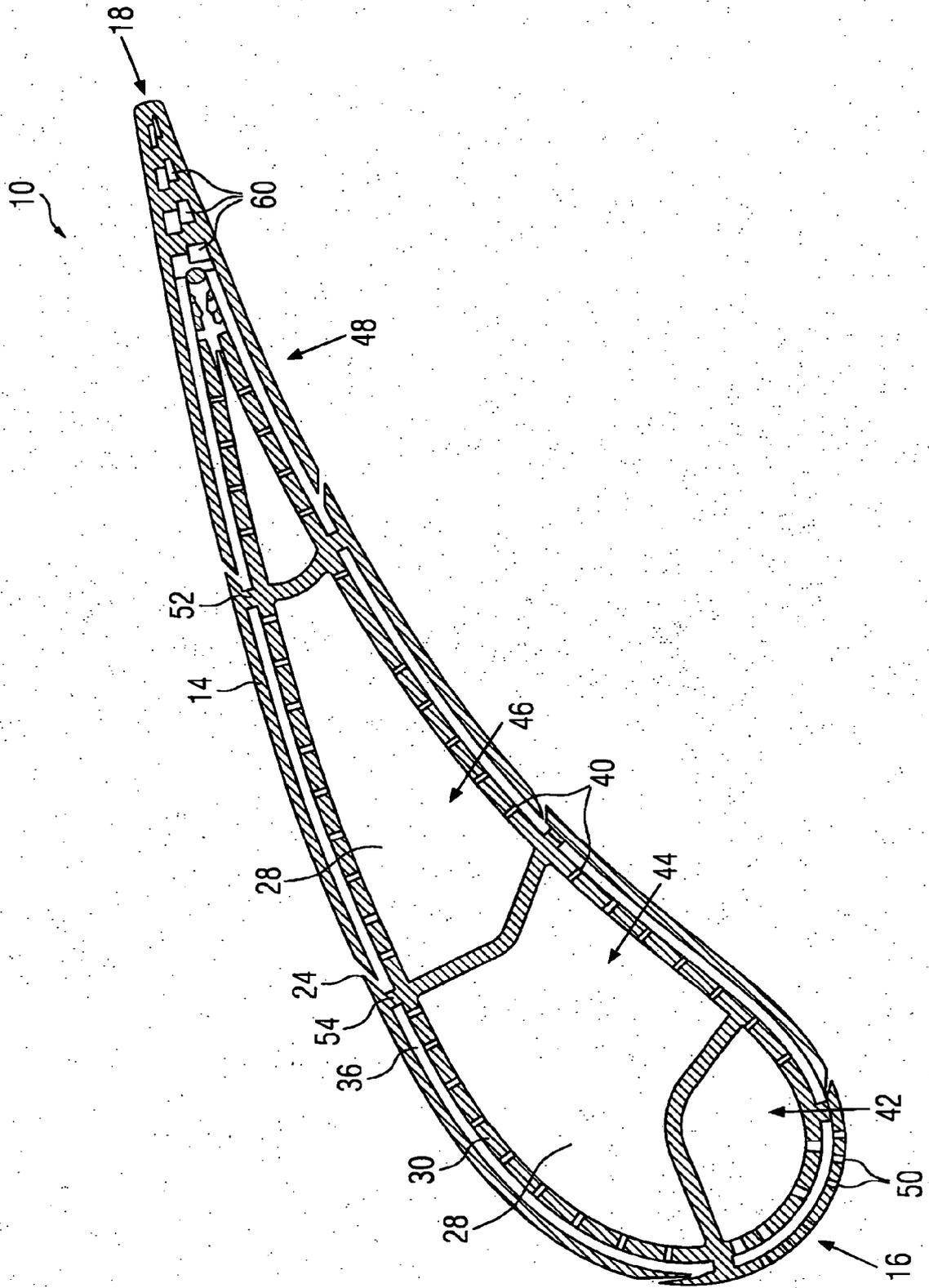


FIG 3

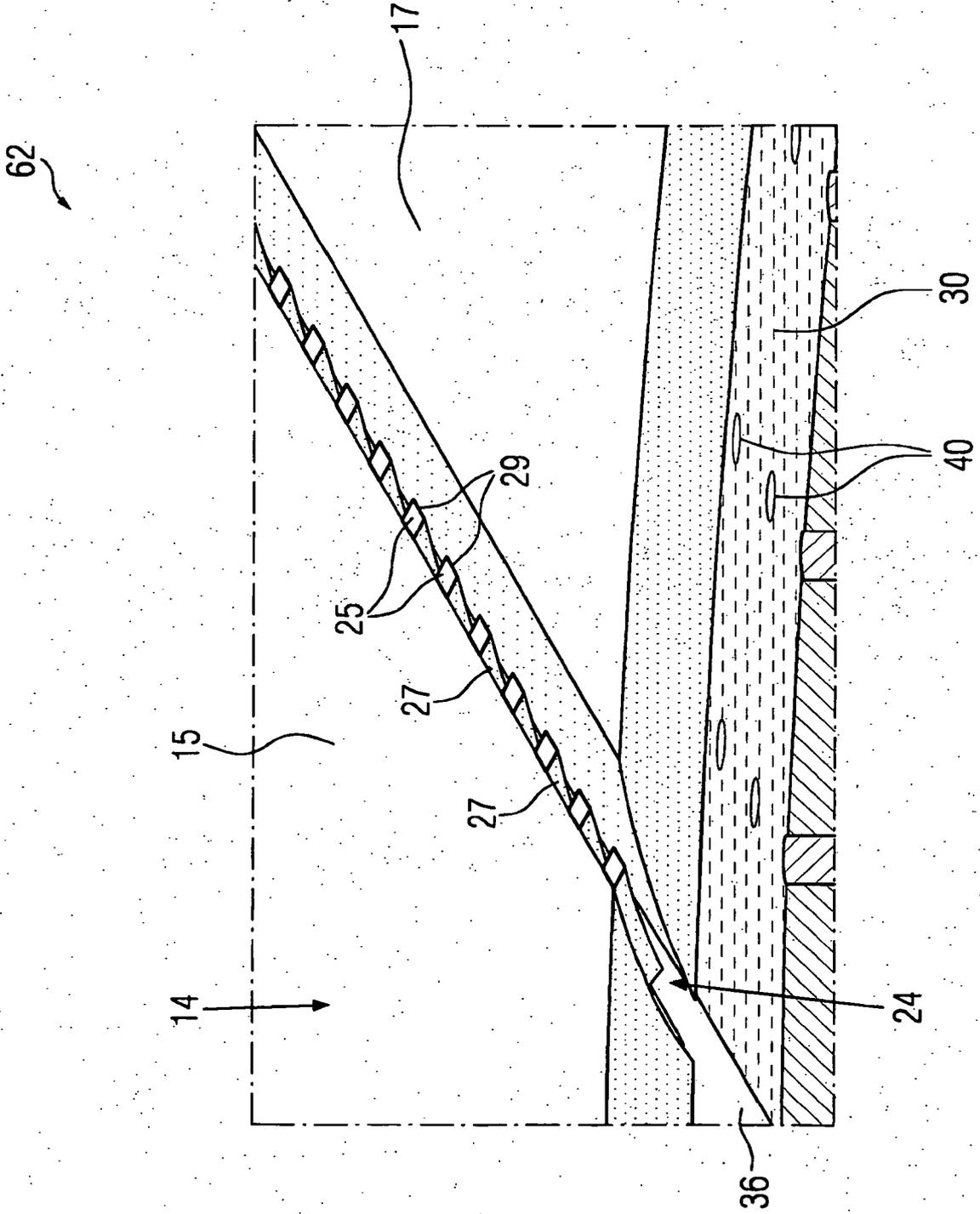


FIG 4

FIG 5

