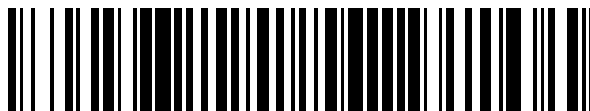


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 207**

21 Número de solicitud: 201800113

51 Int. Cl.:

F03B 13/14 (2006.01)

F03B 13/24 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

30.04.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.10.2019

Fecha de concesión:

05.03.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

12.03.2020

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD DE OVIEDO (100.0%)

C/ San Francisco 3

33003 Oviedo (Asturias) ES

72 Inventor/es:

GARCÍA DÍAZ, Manuel y

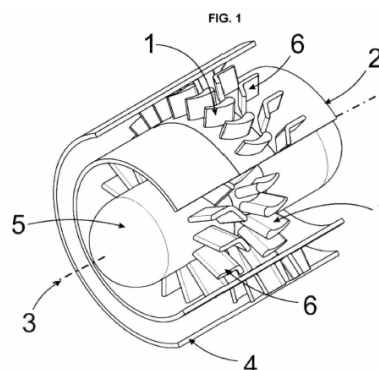
PEREIRAS GARCÍA, Bruno

54 Título: **Turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional**

57 Resumen:

Turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional que comprende dos coronas de álabes (1) solidarias al mismo rotor donde los álabes de cada corona están orientados de forma especular, con el borde de ataque enfrentado a una de las dos direcciones del flujo respectivamente; un eje (3); un conducto exterior (4) que contiene la turbina; y un núcleo o nariz (5) que defleca el flujo. Se estructura en dos canales paralelos separados por una pared interna (2). En cada canal se sitúa una de las coronas de álabes (1), donde una de ellas produce potencia mientras la otra realiza un bloqueo aerodinámico del flujo.

De aplicación en aquellos sectores en los que se diseñen, fabriquen, produzcan o utilicen turbinas, y más específicamente a sistemas o procesos donde intervenga un tipo de flujo bidireccional del cual se desee extraer energía como, por ejemplo, OWC (Oscilating Water Column).



ES 2 729 207 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional.

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a una turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional que comprende dos coronas de álabes solidarias e integradas en el mismo rotor de forma que una de ellas produce potencia mientras la otra realiza un bloqueo aerodinámico del flujo.

10 La invención resulta de aplicación en aquellos sectores en los que se diseñen, fabriquen, produzcan o utilicen turbinas, como por ejemplo el de maquinaria y equipo mecánico o el de energía y agua, y más específicamente la invención se puede aplicar a cualquier sistema o proceso donde intervenga un tipo de flujo bidireccional del cual se desee extraer energía, como
15 por ejemplo los dispositivos de energía renovable conocidos como OWC (Oscilating Water Column), donde, por efecto de la subida y bajada de las olas, se genera un flujo bidireccional de aire.

Antecedentes de la invención

20 Muchos estudios han constatado que la energía de las olas o energía undimotriz tiene un gran potencial, además de ser una fuente de energía renovable. No es de extrañar, por tanto, que se esté poniendo un gran esfuerzo en desarrollar e investigar sobre posibles tecnologías que permitan aprovechar el carácter oscilatorio de las olas.

25 Una de las tecnologías en las que más esfuerzos se han concentrado es la Columna de Agua Oscilante o, como se conoce habitualmente, OWC por sus siglas en inglés (Oscilating Water Column). Esta tecnología es similar a un bufón natural, pero artificial. Consta de una cámara semisumergida, en la que, debido a la incidencia de las olas, se crea un movimiento oscilatorio de la interfaz aire-agua. Este movimiento de la superficie libre del agua propicia un movimiento
30 oscilatorio del aire, el cual puede ser aprovechado en una turbina para la generación de energía eléctrica.

35 No obstante, el flujo a través de la turbina es bidireccional debido a la subida y bajada de la superficie libre del mar dentro de la cámara OWC, y esto acarrea un problema ya que las turbinas para aprovechamiento de flujos bidireccionales no se habían desarrollado. El desarrollo de este tipo de turbinas comienza en conjunto con el desarrollo de la energía undimotriz. El sistema OWC se puede equipar con: 1) una turbina bidireccional (A. F. Falgao, «Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review,» Renewable
40 Energy, vol. 85, pp. 1391-1424, 2016) que produzca un par de sentido constante sea cual sea la dirección del aire, 2) un sistema rectificador que utiliza válvulas u otros dispositivos para crear un flujo unidireccional a partir de uno bidireccional, y 3) un sistema de dos turbinas unidireccionales gemelas también llamado "twin turbines" (V. Jayashankar, S. Anand, T. Geetha, S. Santhakumar, V. Jagadeesh Kumar, M. Ravindran, T. Setoguchi, M. Takao, K. Toyota and S. Nagata, "A twin unidirectional impulse turbine topology for OWC based wave
45 energy plants," Renewable Energy, vol. 34, no. 3, pp. 692-698, 2009).

La primera patente conocida de un sistema OWC es de Yoshio Masuda, con número GB 1014196, que se compone de un conjunto de válvulas antirretorno, el cual rectificaba el flujo y lo hacía pasar por una turbina unidireccional. No obstante, el empleo de sistemas móviles como las válvulas antirretorno en entornos marinos ocasiona numerosos problemas de mantenimiento y operatividad (T. Setoguchi and M. Takao, "Current Status of Self-Rectifying Air Turbines for Wave Energy Conversion," Energy Conversion and Management, vol. 47, no. 15-
50 16, pp. 2382-2396, 2006).

Actualmente el sistema más extendido son las turbinas bidireccionales, las cuales giran en la misma dirección sea cual sea el sentido del flujo. Dentro de este grupo existen dos tipologías principales, la turbina Wells, como por ejemplo la mostrada en la patente N° US 4221538 A de A. A. Wells, y las turbinas de impulso, reflejadas en la patente de I. A. Babintsev número US 3922739 A.

La turbina de Wells es una turbina axial que está formada por perfiles aerodinámicos simétricos con respecto a la cuerda, lo que hace que tengan las mismas características en ambos sentidos del flujo y por tanto sean turbinas bidireccionales. Este tipo de turbinas funcionan mediante la fuerza de sustentación y arrastre sobre los perfiles. En el punto de diseño tiene rendimientos máximo estacionario muy altos (de más de un 70 %), pero fuera de ese punto el rendimiento cae abruptamente, provocando un empobrecimiento del rendimiento de la instalación por ciclo de ola.

Por otro lado, las turbinas de impulso pueden ser tanto axiales como radiales. Están compuestas de dos coronas de directrices, una a cada lado del rotor, para conservar la bidireccionalidad. Al contrario de la turbina Wells, este tipo de turbinas funcionan por deflexión pura del flujo dentro del rotor. Las turbinas de impulso tienen un rendimiento pico más bajo que las Wells, pero mantiene un rendimiento aceptable fuera del caudal de diseño.

Aun así, su rendimiento máximo estacionario no supera el 50%, lo cual es un lastre para esta tecnología.

Como alternativa a las tecnologías señaladas surge la configuración "twin turbines", que consta de dos turbinas unidireccionales, donde una de las cuales funciona en una de las direcciones del flujo, mientras que la otra trata de bloquear el flujo. Esta configuración solventa el problema del bajo rendimiento de las turbinas anteriores, ya que las turbinas unidireccionales pueden tener rendimientos de más del 90 % y se mantienen estables en un rango amplio de condiciones de funcionamiento. Como contrapunto, la mayor problemática de esta configuración es que requiere duplicar equipos como se puede ver en la patente EP 2949920 de Iñaki Zabala y Álvaro Amenzaga.

Existen otras máquinas (Grabiél Vézina, Hugo Fortier-Topping, Francois Bolduc-Teasdale, David Rancourt, Mathieu Picard, Jean-Sébastien Plante, Martin Brouillette and Luc Fréchette, "Design and Experimental Validation of a Supersonic Concentric Micro Gas Turbine", Journal of Turbomachinery, 2015) que son físicamente similares a la expuesta en esta patente, no obstante, se debe recalcar que éstas están pensadas para conversión de energía térmica y no para aprovechar una fuente de energía renovable como el mar. Otra distinción clave es que estas otras máquinas están compuestas por una etapa de compresión y otra de turbinado, al contrario que la presente, la cual tiene ambas etapas de turbinado.

Explicación de la invención

La presente invención se refiere a una turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional que comprende:

- Dos coronas de álabes solidarias e integradas en el mismo rotor donde los álabes de cada corona están orientados de forma especular, de manera que cada uno de ellos tiene el borde de ataque enfrentado a una de las dos direcciones del flujo respectivamente.

- Un eje en torno al cual gira el rotor.

- Un conducto exterior que contiene la turbina.

- Un núcleo o nariz que defleca el flujo.

5 La turbina de la invención se estructura en dos canales paralelos separados por una pared interna. En cada uno de estos canales se sitúa una de las coronas de álabes, de forma que una de ellas produce potencia mientras la otra realiza un bloqueo aerodinámico del flujo gracias a su orientación especular.

10 En una realización preferida, la turbina es una turbina axial donde la dirección de los flujos es paralela a la dirección del eje de rotación.

En otra realización preferida, la turbina es una turbina radial donde la dirección de los flujos es oblicua u ortogonal a la dirección del eje de rotación.

15 En una realización más preferida, el flujo a través de la corona de álabes que produce potencia es centrífugo y a través de la otra corona de álabes es centrípeto.

En otra realización más preferida, el flujo a través de ambas coronas de álabes es centrífugo.

20 En otra realización más preferida, el flujo a través de ambas coronas de álabes es centrípeto.

En una realización específica, además comprende una o varias coronas de directrices aguas arriba y/o aguas abajo del rotor, para mejorar el rendimiento de la máquina.

25 En una realización preferida de la turbina, o más específica de la turbina con una o varias coronas de directrices aguas arriba y/o aguas abajo del rotor, sus coronas de álabes o coronas directrices son desplazables. De esta manera se permite bloquear los canales alternativamente y favorecer el buen funcionamiento de la máquina.

30 En otra realización específica, el núcleo o nariz y el conducto exterior además comprenden unas superficies de revolución que establecen unas secciones de entrada y salida de la turbina y dirigen el flujo hacia el canal donde se produce potencia. Mediante esta realización se permite un mejor reparto de caudales y un aumento de la energía disponible, ya que se desvía más caudal por el canal donde se produce potencia.

35 En otra realización específica, en cada canal se encuentran varias coronas de álabes, contrarrotantes entre sí.

40 La invención proporciona una ventaja clara respecto a la tecnología de "twin turbines" existente: la turbina aquí presentada aún en un único equipo las dos turbinas unidireccionales gemelas, con la consiguiente reducción de equipos auxiliares necesarios (generador, componentes mecánicos, hidráulicos...), resultando un sistema más compacto.

45 Todas las realizaciones preferidas emplean turbinas unidireccionales, que permiten alcanzar eficiencias superiores a las de las turbinas bidireccionales convencionales, maximizando el rendimiento del sistema.

50 En una realización preferida, en la cual el flujo a través de ambas coronas de álabes es centrífugo cuando se produce potencia, el dispositivo presenta un bloqueo aerodinámico muy fuerte en sentido centrípeto, ya que el vórtice que se produce en el conducto de entrada genera una gran cantidad de turbulencia, que acarrea una gran pérdida de carga en esa dirección y optimiza el reparto de caudales entre ambos canales.

En otra realización preferida, en la cual el flujo a través de ambas coronas de álabes es centrípeto cuando se produce potencia, las pérdidas de energía cinética que se producen en la

salida de la turbina incrementan notablemente las pérdidas de carga, provocando un bloqueo aerodinámico muy fuerte que optimiza el reparto de caudales entre ambos canales.

5 En otra realización preferida, en la cual en cada canal hay varias coronas de álabes contrarrotantes, la posibilidad de variar la relación de velocidades entre las coronas que se encuentran en el mismo canal permite optimizar el rendimiento de cada corona para un mayor rango de caudales.

10 La invención resulta de aplicación en aquellos sectores en los que se diseñen, fabriquen, produzcan o utilicen turbinas, como por ejemplo el de maquinaria y equipo mecánico o el de energía y agua, y más específicamente la invención se puede aplicar a cualquier sistema o proceso donde intervenga un tipo de flujo bidireccional del cual se desee extraer energía, como por ejemplo los dispositivos de energía renovable conocidos como OWC (Oscilating Water Column), donde por efecto de la subida y bajada de las olas se genera un flujo bidireccional de
15 aire.

Breve descripción de los dibujos

20 **La Fig. 1** muestra un esquema tridimensional de una posible realización de la turbina de la invención. En él se pueden ver dos coronas de álabes (1) que se encuentran separadas por la pared interna (2), quedando delimitados así los dos canales por los que puede pasar el flujo. También se muestran el eje de giro de la máquina (3), el conducto exterior que contiene la turbina (4) y la nariz (5) que defleca el flujo. Por último, se muestran unas coronas de directrices (6), cuyo objetivo es mejorar la eficiencia general de la turbomáquina.

25 **La Fig. 2** muestra un corte de la turbina de la Fig. 1 en un plano longitudinal. En esta figura se pueden ver los mismos elementos que los de la Fig. 1.

30 **La Fig. 3** muestra una realización específica de una turbina similar a la mostrada en las figuras anteriores pero que además comprende unas superficies de revolución (7). Los demás elementos coinciden con los mostrados en la Fig. 1.

35 **La Fig. 4** muestra una realización específica de la turbina, en la cual el flujo a través de ella es radial. Los elementos mostrados son los mismos que los de la Fig. 1.

La Fig. 5 muestra un ciclo de caudal sinusoidal, donde Q es el caudal, t es el tiempo y T es el periodo.

Realización preferente de la invención

40 Para una mejor comprensión de la presente invención, se exponen los siguientes ejemplos de realización preferente, descritos en detalle, que deben entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención.

45 EJEMPLO 1

La turbina fue diseñada para la extracción de energía undimotriz, la cual aprovecha el movimiento sinusoidal de las olas para generar energía eléctrica. Esto se consigue mediante una cámara de columna de agua oscilante o, como se denomina comúnmente, OWC por sus siglas en inglés. Esta cámara OWC se encuentra semisumergida, es decir, en su interior se encuentra la superficie del mar. Cuando las olas inciden en el OWC, dentro de la cámara esta superficie libre sube o baja con la propia ola, empujando el aire que tiene encima y moviendo la
50 turbina que se encuentra interpuesta en el recorrido que realiza el aire para salir de la cámara.

La turbina se diseñó y construyó basándose en la tipología axial, donde el flujo entra y sale paralelamente al eje (3) de giro. La turbina comprendía dos canales anulares dispuestos concéntricamente, que en adelante se denominarán canal exterior e interior. El canal interior estaba definido por el espacio comprendido desde el diámetro del núcleo o nariz (5) hasta el diámetro de la cara interna de la pared interna (2), mientras que el canal exterior estaba definido por el espacio comprendido desde el diámetro de la cara externa de la pared interna (2) hasta el diámetro del conducto exterior (4). Ambos canales tenían la misma sección de paso, y por tanto el canal exterior era de menos espesor que el interior.

Los diámetros con los que se construyó la turbina fueron los siguientes:

Diámetro del núcleo o nariz (5)	0,210 m
Diámetro de la cara interior de la pared interna	0,298 m
Diámetro de la cara exterior de la pared interna	0,300 m
Diámetro del conducto exterior (4)	0,367 m

La turbina además se fabricó con dos coronas de álabes (1) solidarias e integradas en el mismo rotor. Los álabes de cada corona estaban orientados de forma especular, de manera que cada uno de ellos tenía el borde de ataque enfrentado a una de las dos direcciones del flujo respectivamente. El número de álabes en cada corona de álabes (1) de la turbina eran los siguientes:

Número de álabes en la directriz interior	24
Numero de álabes en el rotor interior	30
Número de álabes en la directriz exterior	31
Número de álabes en el rotor exterior	39

Cada canal estaba diseñado para aprovechar uno de los dos posibles sentidos del flujo, de tal manera que en cada canal se incluyó una corona de álabes (1) y una corona de directrices (6) aguas arriba de la corona de álabes (1). Esta disposición coincide con la presentada en la Fig. 1.

El diseño de la geometría de entrada y salida de los álabes se basó en la teoría unidimensional de cascadas de álabes de turbomáquinas axiales, tomando como referencia el radio medio de cada uno de los canales. Asimismo, el contorno de los álabes se construyó de forma que la sección e paso entre dos alabes consecutivos se mantuviera lo más constante posible.

Las directrices (6) se construyeron a partir de chapas de espesor constante cuyo borde más alejado del rotor se dispuso paralelamente al eje de giro, mientras que el borde cercano al rotor se dispuso en un ángulo acorde con el establecido en la entrada del rotor.

Ambas partes extremas del núcleo o nariz (5) tenían forma de casquete esférico de diámetro igual al diámetro del resto del núcleo o nariz (5).

El eje (3) se fijó a ambas coronas de álabes (1), que son solidarias entre sí, formando un bloque que giraba en torno al propio eje (3) como único grado de libertad. El eje (3) se acopló a las partes extremas del núcleo o nariz (5) mediante dos rodamientos, uno a cada lado, aislando la rotación del eje (3) y las coronas de álabes (1) del resto de la máquina. El eje (3) se extendía fuera de la máquina por uno de los lados para acoplarse un generador que convierte el giro en energía eléctrica. Por su parte, el conducto exterior (4) se fijó a una bancada. Además, una parte de la pared interna (2) estaba unida al conducto exterior (4) mediante la corona de directrices (6) y la otra parte de la pared interna (2) se unía de la misma manera al núcleo o nariz (5).

Una ola genera un caudal sinusoidal en la cámara OWC, como el mostrado en la Fig. 5, el cual se compone de dos partes opuestas, las cuales llamaremos exhalación e inhalación, haciendo referencia a que el flujo sale o entra de la cámara OWC. Acorde con la Fig. 2, en la exhalación el flujo sería de izquierda a derecha de la figura, y por tanto se produciría potencia en el canal interior, mientras que en la inhalación sería de derecha a izquierda, y se produciría potencia en el canal exterior. Durante la fase de exhalación, en el canal interior el flujo atraviesa primero la corona de directrices (6) que lo alinea para una entrada óptima en la corona de álabes (1). Por otro lado, en el canal exterior se generan una mayor cantidad de pérdidas porque el flujo incide desalineado sobre la corona de álabes (1) y posteriormente sobre la corona de directrices (6). Acorde con esta diferencia de pérdidas, en el canal exterior se produce un bloqueo aerodinámico, que acarrea un reparto desigual del flujo entre ambos canales, discurriendo un mayor porcentaje del flujo por el canal interno y, por tanto, maximizando la energía extraída del flujo.

Durante la fase de inhalación la turbina funciona de manera inversa, invirtiéndose los roles de ambos canales, es decir, que el canal interior bloquea aerodinámicamente el flujo y el canal exterior produce potencia.

La turbina se ensayó obteniendo las curvas de funcionamiento de la misma. Con el conjunto de curvas características se ha obtenido el rendimiento promedio en un ciclo de ola con la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\int_0^T (P_D + P_R) * \omega dt}{\int_0^T \Delta P * Q dt}$$

Donde η es el rendimiento promedio por ciclo de ola, T es el periodo de la ola, P_D y P_R son los pares de la corona de álabes (1) que produce potencia y de la que bloquea aerodinámicamente el flujo, respectivamente, Ω es la velocidad de rotación de la turbina, dt es el diferencial del tiempo, ΔP es la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la turbina y Q es el caudal total que la atraviesa.

Con los datos obtenidos, se constató que la turbina ofrece un rendimiento promedio por ciclo de ola superior al 40%, haciendo que la turbina de la invención sea más eficiente y con mayor capacidad extractiva respecto a otras tecnologías conocidas.

REIVINDICACIONES

1. Turbina para aprovechamiento de flujo bidireccional que comprende:

- 5 - dos coronas de álabes (1) solidarias e integradas en el mismo rotor donde los álabes de cada corona están orientados de forma especular, de manera que cada uno de ellos tiene el borde de ataque enfrentado a una de las dos direcciones del flujo respectivamente;
- 10 - un eje (3) en torno al cual gira el rotor;
- 15 - un núcleo o nariz (5) que defleca el flujo; caracterizada porque se estructura en dos canales paralelos separados por una pared interna (2), en cada uno de los cuales se sitúa una de las coronas de álabes (1), donde una de ellas produce potencia mientras la otra realiza un bloqueo aerodinámico del flujo gracias a su orientación especular.
- 20 2. Turbina según la reivindicación 1 caracterizada porque es una turbina axial donde la dirección de los flujos es paralela a la dirección del eje (3) de rotación.
- 25 3. Turbina según la reivindicación 1 caracterizada porque es una turbina radial donde la dirección de los flujos es oblicua u ortogonal a la dirección del eje (3) de rotación.
- 30 4. Turbina según la reivindicación 3 caracterizada porque el flujo a través de la corona de álabes (1) que produce potencia es centrífugo y a través de la otra corona de álabes (1) es centrípeto.
- 35 5. Turbina según la reivindicación 3 caracterizada porque el flujo a través de ambas coronas de álabes (1) es centrífugo.
- 40 6. Turbina según la reivindicación 3 caracterizada porque el flujo a través de ambas coronas de álabes (1) es centrípeto.
7. Turbina según la reivindicación 1 caracterizada porque además comprende una o varias coronas de directrices (6) aguas arriba y/o aguas abajo del rotor.
8. Turbina según la reivindicación 1 o 7 caracterizada porque sus coronas de álabes (1) o coronas directrices (6) son desplazables.
9. Turbina según la reivindicación 1 caracterizada porque el núcleo o nariz (5) y el conducto exterior (4) además comprenden unas superficies de revolución (7) que establecen unas secciones de entrada y salida de la turbina y dirigen el flujo hacia el canal donde se produce potencia.
10. Turbina según la reivindicación 1 caracterizada porque en cada canal se encuentran varias coronas de álabes (1) contrarrotantes entre sí.

FIG. 1

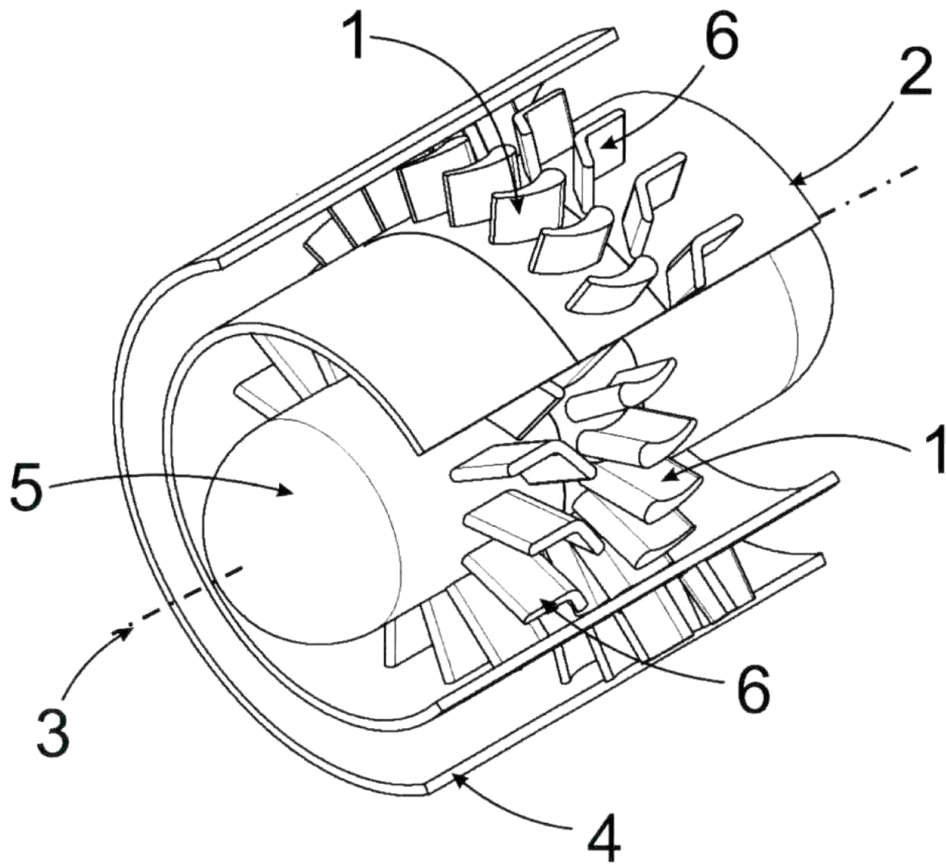


FIG. 2

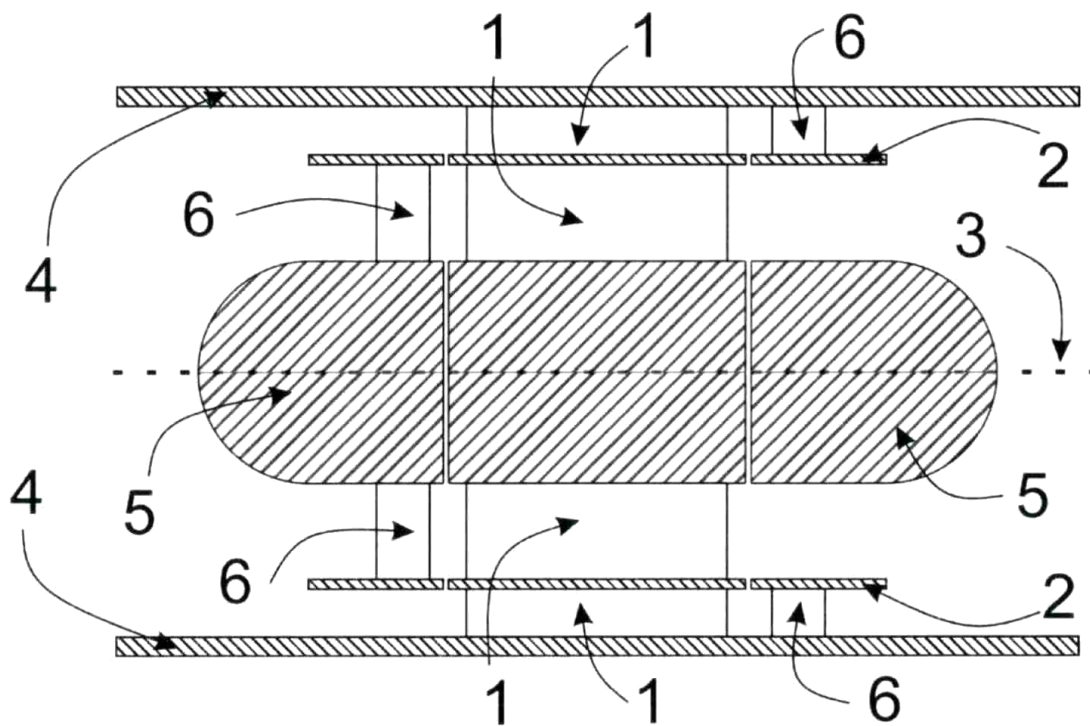


FIG. 3

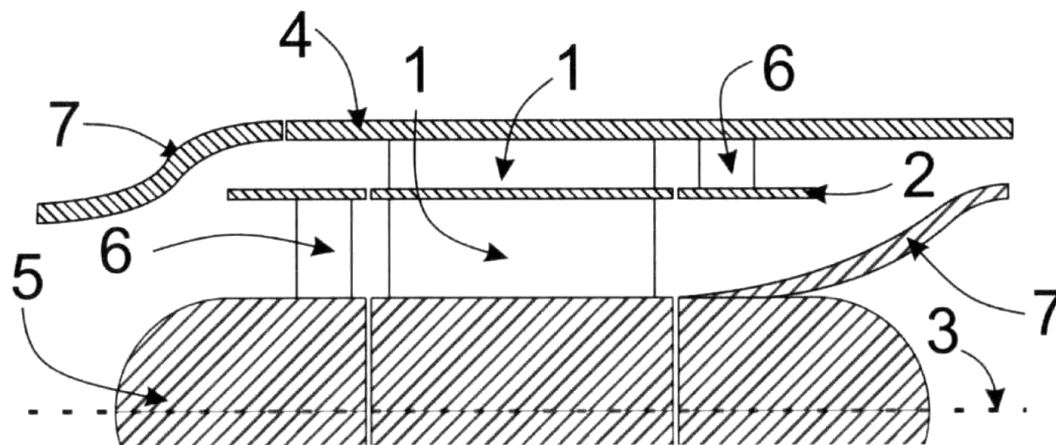


FIG. 4

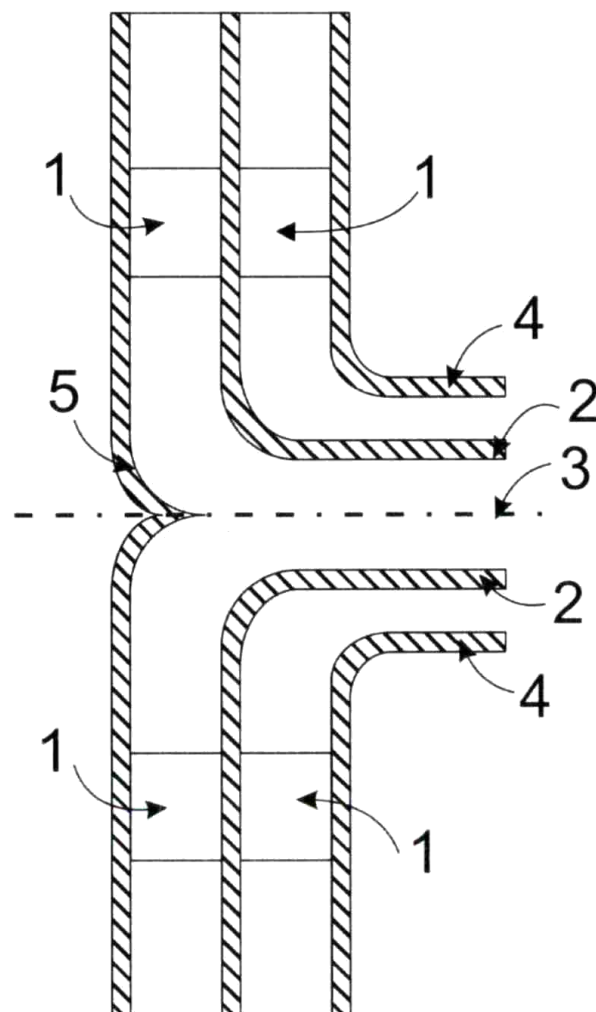


FIG. 5

