(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 746 966**

(51) Int. Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)
F01D 9/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2012** **E 12170498 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019** **EP 2669474**

(54) Título: **Canal de transición para una turbomáquina y turbomáquina**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2020

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

DR. GÜNDOGDU, YAVUZ y
DR. ENGEL, KARL

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 746 966 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

Canal de transición para una turbomáquina y turbomáquina

La invención se refiere a un canal de transición para una turbomáquina según el preámbulo de la reivindicación 1, así como una turbomáquina.

Un canal de transición o desvío en una turbomáquina axial, como un motor de avión, dirige un flujo principal desde una sección transversal de flujo aguas arriba hacia una sección transversal de flujo radialmente desplazada. El canal de transición tiene habitualmente una sección transversal anular y está dispuesto, por ejemplo, entre una turbina de alta presión y una turbina de baja presión (Turning Mid Turbine Frame, TMTF). En un diseño de tres partes de una turbina, el canal de transición también puede estar dispuesto entre una turbina de alta presión y una turbina de media presión y entre la turbina de media presión y una turbina de baja presión. En el caso de los compresores, un canal de transición puede conducir el flujo de manera análoga desde una sección transversal de flujo aguas arriba a una aguas abajo y estar dispuesto, por ejemplo, entre un compresor de baja presión y un compresor de alta presión.

Para el refuerzo un canal de transición presenta en general nervaduras de soporte similares, distribuidas sobre la circunferencia. Las nervaduras de soporte también provocan una desviación del flujo, en particular en la dirección circunferencial, para mejorar el flujo a la primera fila de palas de rotor de la turbina aguas abajo o una etapa del compresor.

Las nervaduras de soporte tienen habitualmente un grosor relativo grande, es decir, una relación del grosor del perfil respecto a la longitud de la cuerda, y/o una pequeña relación de altura del álabe, es decir, una relación de la altura del álabe respecto a la longitud de la cuerda. El espesor relativo comparativamente grande o la altura relativa pequeña de las nervaduras de soporte se pueden requerir en particular por motivos estáticos. Sin embargo, tal geometría de las nervaduras de soporte conduce a fuertes flujos secundarios. Crea áreas de borde con flujo turbulento, que pueden dominar el campo de flujo. Los flujos secundarios de este tipo afectan negativamente al flujo de los álabes siguientes. En particular, pueden limitar una desviación máxima posible en el cubo y la carcasa y conducir a pérdidas de transmisión de energía. Además, los flujos secundarios pueden conducir a excitaciones de la primera fila de álabes de rotor de la turbina aguas abajo y, por lo tanto, a un alto nivel de ruido. Además, los números de álabes de los canales de transición significativamente más bajos en comparación con las geometrías de estator convencionales provocan excitaciones aerodinámicas de los álabes de rotor siguientes con modos fundamentales, así llamados "órdenes de motor" en el área de trabajo de la turbomáquina.

A partir del documento US 2010/0040462 A1, se conoce una turbina de gas con un canal de transición anular que se extiende desde una turbina de alta presión a una turbina de baja presión. El canal de transición tiene una pared de canal radialmente interior y una pared de canal radialmente exterior, entre las que se disponen álabes directores distribuidos en la dirección circunferencial, que presentan respectivamente un perfil de ala portante para desviar un flujo desde una superficie de entrada a una superficie de salida del canal de transición. Para minimizar un impacto de marcha (roll-off) del flujo en la transición de un flujo horizontal a uno radialmente creciente, la superficie envolvente interior tiene un desarrollo de curva particular.

Por el documento US 2009 324400 A1 se conoce un canal dentro de una carcasa de salida de la turbina con nervaduras de soporte que presentan canales pasos, a través de los que fluye una parte del fluido del canal de gas debido a una diferencia de presión entre los bordes delantero y trasero.

Un canal de transición con álabes directores de diferente perfil de espesor se conoce por el documento US 3 704 075 A

Se conoce un anillo de turbina por el documento US 20100209238A1 .

Por el documento EP 2 390 464 A2, para mejorar el flujo de salida del álabe y, por lo tanto, mejorar la mezcla de estela, se conoce proporciona álabes de rotor del lado de la turbina en la región de su borde de fuga con una variación de perfil ondulada y/o una abertura de salida de tipo hendidura para expulsar un fluido, a fin de mejorar el flujo a una fila de álabes directores siguiente. A este respecto, la abertura de salida puede estar dispuesta en la dirección de flujo en la línea media de perfil o en la región del borde de fuga en el lado de aspiración o presión.

El objeto de la invención es proporcionar un canal de transición para una turbomáquina, que elimine las desventajas mencionadas anteriormente y permita una mezcla de estela mejorada. Además, es un objetivo de la invención proporcionar una turbomáquina con una alta eficiencia y bajo generación de ruido.

Este objetivo se logra mediante un canal de transición con las características de la reivindicación 1 y por una turbomáquina con las características de la reivindicación 12.

Un canal de transición según la invención para una turbomáquina, en particular un motor de avión, para formar un canal de flujo entre una sección transversal de flujo aguas arriba y una sección transversal de flujo aguas abajo tiene nervaduras de soporte, que se extienden entre una pared de canal radialmente interior y una pared de canal radialmente exterior y presentan respectivamente un perfil para desviar un flujo desde una superficie de entrada hacia una superficie de salida del canal de transición. Según la invención, las nervaduras de soporte tienen respectivamente

en la región de su borde de fuga una variación de perfil y/o al menos una abertura de salida para expulsar un fluido.

La variación del perfil y/o la al menos una abertura de salida provocan una mezcla de estela pasiva y/o activa después del flujo de salida, por lo que se produce una rápida estabilización del flujo. Como resultado de la temprana mezcla de estela se mejora la afluencia de los álabes de rotor aguas abajo de la superficie de salida del canal de transición, de modo que se minimizan las pérdidas de transferencia de energía y las excitaciones aerodinámicas de los álabes de rotor. Mediante la variación del perfil o la mezcla de estela pasiva, un flujo parcial en el lado de aspiración y un flujo parcial en el lado de presión se homogenizan con respecto a su velocidad de salida, por lo que los vórtices durante la fusión de los flujos parciales se reducen detrás del borde de fuga, lo que conduce a un flujo de estela tempranamente estabilizado. Por medio de la al menos una abertura de salida o una mezcla de estela activa se produce una energización del flujo de salida mediante introducción soplando de un fluido, por lo que también mejora la mezcla de estela. Además, las nervaduras de soporte se enfrían por el fluido en el área de su borde de fuga, por lo que se reduce su carga térmica. En una combinación de la mezcla de estela pasiva y activa a una mezcla de estela similar a un híbrido, se produce tanto una homogeneización como también una energización del flujo de salida.

En un ejemplo de realización de una variación de perfil, el borde de fuga está decalado alternativamente hacia el lado de aspiración y el lado de presión. De esta manera, el borde de fuga tiene una forma de onda que se extiende lateral o en la dirección circunferencial con una pluralidad de crestas de onda y valles de onda, por lo que el borde de fuga se aumenta y, por lo tanto, un flujo parcial del lado de aspiración y del lado de la presión se despliegan casi en abanico. Además, los flujos parciales se guían por secciones alternativamente unos sobre otros por la forma de onda observado en la dirección radial, de modo que no solo se produce una mezcla "lateral", sino también una mezcla "radial". Preferiblemente, la forma de onda está configurada de forma uniforme y de tal manera que las crestas de onda y valles de onda tienen las mismas extensiones del lado de aspiración y del lado de presión.

En un ejemplo de realización alternativa de la variación del perfil, el borde de fuga está configurado de tipo onda observado en la dirección de flujo. De este modo se crean una pluralidad de acortamientos de perfil (valles de onda) y prolongaciones de perfil (crestas de onda), por lo que el flujo parcial del lado de aspiración y el flujo parcial del lado de presión salen en comparación a un borde de fuga convencional respectivamente por secciones temporalmente antes (valle de onda) o temporalmente más tarde (cresta de onda) del borde de fuga. De este modo una zona de mezcla casi se adelante por secciones (valles de onda) y por consiguiente se inicia una mezcla de forma temprana. Preferiblemente, la forma de onda está configurada de forma uniforme.

En un ejemplo de realización de una mezcla de estela activa, la al menos una abertura de salida sale del borde trasero entre el lado de aspiración y el lado de presión. Mediante esta medida, la al menos una abertura de salida está dispuesta casi en la línea media de perfil de la nervadura de soporte y el fluido se insufla uniformemente entre los flujos parciales de salida, de modo que se evita una desviación del flujo parcial del lado de aspiración o del lado de presión en la dirección circunferencial.

La al menos una abertura de salida está formada preferiblemente como una hendidura longitudinal que se extiende desde la pared de canal interior hasta la pared de canal exterior. Además, en esta variante, una superficie de hendidura del lado de aspiración está configurada en forma ondulada y una superficie de hendidura del lado de presión sin variación. De este modo la superficie de hendidura del lado de aspiración se aumenta con respecto a la superficie de hendidura del lado de presión. Además, el flujo de fluido casi se abre en abanico del lado de aspiración mediante la forma de onda.

Complementariamente una superficie de salida del lado de aspiración opuesta a la superficie de hendidura del lado de aspiración puede estar configurada en forma de onda. De este modo la superficie de hendidura del lado de aspiración está provista de una variación de perfil, de modo que en combinación con la al menos una abertura de salida, se produce tanto una mezcla de activación pasiva como también una activa.

En un ejemplo de realización, en el que la al menos una abertura de salida está configurada como una hendidura longitudinal que se extiende desde la pared de canal interior hasta la pared de canal exterior, una superficie de hendidura del lado de presión está configurada de forma ondulada y una superficie de hendidura del lado de aspiración opuesta sin variación. De este modo la superficie de hendidura del lado de presión está aumentada con respecto a la superficie de hendidura del lado de aspiración. Además, el flujo de fluido casi se abre en abanico del lado de presión mediante la forma de onda.

Complementariamente una superficie de salida del lado de presión opuesta a la superficie de hendidura del lado de presión puede estar configurada de forma ondulada, de modo que en combinación con la al menos una abertura de salida se produzca una mezcla de estela pasiva y activa.

En un ejemplo de realización, la al menos una abertura de salida sale del lado de aspiración desde el perfil. A este respecto, la al menos una abertura de salida puede estar configurada como una hendidura, como una pluralidad de hendiduras o como una pluralidad de aberturas de tipo orificio. A este respecto, la orientación de la al menos una abertura de salida y la forma de una sección de borde de fuga aguas abajo es preferiblemente tal que se pueda configurar el así denominado "efecto Coanda". Es decir, el flujo de fluido sigue después del desprendimiento de la sección del borde de fuga su contorno exterior, de modo que, por un lado, se energiza por el soplado casi solo una

capa límite cercana al perfil y, por otro lado, no se introducen flujos transversales en las capas alejadas de perfil del flujo parcial del lado de aspiración.

Al menos un álabe divisor de flujo, que presenta un grosor de perfil relativo más pequeño que las nervaduras de soporte, se puede disponer entre las nervaduras de soporte. El al menos un álabe divisor de flujo se basa en el conocimiento de que se pueden reducir las turbulencias, pérdidas de flujo y/o restricciones de desviación si se disponen elementos de desviación adicionales entre las nervaduras de soporte también perfiladas para desviar el flujo, que están configuradas como un divisor de flujo más esbelto y/o acortado en comparación con las nervaduras de soporte.

Preferiblemente, los álabes divisores de flujo también están provistos en la región de su borde de fuga con una variación de perfil y/o con al menos una abertura de salida, de modo que se produce una mezcla de estela pasiva y/o activa del respectivo flujo de salida del lado de los álabes divisores de flujo.

Una turbomáquina preferida tiene un canal de transición según la invención. Debido a la rápida mezcla de estela, este provoca una afluencia mejorada de los álabes de rotor aguas abajo de la superficie de salida del canal de transición. La afluencia mejorada da como resultado pérdidas de transmisión de energía minimizadas y, por lo tanto, una alta eficiencia, así como una excitación aerodinámica minimizada de los álabes de rotor siguientes y, por lo tanto, una reducción de ruido en comparación con las turbomáquinas con un canal de transición convencional. El canal de transición está dispuesto preferiblemente en el lado de la turbina, pero también puede estar dispuesto en el lado del compresor.

Otros ejemplos de realización ventajosos de la invención son objeto de otras reivindicaciones dependientes.

A continuación, ejemplos de realización preferidos de la invención se explicarán con más detalle mediante representaciones esquemáticas altamente simplificadas. Muestran:

Figura 1 una vista en sección axial y un desarrollo parcial de un canal de transición según un ejemplo de realización de la invención,

Figura 2 una representación en perspectiva de una nervadura de soporte con una mezcla de estela pasiva del lado del borde de fuga a modo de ejemplo,

Figura 3 una vista lateral de una nervadura de soporte con otra mezcla de estela pasiva del lado del borde de fuga a modo de ejemplo,

Figura 4 una representación posterior de una nervadura de soporte con una mezcla de estela activa a modo de ejemplo,

Figura 5 una representación posterior de una nervadura de soporte con otra mezcla de estela activa a modo de ejemplo,

Figura 6 una representación posterior de una nervadura de soporte con una mezcla de estela híbrida a modo de ejemplo,

Figura 7 una representación posterior de una nervadura de soporte con otra mezcla de estela híbrida a modo de ejemplo,

Figura 8 una sección transversal a través de una nervadura de soporte con una abertura de salida lateral como una mezcla de estela activa,

Figura 9 una vista en sección axial y un desarrollo parcial de otro canal de transición a modo de ejemplo, y

Figura 10 un desarrollo de otro ejemplo de realización del canal de transición.

En las figuras, los mismos elementos constructivos llevan los mismos números de referencia, en donde con varios elementos iguales en una figura por razones de claridad, solo un elemento está provisto de un número de referencia o puede estarlo.

En la figura 1 está representado, a modo de ejemplo, un canal de transición 1 entre una turbina de alta presión 2 y una turbina de baja presión 4 de una turbomáquina axial, como un motor de avión en la sección axial de la mitad o meridiano (parte superior de la figura) y en el desarrollo plano o en la sección de perfil (parte inferior de la figura).

El canal de transición 1 está montado de forma fija en una carcasa de turbina, mientras que la turbina de alta presión 2 y la turbina de baja presión 4 presentan respectivamente una hilera de álabes de rotor 6, que rotan alrededor de un eje de giro o eje de turbina R en la dirección de rotación U. El canal de transición 1 rodea el eje de giro R y tiene una sección transversal de flujo anular. Tiene una pared de canal radialmente interior 8, una pared de canal radialmente exterior 10 y una superficie de entrada F_1 del lado de la turbina de alta presión y una superficie de salida F_2 del lado de la turbina de baja presión. Como se muestra en la figura 1, la superficie de entrada F_1 está dispuesta radialmente

interiormente respecto a la superficie de salida F_2, de modo que un flujo 12 que fluye a través del canal de transición 1 se guía radialmente oblicuamente hacia afuera referido al eje de giro R.

Se ha demostrado como ventajoso que una relación de superficie axial de la superficie de salida F_2 respecto a la superficie de entrada F_1 esté entre 2 y 5 ($2 \leq F_2 / F_1 \leq 5$) y/o un ángulo de desviación del flujo $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ sea inferior a 50°. Como se esboza en la figura 1, a este respecto, la superficie de entrada F_1 y la superficie de salida F_2 son perpendiculares al eje de giro R. El ángulo de flujo α_1 indica un ángulo de desviación de un flujo de entrada 12' en el canal de transición 1 respecto al eje de giro R. El ángulo de flujo α_2 indica un ángulo de desviación de un flujo de salida 12'' desde el canal de transición 1 respecto al eje de giro R. Los ángulos de flujo α_1 y α_2 resultan de las velocidades axiales o circunferenciales promedio de masa c_{axial} y $c_{circunferencia}$ en los planos F_1 y F_2 según $\alpha = a + \tan (c_{axial} / c_{circunferencia})$.

El canal de transición 1 presenta una pluralidad de nervaduras de soporte 14 para el refuerzo, que se extienden entre la pared de canal interior 8 y la pared de canal exterior 10 y que están distribuidas uniformemente en el canal de transición 1 observado en la dirección circunferencial. Las nervaduras de soporte 14 presentan un grosor relativo comparativamente grande para poder satisfacer su efecto de soporte y poder recibir las líneas de suministro no esbozadas. Además, tienen un perfil de tipo superficie portante para desviar el flujo 12 en la dirección circunferencial o en la dirección de rotación. En la región de su respectivo borde de fuga 16 tienen una mezcla de estela 18 indicada por un círculo en forma de una mezcla de estela pasiva 20 (figuras 2 y 3), en forma de al menos una mezcla de estela activa 22 (Figuras 4, 5 y 8) o en forma de una mezcla de estela combinada activa y pasiva 18, 20 (Figuras 6 y 7).

Una mezcla de estela pasiva a modo de ejemplo mostrado en la figura 2 es una variación de perfil 20 del lado del borde de fuga, que está configurada alternativamente al lado de aspiración 24 y al lado de presión 26 opuesto. La variación de perfil 20 tiene, por lo tanto, una forma de onda que está configurada preferentemente de forma uniforme. El borde de fuga 16 presenta una pluralidad de crestas de onda y valles de ondas laterales, por medio de las que, por un lado, el lado de aspiración 24 y el lado de presión 26 se amplían en superficie en la región del borde de fuga. Por otro lado, un respectivo flujo parcial del lado de aspiración y un flujo parcial en el lado de presión se abre en abanico en la región del borde de fuga 16 lateralmente u observado en la dirección circunferencial y se guía alternativamente por secciones uno sobre otro en la dirección radial. Como se indica por la línea auxiliar vertical a trazos 27, el borde de fuga 16 está decalado axialmente respecto a un borde de fuga rectilíneo convencional.

Una mezcla de estela pasiva a modo de ejemplo mostrada en la figura 3 es una variación de perfil 20 del lado del borde de fuga, que está configurada de forma ondulada observado en la dirección de flujo. De este modo el respectivo flujo parcial del lado de aspiración y el flujo parcial del lado de presión se abren en abanico en la dirección radial durante la salida, en donde debido a las prolongaciones de perfil o acortamientos de perfil locales creados por las crestas de onda y valles de onda los flujos parciales del lado de aspiración y presión salen por secciones temporalmente más tarde (cresta de onda) o temporalmente antes (valle de onda) de la correspondiente nervadura de soporte 14, de modo que la fusión de los flujos parciales observado en la dirección axial o en la dirección de flujo está adelantada temporalmente respecto a un borde de fuga convencional indicado como línea auxiliar discontinua 27. Preferiblemente, la forma de onda está configurada de forma uniforme.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de una mezcla de estela activa. Para ello las nervaduras de soporte 14 presentan respectivamente una abertura de salida 22 para expulsar un fluido en la región de sus bordes de fuga 16. La abertura de salida 22 está formada como una hendidura longitudinal que se extiende desde la pared de canal interior 8 hasta la pared de canal exterior 10 (véase la figura 1). La hendidura longitudinal 22 se encuentra en la línea media de perfil de la nervadura de soporte 14 y, por lo tanto, subdivide el borde de fuga 16 en una sección de lado de aspiración 28 y una sección de lado de presión 30. La sección de lado de aspiración 28 tiene una superficie de hendidura del lado de aspiración 32 que delimita la abertura de salida 22, y la sección de lado de presión 28 tiene una superficie de hendidura del lado de presión 34 opuesta para delimitar la abertura de salida 22. Preferiblemente, la superficie de hendidura del lado de aspiración 32 está provista de forma ondulada con una pluralidad de crestas de onda y valles de onda. La superficie de hendidura del lado de presión 34 no tiene variación y es rectilínea en la sección mostrada. Además, una superficie de salida del lado de aspiración 36 de la sección de lado de aspiración 28 opuesta a la superficie de hendidura del lado de aspiración 32 y una superficie de salida del lado de presión 38 de la sección de lado de presión 30 opuesta a la superficie de hendidura del lado de presión 34 también están configuradas sin una variación de contorno. Los flujos parciales del lado de aspiración y presión se unen después del flujo alrededor del perfil detrás del borde de fuga 16, en donde se sopla un flujo de fluido entre los flujos parciales a través de la abertura de salida 22, que por el contorno interior ondulado de la superficie de hendidura del lado de aspiración 32 el flujo de fluido se abre en abanico en un lado, y a saber lateralmente del lado de aspiración.

En la figura 5 se muestra otro ejemplo de una mezcla de estela activa en la región de un borde de fuga 16 de las nervaduras de soporte 14. A diferencia del ejemplo anterior según la figura 4, en este ejemplo de realización, una superficie de hendidura del lado de presión 34 tiene forma de onda y una superficie de hendidura del lado de aspiración 32 no tiene variación. Las otras superficies que forman el borde de fuga 16, como una superficie de salida del lado de aspiración 36 y una superficie de salida del lado de presión 38, igualmente están configuradas en este ejemplo de realización sin una variación de contorno. Los flujos parciales del lado de aspiración y presión se unen después del flujo alrededor del perfil detrás del borde de fuga 16, en donde a través de la abertura de salida 22 se sopla un flujo de fluido entre los flujos parciales, que por el contorno interior ondulado de la superficie de hendidura del lado de

presión 34 el flujo de fluido se abre en abanico en un lado, y a saber lateralmente del lado de presión.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de una mezcla de estela combinada activa y pasiva y por consiguiente una híbrida 20, 22. Complementando al ejemplo de realización activo según la figura 4, en este ejemplo de realización híbrido, la superficie de salida del lado de aspiración 36 igualmente está provista de una variación de perfil 20 y, por lo tanto, no solo una superficie de hendidura del lado de aspiración 32. La variación de perfil 20 igualmente está configurada de forma ondulada con una pluralidad de crestas de onda y valles de onda. La superficie de salida del lado de presión 38 de la sección de lado de presión 30 está configurada sin una variación de contorno. Por lo tanto, en este ejemplo de realización híbrido, además de la abertura en abanico del lado de aspiración del flujo de fluido, un flujo parcial del lado de aspiración se abre en abanico lateralmente de forma pasiva. El posicionamiento del contorno interno y de la variación de perfil 20 entre sí es preferiblemente tal que una cresta de onda de la variación del perfil 20 está dispuesta en la región de un valle de onda del contorno interno y viceversa. Preferentemente, la variación de perfil 20 y el contorno interior están configurados idénticos.

En la figura 7 se muestra otro ejemplo de una mezcla de estela combinada activa y pasiva y por consiguiente una híbrida 20, 22. A diferencia de la realización híbrida según la figura 6, en este ejemplo de realización, complementando al ejemplo de realización activo según la figura 5, la superficie de salida del lado de presión 38 igualmente está provista de una variación de perfil 20 y, por lo tanto, no solo una superficie de hendidura del lado de presión 34. La variación de perfil 20 está provista igualmente de forma ondulada con una variedad de crestas de onda y valles de onda. La superficie de salida del lado de aspiración 36 de la sección de lado de aspiración 28 está configurada sin una variación de contorno. Por lo tanto, en este ejemplo de realización híbrido, además de la apertura en abanico del lado de presión del flujo de fluido, un flujo parcial del lado de presión se abre en abanico lateralmente de forma pasiva. El posicionamiento del contorno interno y de la variación de perfil 20 entre sí es preferiblemente tal que una cresta de onda de la variación del perfil 20 está dispuesta en la región de un valle de onda del contorno interno y viceversa. Preferentemente, la variación de perfil 20 y el contorno interior están configurados idénticos.

En la figura 8 se muestra un ejemplo de una mezcla de estela activa, en la que se utiliza el así denominado "efecto Coanda". Para ello las nervaduras de soporte 14 están provistas en la región de sus bordes de fuga 16 con respectivamente al menos una abertura de salida del lado de aspiración 22 para expulsar un fluido en una capa límite cercana al perfil. La abertura de salida 22 está configurada como una hendidura longitudinal o como una pluralidad de orificios. Divide el lado de aspiración 24 en una sección de lado de aspiración delantera 40 y en una sección de lado de aspiración trasera 28. Una sección de lado de presión 30 tiene una superficie de salida 38 sin variación y está ensanchada de tipo abolladura en la dirección del lado de aspiración 24, de tal manera que su ensanchamiento forma la sección de lado de aspiración 28 con una superficie de salida del lado de aspiración cóncava 36. La superficie de salida 36 tiene un contorno exterior de tal manera que el fluido que fluye fuera de la abertura de salida 22 sigue el contorno exterior sobre una región cercana al perfil después del desprendimiento de la superficie de salida 34, y por lo tanto se evitan los flujos transversales en capas de flujos parciales alejadas del perfil.

Como se muestra en las figuras 9 y 10, los álabes divisores de flujo o álabes separadores 20 pueden estar dispuestas en una región aguas abajo o trasera del canal de transferencia 1. Los álabes separadores 20 pueden estar dispuestos individualmente (figura 9) o repetidamente (figura 10) entre las nervaduras de soporte 14 e igualmente estar provistos de una mezcla de estela activa y/o pasiva 18 en la región de sus bordes de fuga 16. Los álabes separadores 42 provocan una división del flujo entre las nervaduras de soporte 14 y contribuyen a la desviación del flujo 12 en la dirección circunferencial. Los álabes separadores 42 son más cortos que las nervaduras de soporte 14 y presentan un perfil de superficie portante que es significativamente más esbelto que el perfil de las nervaduras de soporte 14.

Como se indica en la región superior de la figura 9, se pueden configurar flujos secundarios parásitos tridimensionales 44 en la región posterior del canal de transición 1. Estos flujos secundarios 44 se induce por la doble desviación, es decir, la desviación radialmente hacia fuera, por un lado, y la desviación en la dirección circunferencial, por otro lado, así como el perfil de velocidad complejo del flujo 12. Los flujos secundarios 22 pueden conducir a un flujo desfavorable de los primeros álabes de rotor 6 de la turbina de baja presión 4 y a una excitación de los álabes de rotor 6. Mediante la disposición de los álabes separadores esbeltos 42 entre las nervaduras de soporte más gruesas 14, la generación de los flujos secundarios parásitos 42 se puede reducir significativamente.

En la figura 10 se muestra la disposición de dos álabes separadores 42a, 42b entre nervaduras de soporte adyacentes 18. Es deseable que los álabes separadores 42 (42a, 42b) asuman la mayor proporción posible de la desviación del flujo. El número de nervaduras de soporte 14 largas y pesados está determinado esencialmente por los requisitos de estabilidad y el número o el tamaño de la sección transversal de las líneas de suministro que se recibirán en las nervaduras de soporte 14.

En otras modificaciones a modo de ejemplo, en cada caso se pueden disponer hasta cinco álabes separadores 42 entre dos nervaduras de soporte 14. Eventualmente más de cinco álabes separadores 42 están dispuestos entre dos nervaduras de soporte 14.

Además, los tamaños geométricos de las nervaduras de soporte 14 y los álabes separadores 42a, 42b se indican en la figura 10. Una profundidad constructiva axial de las nervaduras de soporte 14 se indica con L_{ax} , una longitud de la cuerda de perfil con L y un grosor de perfil máximo con D_{max}. Las nomenclaturas correspondientes son transferibles a

los álabes separadores 42a, 42b por el índice adicional "Splitter". Una longitud axial o profundidad constructiva del canal de transición 1 en sí mismo se puede indicar mediante $L_{ax, TMTF}$. La profundidad constructiva axial $L_{ax, TMTF}$ del canal de transición 1 puede coincidir o estar definida con la longitud axial o la profundidad constructiva L_{ax} de las nervaduras de soporte 14.

En resumen, las características combinables entre sí de las nervaduras de soporte 14 con los álabes separadores 42 se pueden indicar como sigue:

a) en el canal de transición, las nervaduras de soporte de desviación 14 y los álabes separadores delgados 42 están dispuestos en construcción en tándem;

b) el grosor relativo $d_{max, Splitter} / L$ de los álabes separadores 42 es menor que un valor límite

$d_{max, Splitter} / L < 15\ \%$; en particular d_{max} , Splitter / L <10 % ;

c) la profundidad constructiva axial de los álabes separadores 42 es

$25\ \% < L_{ax, Splitter} / L_{ax, TMTF}$; en particular $30\ \% < L_{ax, Splitter} / L_{ax, TMTF}$; y/o

$L_{ax, Splitter} / L_{ax, TMTF} < 100\ \%$;

d) los álabes separadores 42 se extienden en una región que comienza lo antes posible en la dirección axial con 30 % de $L_{ax, TMTF}$ y termina como máximo con 125 % de $L_{ax, TMTF}$. Por lo tanto, los álabes separadores 42 están decalados hacia detrás respecto a los bordes delanteros 46 de las nervaduras de soporte 14 en la dirección de flujo y pueden sobresalir hacia detrás los bordes de fuga 16 de las nervaduras de soporte 14.

Ha demostrado ser ventajoso que con un álabe separador 42 son diferentes las divisiones T_1 y T_2, con varios álabes separadores 42a, etc. las divisiones T_1 a T_n (con n - 1 álabes separadores). Las longitudes de la cuerda de separador $L_{Splitter}$ también pueden ser diferentes entonces.

Se da a conocer un canal de transición para una turbomáquina, en particular un motor de avión, para formar un canal de flujo entre una sección transversal de flujo aguas arriba y una sección transversal de flujo aguas abajo, con nervaduras de soporte que se extienden entre una pared de canal radialmente interior y una pared de canal radialmente exterior y respectivamente un perfil para desviar un flujo de una superficie de entrada a una superficie de salida del canal de transición, en donde las nervaduras de soporte presentan respectivamente en la región de su borde de fuga una variación de perfil y/o al menos una abertura de salida para expulsar un fluido, así como una turbomáquina con un canal de transición de este tipo.

Lista de referencias

1	Canal de transición
2	Turbina de alta presión
4	Turbina de baja presión de la
6	Álabe de rotor
8	Pared de canal interior
10	Pared de canal exterior
12	Flujo
14	Nervadura de soporte
16	Borde trasero
18	Mezcla de estela
20	Variación perfil
22	Abertura de salida
24	Lado de aspiración
26	Lado de presión
27	Línea auxiliar

28	Sección de lado de aspiración
30	Sección de lado de presión
32	Superficie de hendidura del lado de aspiración
34	Superficie de hendidura del lado de presión
36	Superficie de salida del lado de aspiración
38	Superficie de salida del lado de presión
40	Sección de lado de aspiración
42, 42a, b	Álabe divisor de flujo / álabe separador
44	Flujo secundario
46	Borde delantero
α_1	Ángulo de flujo del flujo de entrada
α_1	Ángulo de flujo del flujo de salida
$\Delta\alpha$	Angulo de desviación de flujo
d_{max}	Mayor grosor de perfil de las nervaduras de soporte
$d_{max,Splitter}$	Mayor grosor de perfil de los álabes separadores
F_1	Superficie de entrada al comienzo del canal de transición
F_2	Superficie de salida al final del canal de transición
L	Longitud de la cuerda de perfil de las nervaduras de soporte
$L_{Splitter}$	Longitud de la cuerda de perfil de los álabes separadores
L_{ax}	Profundidad constructiva axial de las nervaduras de soporte
$L_{ax,Splitter}$	Profundidad constructiva axial de los álabes separadores
$L_{ax,TMTF}$	Profundidad constructiva axial del canal de transición
R	Eje de giro / eje de turbina
$T_{1\ a\ n}$	Paso (distancia perpendicular al eje de giro) entre los bordes de salida de las nervaduras de soporte y el álabe separador)
U	Dirección de rotación

REIVINDICACIONES

1. Canal de transición (1) para una turbomáquina, en particular un motor de avión, para formar un canal de flujo entre una turbina de alta presión y una turbina de baja presión entre una sección transversal de flujo aguas arriba y una sección transversal de flujo aguas abajo, con nervaduras de soporte (14) que se extienden entre una pared de canal radialmente interior (8) y un pared de canal radialmente exterior (10) y respectivamente un perfil para desviar un flujo desde una superficie de entrada (F_1) a una superficie de salida (F_2) del canal de transición (1), **caracterizado por que** las nervaduras de soporte (14) presentan respectivamente en la región de su borde de fuga (16) una variación de perfil (20) para una mezcla de estela pasiva y al menos una abertura de salida (22) para expulsar un fluido para la mezcla de estela activa y un enfriamiento de las nervaduras de soporte (14) en la región de sus bordes de fuga.

2. Canal de transición según la reivindicación 1, en donde el borde de fuga (16) está desplazado alternativamente hacia el lado de aspiración (24) y hacia el lado de presión (26).

3. Canal de transición según la reivindicación 1, en donde el borde de fuga (16) está configurado de tipo onda en la dirección de flujo.

4. Canal de transición según la reivindicación 1, en donde la al menos una abertura de salida (22) sale del borde trasero (16) entre un lado de aspiración (24) y el lado de presión (26).

5. Canal de transición de la reivindicación 4, en donde la al menos una abertura de salida (22) está configurada como una hendidura longitudinal que se extiende desde la pared de canal interior (8) a la pared de canal exterior (10), y en donde una superficie de hendidura del lado de aspiración (32) está configurada de forma ondulada y una superficie de hendidura del lado de presión (34) opuesta está configurada sin variación.

6. Canal de transición según la reivindicación 4 o 5, en donde una superficie de salida del lado de aspiración (36) opuesta a la superficie de hendidura del lado de aspiración (32) está configurada de forma ondulada.

7. Canal de transición según la reivindicación 4, en donde la al menos una abertura de salida (22) está configurada como una hendidura longitudinal y una superficie de hendidura del lado de presión (34) está configurada de forma ondulada y una superficie de hendidura del lado de aspiración opuesta (32) sin variación.

8. Canal de transición según la reivindicación 4 o 7, en donde una superficie de salida del lado de presión (38) opuesta a la superficie de hendidura del lado de presión (34) está configurada de forma ondulada.

9. Canal de transición según la reivindicación 1, en donde la abertura de salida (22) sale del lado de aspiración.

10. Canal de transición según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde entre las nervaduras de soporte (14) están dispuestos los álabes divisores de flujo (42), que presentan un espesor de perfil relativo ($d_{max,Splitter}/L$) más pequeño que las nervaduras de soporte (14).

11. Canal de transición según la reivindicación 10, en donde los álabes divisores de flujo (42) están provistos de una variación del perfil (20) del borde de fuga y/o con al menos un abertura de salida (22).

12. Turbomáquina con una canal de transición (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

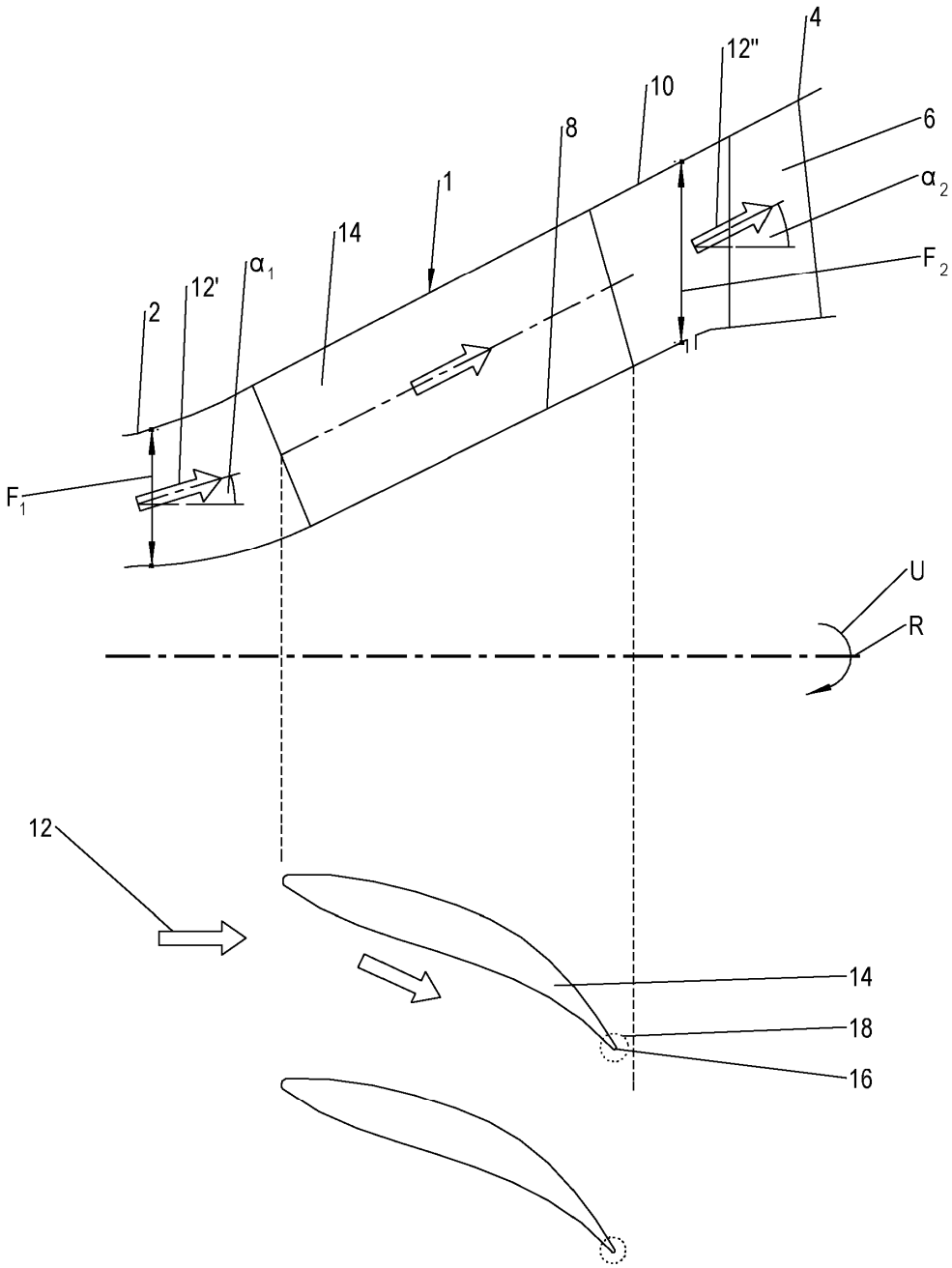

Fig. 1

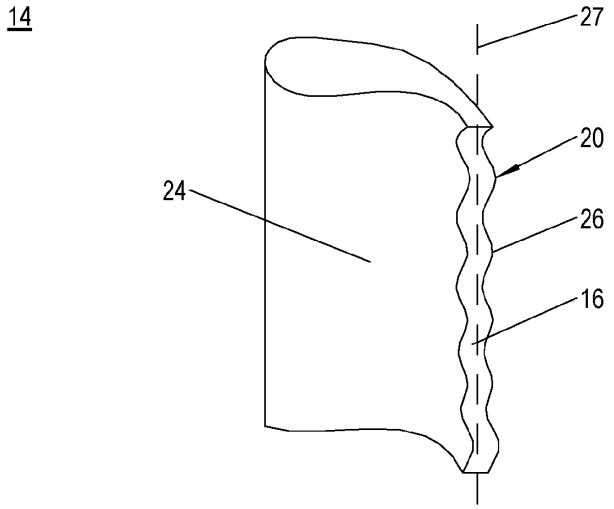

Fig. 2

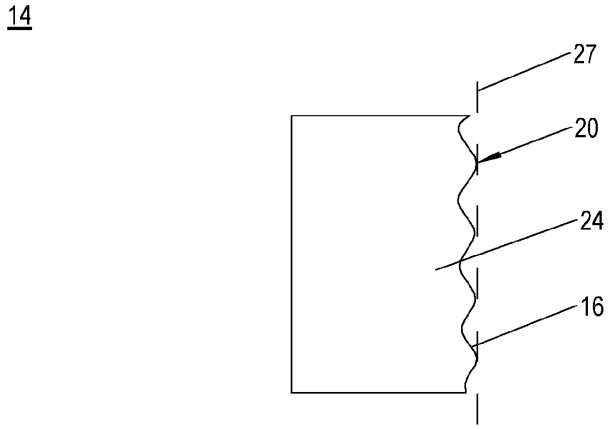

Fig. 3

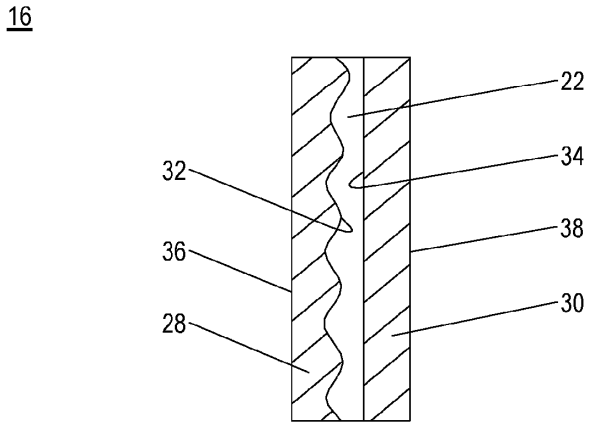

Fig. 4

16

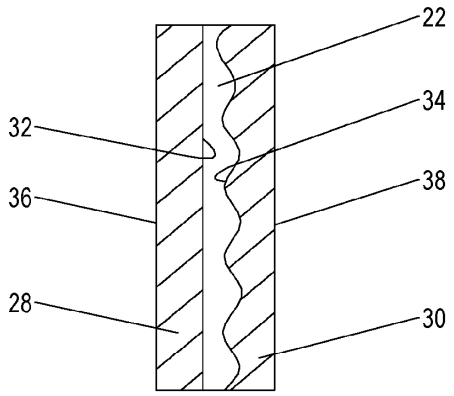

Fig. 5

16

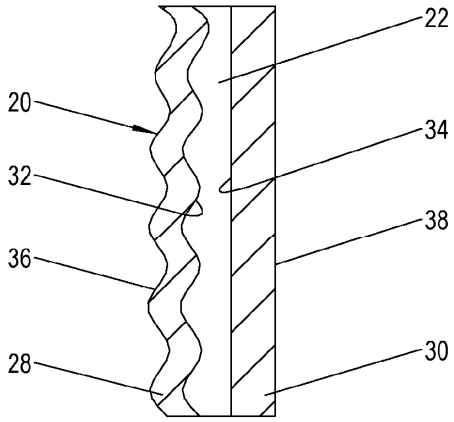

Fig. 6

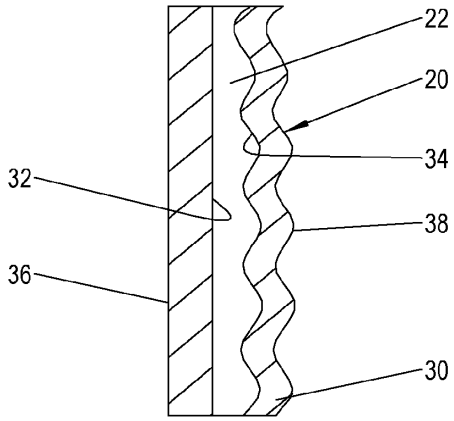

Fig. 7

14

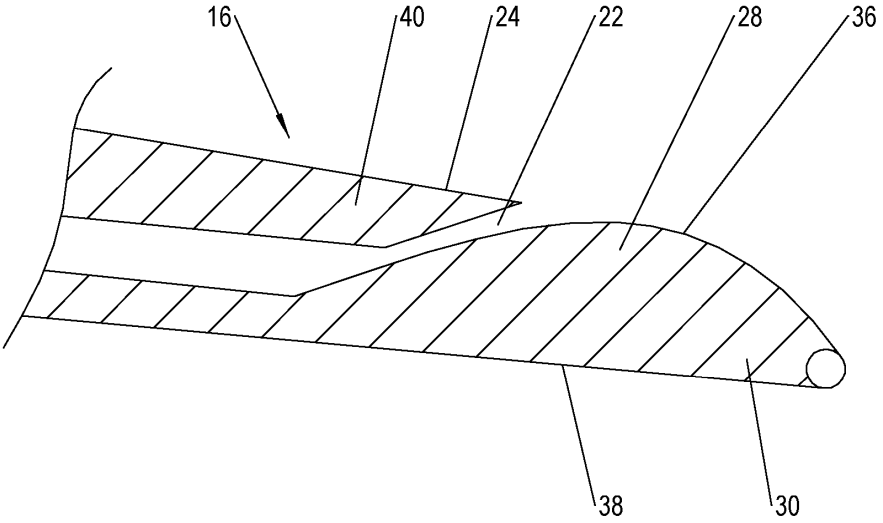

Fig. 8

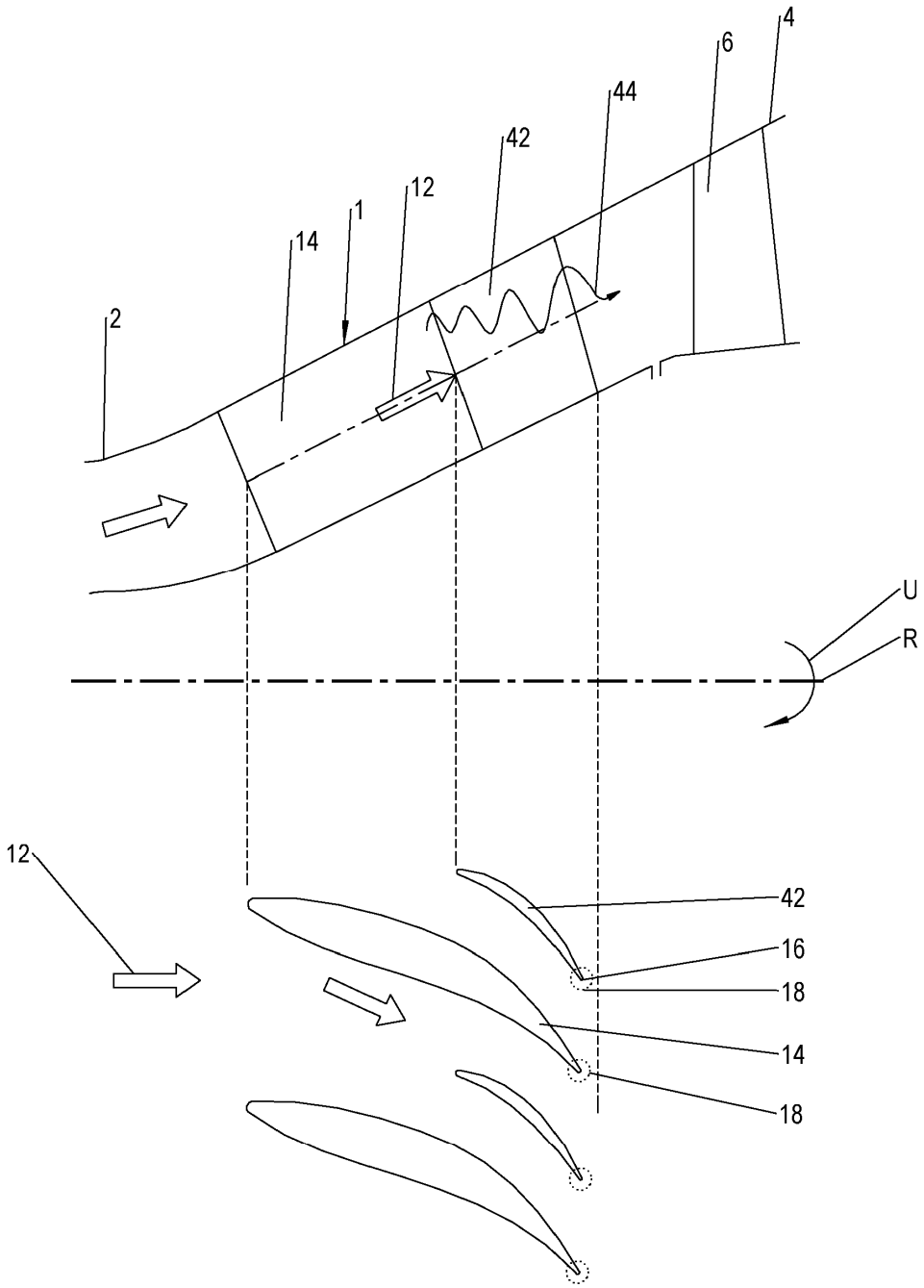

Fig. 9

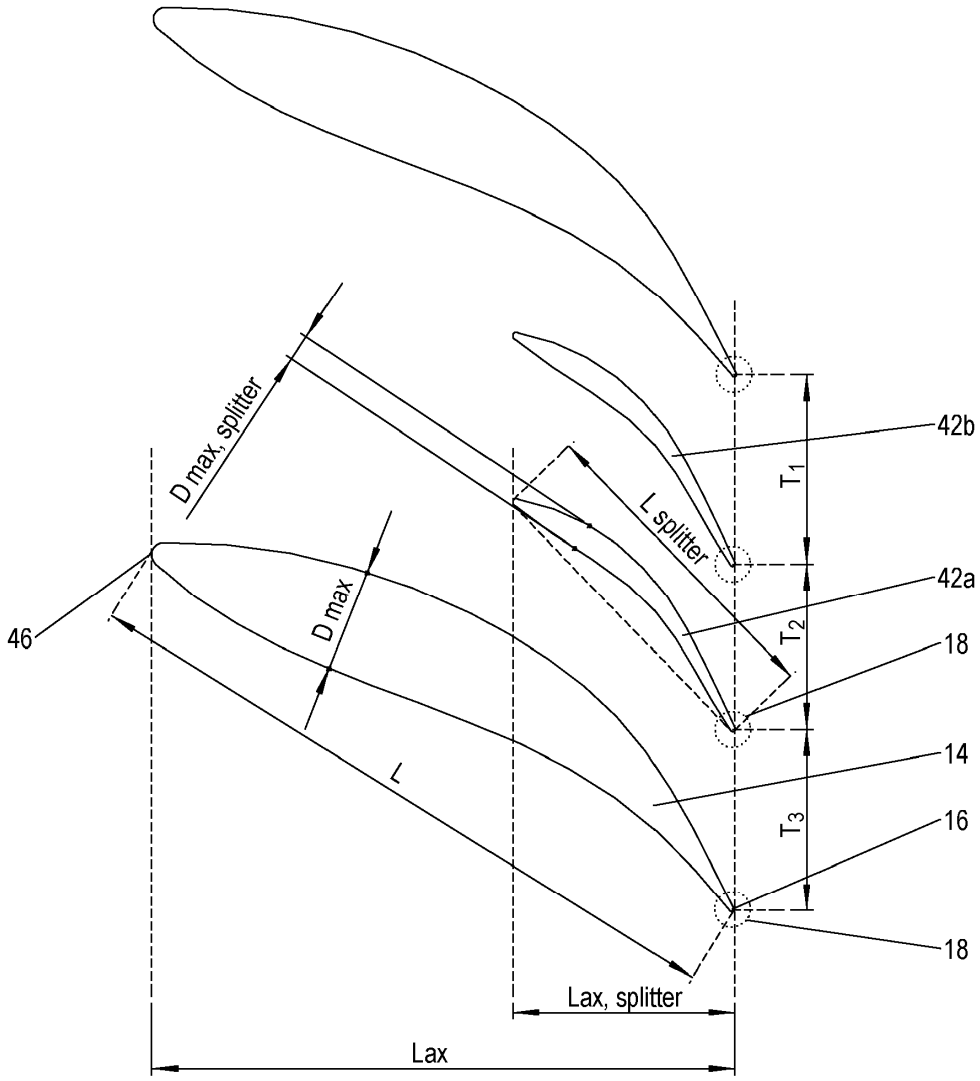
D max, splitter
L splitter
D max
L
46
42b
42a
18
14
16
18
T1
T2
T3
Lax, splitter
Lax

Fig. 10