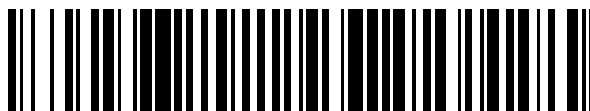


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 455**

51 Int. Cl.:

**F01D 17/14** (2006.01)

**F01D 17/16** (2006.01)

**F02C 6/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2007 E 07116130 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012 EP 1900908**

54 Título: **Turbina de geometría variable**

30 Prioridad:

**12.09.2006 IT MI20061738**

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

**19.04.2013**

73 Titular/es:

**FPT MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)  
Schlossgasse 2  
9320 Arbon, CH**

72 Inventor/es:

**SPULER, JUERG**

74 Agente/Representante:

**RUO, Alessandro**

**ES 2 401 455 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

Turbina de geometría variable

5 **Campo de la invención**

**[0001]** La presente invención se refiere a una turbina de geometría variable, en particular para un turbocompresor para un motor de combustión interna sobrealimentado, y a dicho turbocompresor y motor.

10 **Técnica anterior**

**[0002]** Las turbinas de geometría variable (VGT) conocidas tienen una entrada de fluido de accionamiento en forma de una voluta que rodea el rotor de turbina, y una tobera anular con álabes que se encuentra entre dicha voluta de entrada y el rotor de turbina. En las VGT del tipo de "pared móvil", el hueco de tobera puede ajustarse en sentido axial para controlar la potencia de la turbina y, en el caso de los turbocompresores de VGT para motores de combustión interna sobrealimentados, la presión de retorno en el colector de escape del motor (esto es útil, en particular, cuando se usa como freno de escape). Un ejemplo de una turbina de geometría variable conocida se da a conocer en el documento EP 0654587.

**[0003]** La figura 1 muestra una VGT de "pared móvil" típica. La figura representa una sección longitudinal, de acuerdo con un plano que contiene el eje 10 del rotor de turbina 4 (que no se muestra en sección). La voluta de entrada de fluido se designa mediante 1. El hueco de tobera anular que permite el fluido que fluye desde la voluta de entrada hasta el rotor de turbina se designa mediante 3, un álabe de la tobera mediante 7. Los álabes están fijados al anillo ajustable en sentido axial 5, con predisposición a trasladarse en la dirección de la flecha A. El movimiento en una dirección reduce el hueco de tobera, el movimiento en la dirección opuesta aumenta el mismo. Cuando el anillo ajustable se mueve en la dirección de cierre, la red de álabes se aloja en el interior de la cavidad anular 11 provista en el alojamiento de turbina 2; puede concebirse una cubierta perforada 8 con unas ranuras que se corresponden con la forma de la red de álabes para impedir que el flujo de fluido evite el hueco de tobera. Como alternativa, puede proporcionarse una configuración que presenta una red de álabes fija sobre la pared opuesta al anillo ajustable en sentido axial, y presentando el anillo ajustable en sentido axial unas ranuras para alojar los álabes. El anillo ajustable puede estar configurado como un émbolo anular, que está alojado en el interior de una cámara anular 12, capaz de salir y de extenderse al interior del hueco de tobera; se colocan unos medios de sellado 13, tales como un anillo de sellado exterior y uno interior, entre el anillo ajustable y las paredes de la cámara. Un sistema de accionamiento (que no se muestra) se proporciona para controlar la posición axial del anillo ajustable de acuerdo con los requisitos. El accionador puede ser neumático, hidráulico o eléctrico, comprendiendo posiblemente unos resortes de recuperación, y puede colocarse en el interior de, o de forma externa a, los alojamientos de VGT. Este puede actuar, por ejemplo, a través de unas varillas (que no se muestran) que se extienden a lo largo de la dirección de movimiento del anillo ajustable en sentido axial, acopladas dichas varillas con el anillo 5 sobre el lado orientado hacia la cámara anular 12. Las varillas (o cualquier sistema de guiado similar) pueden evitar la rotación del anillo ajustable alrededor del eje 10, la cual se causaría por fuerzas de fluido contra los álabes inclinados. El accionador debe contener la fuerza de recuperación ejercida por la presión de fluido sobre el anillo ajustable en sentido axial, la cual puede ser de una magnitud considerable. Con el fin de reducir la carga de recuperación sobre el accionador y el mecanismo de accionamiento, comúnmente se proporcionan unos orificios de compensación 6 sobre la pared axial del anillo ajustable, normalmente un orificio para cada paso de fluido entre dos álabes consecutivos, tal como se muestra en la figura 2, con el fin de compensar la presión entre el hueco de tobera 3 y la cámara 12.

**[0004]** En las turbinas accionadas por gases de escape, el tamaño de los orificios de compensación debe hacerse coincidir para permitir una transmisión apropiada de las ondas de presión de escape generadas por los motores alternativos, tal como los motores de combustión interna convencional. De otro modo, las ondas de presión podrían generar un desgaste por vibración sobre la totalidad del mecanismo de accionamiento de VGT, y sobre otros miembros tales como juntas y bujes. Además, las ondas de presión pueden provocar una oscilación significativa del mecanismo de accionamiento, por lo menos con ciertos tipos de accionadores, en particular los neumáticos y eléctricos. Para mantener la vibración y oscilación a un nivel aceptable, el tamaño de los orificios de compensación ha de ser relativamente grande, su diámetro puede alcanzar hasta un 90% de la anchura de paso de fluido. Esto incluye la desventaja de que los orificios de compensación dan lugar a una perturbación considerable para el flujo de fluido a través del hueco de tobera. La reducción en el hueco de tobera, estrechando respectivamente el paso de fluido entre álabes consecutivos, aumenta la interferencia de los orificios con el flujo de fluido. En huecos de tobera muy estrechos, el área de flujo restante en el hueco de tobera se vuelve menor que el área total del conjunto de orificios de compensación. En tal estado, los orificios de compensación representan unos sumideros significativos para el flujo, conduciendo a una expansión del flujo de fluido al interior de los orificios, a su vez los bordes de aguas abajo de los orificios de compensación se vuelven unos obstáculos significativos fluidodinámicos.

**[0005]** En los conjuntos de compensación de presión conocidos, los orificios de compensación se mecanizan o se cortan por láser, y tienen (en una vista fluidodinámica) unos bordes relativamente afilados, a pesar de que puede proporcionarse una pequeña broca de avellanar con el fin de retirar las rebabas. La porción de aguas abajo de tales bordes de orificio de compensación puede provocar, por lo tanto, una separación de flujo, lo que conduce a una

caída de presión poco deseable en el paso de flujo aguas abajo del orificio y, por lo tanto, a una reducción en la fuerza de recuperación ejercida sobre el anillo ajustable. Este efecto se vuelve más obvio en huecos de tobera pequeños y en un estado de flujo estrangulado, en el que la velocidad del sonido se alcanza en el hueco de tobera. En dicho estado, la fuerza de recuperación resultante que actúa sobre el anillo ajustable en sentido axial puede caer abruptamente, y puede acabar en una dirección de fuerza invertida.

[0006] En la figura 3, la fuerza de recuperación  $F$  (en ordenadas) que actúa típicamente sobre el anillo ajustable, y a partir de allí sobre la totalidad del mecanismo de accionamiento, se representa cuantitativamente como una función del hueco de tobera  $L$  (en abscisas). A medida que disminuye el hueco de tobera, un aumento gradual de la fuerza de recuperación se observa para casi la totalidad del intervalo ajustable, mientras que en un hueco de tobera estrecho la fuerza se colapsa debido a la interferencia de los orificios con el flujo de fluido. El control seguro de la tobera de geometría variable en tales huecos de tobera pequeños se vuelve, por lo tanto, imposible, limitando el mínimo hueco de tobera admisible a unos valores mucho más altos que los que serían deseables bajo unas condiciones de funcionamiento particulares. En términos generales, el control de los sistemas conocidos es poco satisfactorio en huecos de tobera pequeños. La potencia de frenado turbo (potencia de frenado de motor) de los motores de vehículos sobrealimentados por VGT está, por lo tanto, limitada, así como la respuesta del motor en unas condiciones de funcionamiento transitorias.

### Sumario

[0007] De acuerdo con la presente invención, los problemas expuestos anteriormente se han resuelto mediante una turbina de geometría variable de acuerdo con la reivindicación 1, mediante la aplicación de un generoso redondeado sobre los bordes de aguas abajo de los orificios de compensación, en las bocas de orificio de compensación orientadas hacia el flujo de fluido.

[0008] De acuerdo con una realización preferida de la invención, la turbina es una turbina de gas y es, en particular, una turbina de un turbocompresor para un motor de combustión interna sobrealimentado, siendo dicho turbocompresor y motor unos aspectos adicionales de la invención.

### Lista de las figuras

[0009] La presente invención se ilustrará a continuación mediante una descripción detallada de realizaciones preferidas pero no limitantes, dada para fines de ejemplo, con la ayuda de las figuras adjuntas, de las cuales:

- la figura 1, ya analizada anteriormente, muestra una vista en sección longitudinal de una VGT de acuerdo con la técnica anterior;
- la figura 2, ya analizada anteriormente, muestra de forma esquemática una vista en planta a partir del hueco de tobera sobre el anillo ajustable en sentido axial de la VGT de la figura 1;
- la figura 3, ya analizada anteriormente, muestra de forma esquemática la fuerza de recuperación ejercida sobre el anillo ajustable en sentido axial como una función del hueco de tobera en una VGT que tiene un anillo ajustable en sentido axial provisto con unos orificios de compensación de acuerdo con la técnica anterior;
- la figura 4 muestra de forma esquemática una vista en sección de un anillo ajustable en sentido axial de una VGT de acuerdo con la presente invención;
- la figura 5 muestra de forma esquemática una vista en planta a partir del hueco de tobera sobre el anillo ajustable en sentido axial de una VGT de acuerdo con la presente invención;
- la figura 6 muestra de forma esquemática la vista en sección VI - VI del anillo ajustable de la figura 5;
- la figura 7 muestra de forma esquemática una vista en planta a partir del hueco de tobera sobre un anillo ajustable en sentido axial de una VGT de acuerdo con otro aspecto de la presente invención;
- la figura 8 muestra de forma esquemática la vista en sección VIII - VIII del anillo ajustable de la figura 7;
- la figura 9 muestra de forma esquemática una vista en planta a partir del hueco de tobera sobre un anillo ajustable en sentido axial de una VGT de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención;
- la figura 10 muestra de forma esquemática la vista en sección X - X del anillo ajustable en sentido axial en la figura 9;
- la figura 11 muestra de forma esquemática la fuerza de recuperación ejercida sobre el anillo ajustable en sentido axial como una función del hueco de tobera en una VGT de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de una realización

[0010] La VGT de acuerdo con la presente invención puede diseñarse y fabricarse de una forma similar a la de la técnica anterior que se describe anteriormente, excepto por la forma de las bocas de orificio de compensación. La figura 4 muestra una sección en detalle de acuerdo con un plano paralelo a las líneas de flujo del fluido a través del hueco de tobera (dependiendo de la inclinación de los álabes) de una VGT de acuerdo con la presente invención; el anillo ajustable en sentido axial 25 se muestra con el mínimo hueco de tobera, y el flujo desde la voluta de entrada hasta el rotor de turbina se indica de forma esquemática por las flechas 20. Un orificio de compensación 26 está provisto en la pared 19, cuya superficie 18 está orientada hacia el hueco de tobera 23. El borde 16, que delimita el orificio 26 a partir de la superficie 18, presenta una porción redondeada, aguas abajo del orificio con respecto al flujo

de fluido.

**[0011]** Esto da como resultado una forma de la zona redondeada que se extiende en la dirección del flujo de fluido. En la figura 5 se muestra una sección parcial de la superficie anular 18 orientada hacia el hueco de tobera 23. Se muestran los álabes 27 y los orificios de compensación 26 con la porción redondeada 17 y la flecha 20 indica la dirección del fluido. Los álabes delimitan una serie de pasos 14.

**[0012]** La porción redondeada puede formar, con la superficie 19, un límite 15 cuya forma puede depender de cómo se realiza el redondeado a lo largo del borde (por ejemplo, una forma parabólica o elíptica).

**[0013]** Se ha descubierto que el radio de curvatura  $R$ , en la porción de borde en la que este se encuentra en su valor máximo, debe ser más grande que un 20% de la anchura máxima  $S$  del orificio (sin tener en cuenta el redondeado) en la dirección de flujo de fluido media a través del área del orificio, con el fin de conseguir unos resultados útiles. Con referencia a la figura 6, que muestra la sección VI - VI de la figura 5, puede apreciarse que la dimensión  $S$  puede ser sustancialmente el diámetro del orificio, cuando este tiene una sección circular. Las figuras 7 y 8 muestran una realización preferida con un generoso redondeado 17', extendiendo el límite 15' aguas abajo. Los orificios de compensación pueden tener una sección circular u otra forma. De forma independiente, estos pueden tener unas paredes internas (sin considerar el área redondeada) que son perpendiculares o están inclinadas con respecto a la pared del anillo ajustable. Las paredes internas pueden estar inclinadas en cierta medida en la dirección y en el sentido del flujo de fluido. Esto mejora adicionalmente las características de recuperación. Las figuras 9 y 10 muestran un anillo de tobera con unos orificios inclinados con una sección no circular.

**[0014]** Los orificios pueden producirse mediante cualquier tecnología conocida adecuada, así como el redondeado.

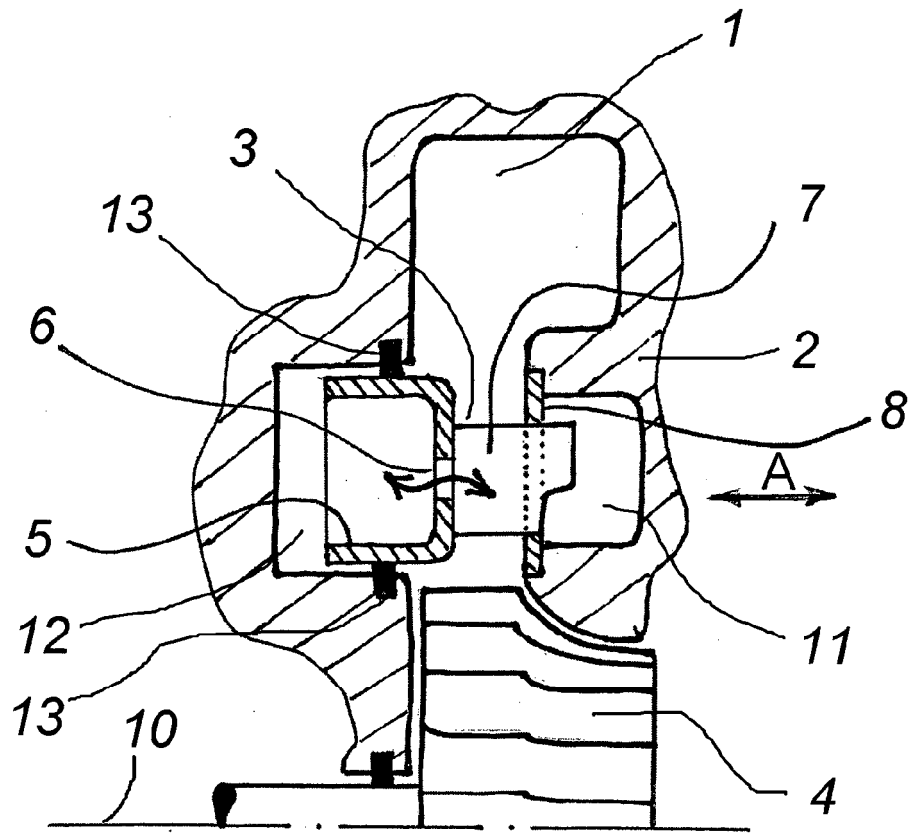
**[0015]** Puede adoptarse la totalidad de las soluciones que se aplican comúnmente a las VGT del tipo de "pared móvil", con los cambios apropiados. El anillo ajustable puede accionarse mediante varios tipos de accionadores, tal como se analizó anteriormente.

**[0016]** La posición de los orificios de compensación sobre el anillo y su dimensión puede elegirse, como ya ocurre para la técnica anterior, de acuerdo con la presión deseada en la cámara por detrás del anillo, sin olvidar que, a lo largo de la tobera, la presión estática es más elevada hacia la voluta de entrada y más baja hacia el rotor de turbina. Los orificios pueden tener un diámetro (por ejemplo) de un 50 - 90% de la anchura de paso de álabe considerada, o unas dimensiones equivalentes en el caso de una sección no circular. La VGT de acuerdo con la presente invención conlleva unas ventajas considerables. Se evita la abrupta caída de presión provocada por la interferencia de los orificios en huecos de tobera muy pequeños. En la figura 11, la tendencia de la fuerza de recuperación como una función del hueco de tobera en una VGT de acuerdo con la presente invención se muestra de forma esquemática. Debido a que no tiene lugar el colapso de la fuerza (compárese la figura 3), puede permitirse que el estrechamiento del hueco de tobera se reduzca a unos valores mucho más bajos que aquellos de acuerdo con la técnica anterior, consiguiendo, por ejemplo, en el caso de turbinas de turbocompresores para motores de combustión interna sobrealimentados, una potencia de frenado de motor más elevada y un mejor rendimiento en condiciones transitorias, en combinación con una estabilidad de control mejorada.

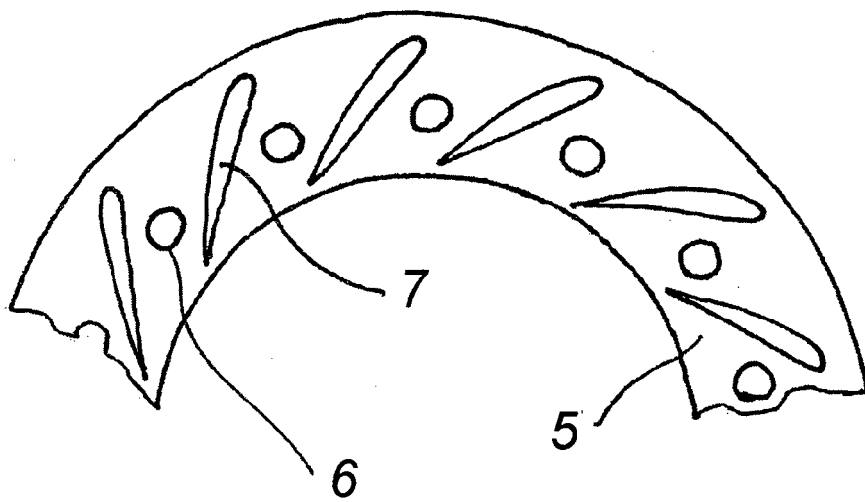
**[0017]** Una ventaja adicional es la reducción en la pérdida de presión de fluido a través de la tobera, lo que da como resultado una eficiencia más elevada de la turbina cuando se recupera energía a partir de la descarga de fluido.

**REIVINDICACIONES**

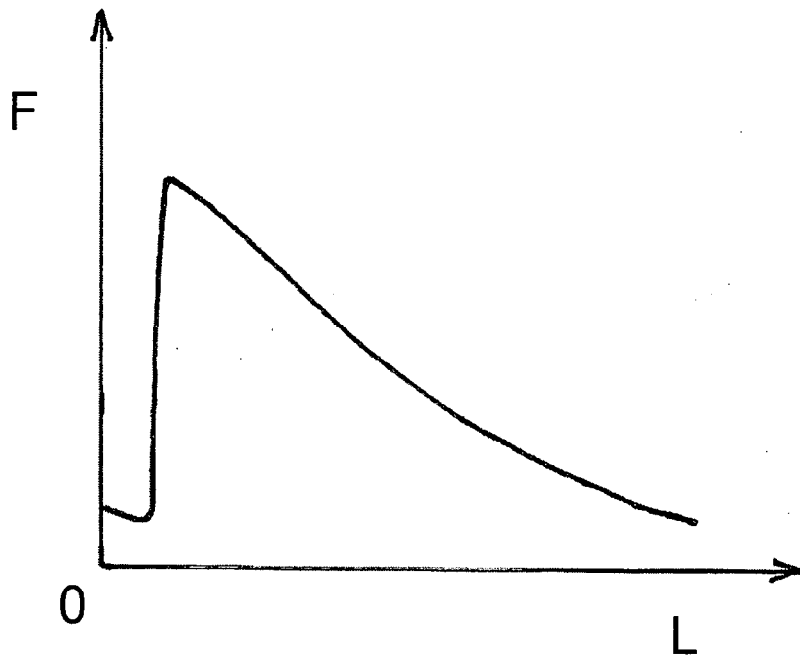
- 5 1. Turbina de geometría variable que comprende un alojamiento (22), un rotor de turbina (4), una entrada de fluido (1) que rodea dicho rotor de turbina, una tobera con álabes interpuesta entre dicha entrada de fluido y dicho rotor de turbina concebida para acelerar el flujo de fluido, comprendiendo dicha tobera un anillo ajustable en sentido axial (25) concebido para hacer que varíe el hueco de tobera (23) y que tiene una pared (19) que delimita en sentido axial dicho hueco de tobera, teniendo dicha pared unos orificios de compensación (26, 26') que conectan dicho hueco de tobera con una cámara (12) delimitada por dicho alojamiento y dicho anillo, **caracterizada por que** los bordes (16), formados por dichos orificios con la superficie (18) de dicha pared orientada hacia dicho hueco de tobera, están generosamente redondeados en la porción (17, 17') que se encuentra aguas abajo del orificio con respecto al flujo de fluido.
- 10
- 15 2. Turbina de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la curvatura de redondeo máxima (17, 17') de dicho borde supera un radio (R) que representa un 20% de la anchura máxima del orificio de compensación (S) en la dirección de flujo promedio (20) a través del área del orificio.
- 20 3. Turbina de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada por que** la curvatura de redondeo en la dirección de flujo (20) tiene esencialmente una forma parabólica o elíptica.
- 25 4. Turbina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el límite (15, 15') del área redondeada está alargado en la dirección del flujo de fluido.
5. Turbina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el redondeo tiene una geometría tal como puede conseguirse mediante fresado triaxial con cortadoras radiales.
- 30 6. Turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha turbina es una turbina de gas.
7. Turbina de acuerdo con la reivindicación 6, para turbocompresores de motores de combustión interna sobrealimentados.
- 35 8. Turbocompresor para un motor de combustión interna sobrealimentado que incluye una turbina de acuerdo con la reivindicación 7.
9. Motor de combustión interna sobrealimentado para vehículos que incluye un turbocompresor de acuerdo con la reivindicación 8.



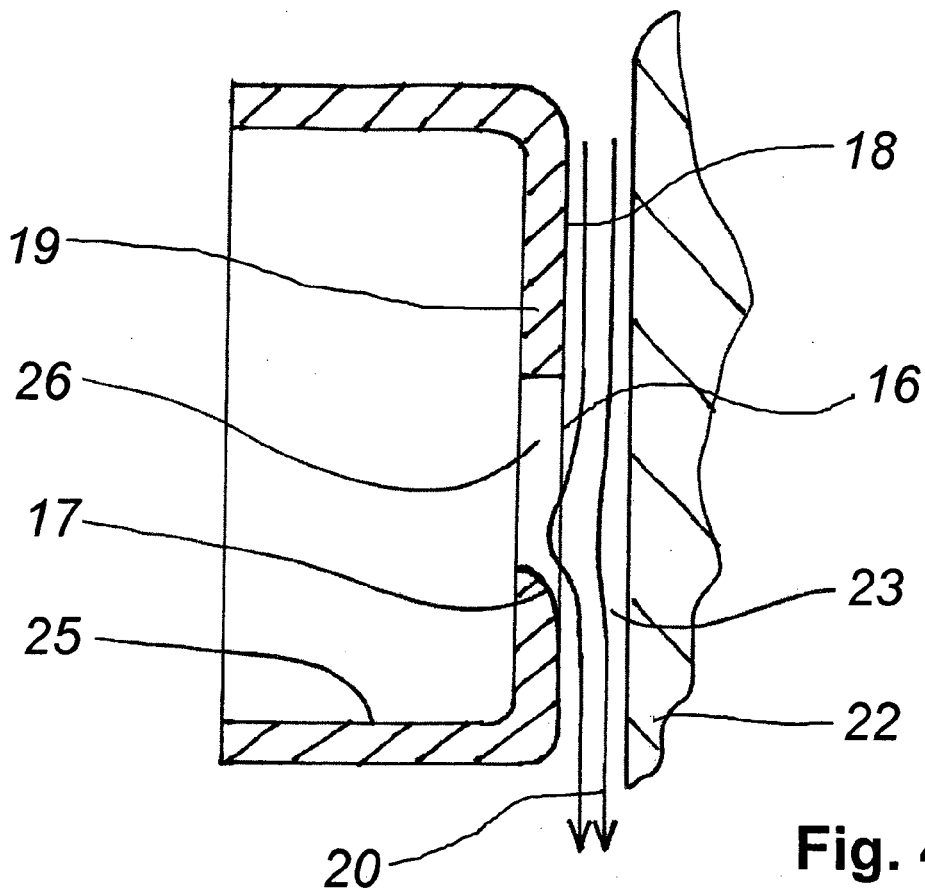
**Fig. 1**



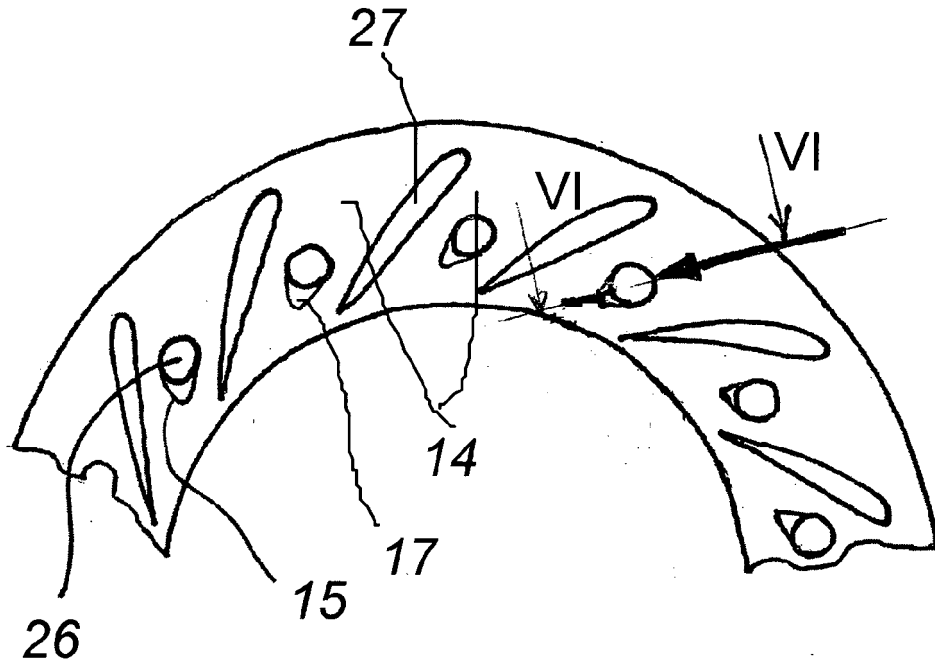
**Fig. 2**



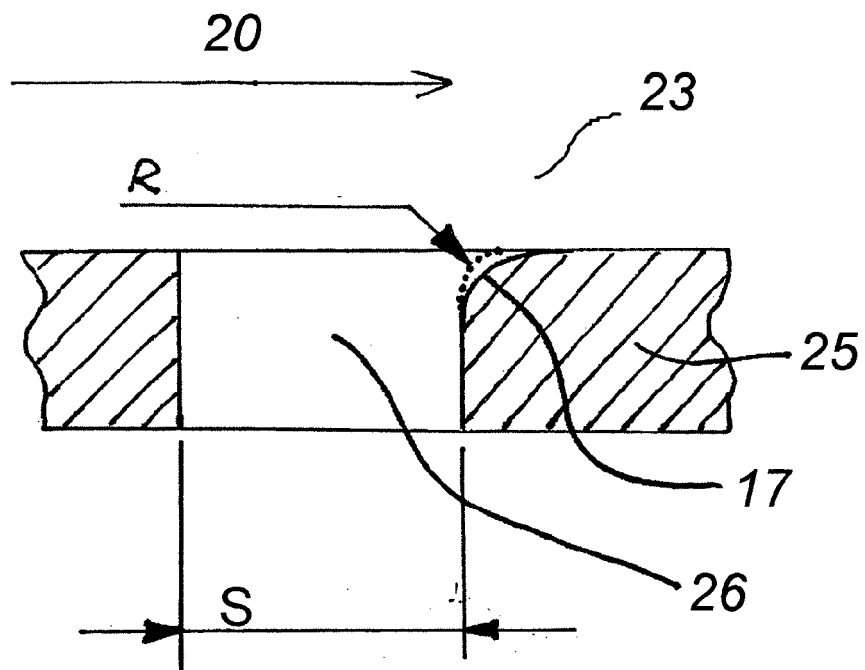
**Fig. 3**



**Fig. 4**

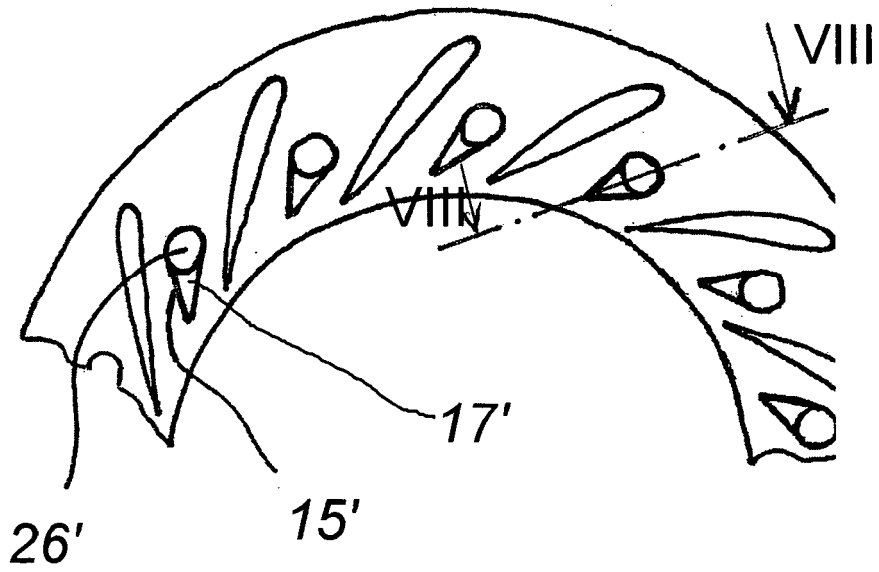


**Fig. 5**

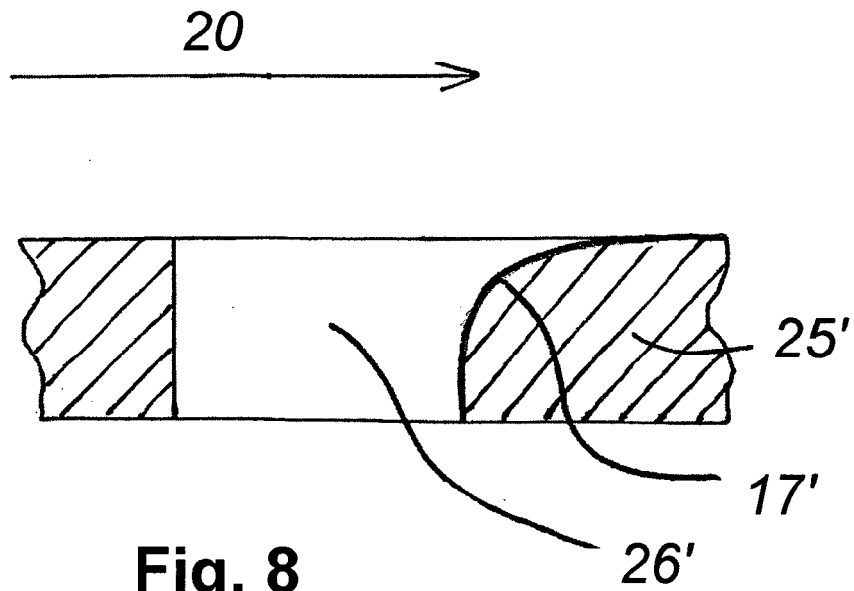


**Fig. 6**





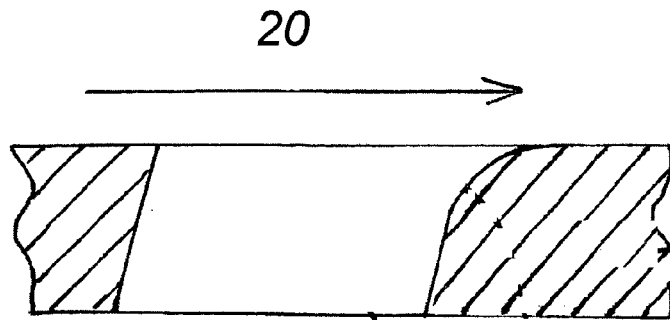
**Fig. 7**



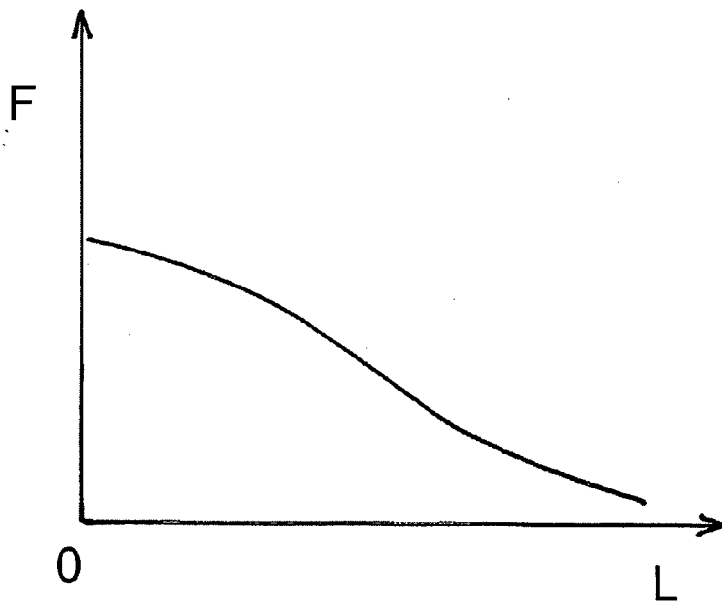
**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig.11**