

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 049**

51 Int. Cl.:  
**F03B 13/14** (2006.01)  
**F03B 13/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09708604 .5**  
96 Fecha de presentación: **31.01.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2245298**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.11.2010**

54 Título: **CONFIGURACIÓN DE PALA DE ROTOR PARA UNA TURBINA DE WELLS.**

30 Prioridad:  
**04.02.2008 DE 102008007616**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.12.2011**

73 Titular/es:  
**Voith Patent GmbH**  
**St. Pöltener Str. 43**  
**89522 Heidenheim, DE y**  
**Universität Siegen**

72 Inventor/es:  
**ARLITT, Raphael;**  
**CAROLUS, Thomas y**  
**TEASE, Ken**

74 Agente: **Morales Durán, Carmen**

ES 2 371 049 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

Configuración de pala de rotor para una turbina de Wells

- 5 La invención se refiere a una configuración de pala de rotor para una turbina de Wells, particularmente para el uso en una central movida por las olas del mar.

10 Las turbinas de Wells son conocidas - para esto se hace referencia de forma ilustrativa al documento GB 1574379 A. Las turbinas de este tipo están diseñadas para una afluencia bidireccional esencialmente axial, manteniendo el rotor de una turbina de Wells la dirección de giro independientemente de la dirección de la afluencia. En la mayoría de las ocasiones, el rotor comprende un núcleo de rodete con palas de rotor distribuidas sobre la periferia externa, orientadas radialmente hacia el exterior. A este respecto, las palas del rotor están configuradas simétricamente con respecto al plano de rotación, usándose como perfiles generalmente perfiles de superficie de sustentación con forma de gota. Además, las palas del rotor habitualmente se articulan de manera rígida. Sin embargo, también se conocen 15 configuraciones con palas de rotor que se pueden graduar en el ángulo, encontrándose para este caso el plano de simetría que se ha mencionado anteriormente de las palas del rotor para la posición cero en el plano de rotación.

20 Además, el documento US 5191225A, que se considera el estado de la técnica más próximo, desvela una central movida por las olas del mar en la que una turbina de Wells de dos etapas está alojada en un canal de flujo y se acciona mediante un flujo de aire bidireccional. En una central movida por las olas del mar de este tipo de construcción se obtiene energía de una columna de agua oscilante. Para esto está prevista una cámara de olas que presenta una abertura de flujo de entrada que se encuentra por debajo del nivel del agua. Si una ola rompe contra la pared externa de la cámara de olas, se produce una corriente de entrada de agua marina al interior de la cámara, por lo que se eleva el nivel del agua en la cámara. De forma correspondiente, con una ola saliente disminuirá el nivel 25 de agua, de tal manera que se obtiene un movimiento de oscilación de la columna de agua en la cámara de olas que se corresponde aproximadamente con la frecuencia de las olas. Por encima del nivel del agua está incluida en la cámara de olas una masa de aire que está en contacto con la atmósfera del entorno mediante un canal de ventilación limitado. De forma correspondiente al movimiento de oscilación del cuerpo de agua en la cámara de olas, la masa de aire que se encuentra por encima estará sometida a una variación de presión, de tal manera que para la compensación de la presión en el canal de ventilación se produce un flujo de aire bidireccional que cambia constantemente de alta velocidad, que se puede usar para la obtención de energía eléctrica.

30 Un recorrido de perfil posible para las palas de rotor de una turbina de Wells se da por la serie de cuatro dígitos NACA. De este modo, el perfil NACA 0012 describe un contorno de perfil con un grosor del 12% con respecto a la longitud de cuerda. A este respecto, la cuerda de perfil y, por tanto, la línea de simetría del perfil, tiene un recorrido paralelo con respecto al plano de rotación de la turbina. Durante el funcionamiento de la turbina de Wells hay un ángulo de afluencia eficaz contra el perfil de las respectivas palas de la turbina, que se obtiene mediante la adición vectorial de la velocidad de giro y de la velocidad de afluencia del flujo de aire de accionamiento. Típicamente, los ángulos de afluencia son pequeños, de tal manera que el perfil simétrico actúa en el sentido de un ala de sustentación y las fuerzas que actúan en el centro aerodinámico presentan un subcomponente en dirección tangencial con respecto al núcleo del rodete de la turbina de Wells que sirve para la propulsión. Las otras fuerzas aerodinámicas perpendiculares con respecto a esta dirección tangencial se tienen que recoger mediante los cojinetes de la turbina.

45 Para turbinas de Wells se obtiene, además de la problemática de una alta emisión de ruidos y el mal comportamiento de arranque, la dificultad de que con ángulo de afluencia creciente, típicamente a partir de 13°, en las palas de la turbina puede producirse un desprendimiento del flujo. Un ángulo de afluencia tan grande puede aparecer para grandes coeficientes de paso cuando debido a una corriente de aire que varía mucho existe un rápido aumento de la velocidad de afluencia y el aumento de la velocidad de giro de la turbina de Wells no se realiza lo 50 suficientemente rápido o cuando la misma va marcha con su número de revoluciones nominal.

55 La invención se basa en el objetivo de configurar una turbina de Wells de tal forma que se amplíe el intervalo de trabajo y un desprendimiento del flujo en las palas del rotor esté desplazado hacia mayores coeficientes de paso. Además, la turbina de Wells se debe caracterizar por una sencillez constructiva y en cuanto a la técnica de fabricación y un alto grado de eficacia.

La invención se resuelve mediante las características de la reivindicación independiente. Se obtienen configuraciones ventajosas a partir de las reivindicaciones dependientes.

60 Los inventores han observado que una geometría de pala de rotor para la que la línea de enfilación de los cortes de perfil está curvada en el plano de rotación con respecto a la dirección radial retrasa un desprendimiento del flujo en el caso de altos coeficientes de paso y, por tanto, amplía la zona operacional de la turbina de Wells. Esto se aplica esencialmente a configuraciones con una línea de enfilación que va por delante con respecto al rayo radial al menos en subzonas en dirección de giro.

65 Para una configuración de una geometría de pala de rotor curvada con un seguimiento con respecto al rayo radial, para una zona operacional para la que hay un desprendimiento del flujo solamente de forma local en la zona

5 próxima al núcleo del rodete y no sobre una parte esencial de la extensión radial de la pala del rotor, se puede aumentar el grado de eficacia total. Esta circunstancia se deduce de una concentración de flujo debida a la geometría de la pala del rotor junto con un aumento de la velocidad de la afluencia en las zonas radialmente externas de la pala del rotor. Debido al brazo de palanca más largo de las zonas externas de la pala del rotor se obtiene una potencia en total mayor del flujo. Por lo demás, con la geometría de la pala de rotor de acuerdo con la invención, particularmente con la selección de una línea de enfilación curvada al menos en subsecciones, se disminuyen las pérdidas que se generan debido a efectos acústicos en palas de rotor convencionales.

10 Para una primera variante de configuración de acuerdo con la invención de las palas del rotor existe al menos en subzonas de la extensión longitudinal de la línea de enfilación una curvatura con respecto al rayo radial. A este respecto se prefiere una desviación angular con respecto al rayo radial de al menos 5°. Para una configuración alternativa, el recorrido de la línea de enfilación de una pala de rotor está curvado de tal forma que se produce una geometría de pala con forma de hoz. Para este caso se prefiere para la desviación mínima de una línea de enfilación con forma de hoz del rayo radial un avance o seguimiento de la punta de la pala del rotor de al menos 5° con respecto al rayo radial.

15 En el presente documento se entiende por la expresión "rayo radial" una recta que se encuentra en el plano de la rotación de la turbina de Wells y que partiendo del eje de giro de la turbina de Wells tiene un recorrido radial a través del pie de la pala de rotor asignada. El pie se fija como corte de la línea de enfilación con la estructura de sustentación, habitualmente el núcleo de rodete de la turbina de Wells. A este respecto, la expresión de una línea de enfilación en el presente documento está definida de tal manera que la misma se genera mediante la línea de unión de puntos característicos de los cortes de perfil. Esto puede ser, por ejemplo, la intersección de la línea media con la línea central de un corte de perfil o un punto sobre la línea media para una profundidad de perfil predefinida, por ejemplo, a un cuarto de la profundidad de perfil. En el caso que se ha mencionado en último lugar, el punto característico es el punto de ataque de las fuerzas aerodinámicas para el respectivo corte de perfil. Independientemente de la selección tomada en el caso individual para la fijación de la línea de enfilación, para una geometría de pala de rotor de acuerdo con la invención se debe cumplir que debido a la curvatura exista una desviación con respecto al recorrido del rayo radial en el plano de rotación.

20 30 Una ventaja adicional que se obtiene aparte de la estabilización del flujo para una geometría de pala de rotor de acuerdo con la invención se tiene que ver en la emisión de ruidos disminuida. A este respecto, particularmente las configuraciones con forma de hoz de las palas de rotor se caracterizan por una generación de ruidos disminuida. Se puede dar lugar a otras mejoras acústicas mediante una interrupción de la simetría en dirección de giro. Para la geometría de acuerdo con la invención se puede seleccionar, por ejemplo, una variación de la desviación dependiente del radio de la línea de enfilación del rayo radial para palas de rotor sucesivas.

35 Además, una curvatura de la línea de enfilación con respecto al radio radial permite atravesar la zona de avance o seguimiento alrededor de obstáculos al flujo fijos, tales como travesaños o deflectores, a lo largo de un intervalo más amplio de ángulo de giro de la turbina de Wells, de tal manera que se disminuye la generación de pulsos de presión en las palas del rotor.

A continuación se explica con más detalle la invención mediante ejemplos de realización y en el contexto con las representaciones de las figuras. Estas muestran en particular lo siguiente:

- 45 La Figura 1 muestra en una vista superior sobre el plano de rotación de una turbina de Wells una configuración de la invención con palas del rotor que tienen un recorrido en forma de hoz.
- La Figura 2 muestra las relaciones de afluencia en el caso de un desprendimiento del flujo para una pala de rotor correspondiente al estado de la técnica con geometría de rayo radial.
- Las Figuras 3a y 3b muestran la afluencia de la pala de rotor mostrada en la Figura 2 para los radios  $r_1$  y  $r_3$ .
- 50 La Figura 4 muestra el desprendimiento del flujo en el caso de una pala de rotor de acuerdo con la invención con una línea de enfilación curvada en dirección de giro de la turbina de Wells frente al radio radial en dirección de giro.
- La Figura 5 muestra las relaciones de afluencia para un coeficiente de paso para el que todavía no existe un desprendimiento del flujo de gran superficie en el caso de una geometría de pala de rotor de acuerdo con la invención con una línea de enfilación que va por detrás con respecto al rayo radial.
- 55 La Figura 6 muestra una variante adicional de configuración de una pala de rotor de acuerdo con la invención con una línea de enfilación que sobresalte hacia atrás en forma de hoz.
- La Figura 7 muestra una configuración alternativa de una pala de rotor de acuerdo con la invención con una línea de enfilación que sobresalte hacia delante con forma de hoz.
- 60

65 La Figura 1 muestra una vista superior en dirección axial sobre una turbina de Wells 1 configurada de acuerdo con la invención. Está esquematizado un núcleo de rodete 2 con una disposición ilustrativa de tres palas de rotor 3.1, 3.2 y 3.3. Estas están distribuidas de manera equidistante, es decir, con una separación angular de 120° sobre la periferia del núcleo de rodete 2. Para cada una de las palas del rotor 3.1, 3.2, 3.3 está representado un rayo radial 5.1, 5.2, 5.3 que parte del eje de giro 4 del núcleo del rodete 2. Éste representa una recta orientada en dirección radial que

pasa a través del respectivo pie de la pala del rotor 3.1, 3.2, 3.3. Como pie está fijado para el corte de perfil que limita directamente con el núcleo del rodete 2 el punto a un cuarto de la profundidad de perfil sobre la cuerda de perfil.

5 De acuerdo con la invención, la geometría de las palas de rotor 3.1, 3.2, 3.3 está seleccionada de tal forma que la línea de enfilación 6.1, 6.2 y 6.3 se desvía al menos en subsecciones del recorrido del rayo radial 5.1, 5.2, 5.3 debido a la curvatura. Por la línea de enfilación se entiende la unión de puntos definidos de los cortes de perfil. En el presente documento, esto es el punto sobre la cuerda de perfil a un cuarto de la profundidad de perfil. A este respecto, una línea de enfilación se puede componer de otros puntos característicos del perfil, por ejemplo, el corte de la línea central con la línea media. Para este caso, para la fijación del rayo radial se selecciona correspondientemente el pie del corte de perfil limitante con el núcleo del rodete. La geometría de la pala del rotor de acuerdo con la invención se caracteriza por que para cada posible selección de la línea de enfilación, la misma se desvía al menos en subsecciones a lo largo de su extensión radial del rayo radial. Generalmente, esta desviación es una función dependiente del radio.

15 Para la configuración esquematizada en la Figura 1, la desviación del rayo radial se realiza en forma de una línea de enfilación curvada, de tal manera que se producen geometrías de pala de rotor con forma de hoz. Para la variante mostrada, la forma de hoz está orientada en dirección del giro de la turbina de Wells. De acuerdo con esto, en el canto radialmente externo de la pala del rotor se encuentra el punto de la mayor desviación del rayo radial 7 con respecto a la línea de enfilación 6.1, 6.2, 6.3, presentándose para la configuración representada un avance.

Entre la recta que tiene un recorrido radial a través del punto de la mayor desviación del rayo radial 8 y el rayo radial 5.1, 5.2, 5.3 se puede determinar para la respectiva pala de rotor 3.1, 3.2, 3.3 una desviación angular  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ . Las desviaciones angulares  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  no tienen que coincidir necesariamente. A este respecto es posible que la línea de enfilación en el plano de rotación vaya por delante del rayo radial 5.1, 5.2, 5.3 y, por tanto, genere una curvatura en dirección hacia delante. Como alternativa también puede existir un seguimiento, es decir, una curvatura en contra de la dirección de rotación. En vista a una disminución de ruidos son ventajosas geometrías de la pala del rotor con un avance o un seguimiento con respecto al rayo radial 5.1, 5.2, 5.3. Por lo demás se puede concebir seleccionar un recorrido con forma de hoz de la línea de enfilación 6.1, 6.2, 6.3, que en el punto radialmente más externo de la pala del rotor 3.1, 3.2, 3.3 vuelva de nuevo al rayo radial 5.1, 5.2, 5.3. Una configuración de este tipo se representa más adelante de manera ilustrativa mediante las Figuras 6 y 7.

A partir de la Figuras 2 a 4 se puede observar la ventaja que se obtiene a partir de la configuración de acuerdo con la invención de las palas del rotor con vista a un desprendimiento del flujo. Se muestra el caso de un alto coeficiente de paso y, por tanto, de una alta velocidad axial del flujo de accionamiento con respecto a la velocidad periférica de las palas del rotor.

En la Figura 2, que representa una pala de rotor 3 correspondiente al estado de la técnica con geometría de rayo radial, está esquematizada una primera zona 14 en la que aparece un desprendimiento del flujo. Esta primera zona 14 se encuentra próxima al núcleo del rodete y alcanza en el canto posterior 11 de la pala del rotor 3 el radio  $r_2$ .

En las Figuras 3a y 3b están representadas de manera ilustrativa las relaciones de afluencia para los radios  $r_1$  y  $r_3$  de la Figura 2 respectivamente en el borde de ataque 12. Para el radio  $r_1$  la Figura 3a muestra la adición vectorial de la velocidad de una primera velocidad de giro  $u_1$  y la velocidad de afluencia  $v_1$ , que conduce a una primera velocidad de afluencia eficaz  $v_{eff1}$  con un primer ángulo de ataque  $\beta_1$ . Este primer ángulo de ataque  $\beta_1$  sobrepasa un valor crítico, de tal manera que se produce un desprendimiento del flujo en un punto determinado del flujo a lo largo del perfil. En comparación con esto se muestra la Figura 3b, que ilustra las relaciones de afluencia para el radio  $r_3$ , la segunda velocidad de afluencia eficaz  $v_{eff2}$ , que se obtiene a partir de la adición vectorial de la velocidad de afluencia  $v_1$  y la segunda velocidad de giro  $u_2$  mayor con respecto al radio  $r_1$ . De manera correspondiente se produce un segundo ángulo de ataque  $\beta_2$  que es menor que el primer ángulo de ataque  $\beta_1$  y que no llega al ángulo de ataque crítico para el que aparece desprendimiento del flujo. Sin embargo, debido al desprendimiento en la primera zona 14 aparece un bloqueo de la afluencia radialmente interna de la pala del rotor 3, de tal manera que de forma correspondiente a la desviación del flujo esquematizada en la Figura 2 hay fracciones de flujo orientadas radialmente hacia el exterior, que aumentan la velocidad de afluencia original en la zona del radio  $r_3$  en la magnitud  $\Delta v$ . De acuerdo con la Figura 3b, este aumento de la velocidad de afluencia conduce a una tercera velocidad de afluencia eficaz  $v_{eff3}$  con un tercer ángulo de afluencia  $\beta_3$  correspondiente que se encuentra a su vez por encima del umbral del desprendimiento.

De esto se deduce que para las relaciones mostradas en la Figura 2 también en una segunda zona 15 está presente un desprendimiento del flujo. De manera correspondiente, el desprendimiento del flujo se extiende esencialmente sobre toda la extensión radial de la pala del rotor 3 y alcanza sus zonas radialmente externas, que limitan con la pared 13 del canal de flujo. Como consecuencia, el grado de eficacia disminuirá en gran medida.

A continuación se explica mediante la Figura 4 que con una geometría de pala de rotor de acuerdo con la invención que presenta una curvatura con avance de la línea de enfilación con respecto al rayo radial, el umbral de

desprendimiento se puede desplazar hacia mayores coeficientes de paso. A su vez se representa el primer radio  $r_1$ , el segundo radio  $r_2$  y el tercer radio  $r_3$ , que están seleccionados de manera correspondiente a la Figura 2. Se supone que el radio  $r_2$  limita radialmente hacia el exterior la primera zona 14 con el desprendimiento de flujo inicial. Debido al desprendimiento del flujo en la primera zona 14 se produce, como se ha explicado anteriormente, un efecto de bloqueo y un desplazamiento del flujo radialmente hacia el exterior. Sin embargo, se obtiene debido al avance de la línea de enfilación de la pala del rotor 3 y el canto posterior 11 inclinado como consecuencia hacia delante una menor zona sobre la pala del rotor 3 para la que la velocidad de afluencia aumenta debido a este efecto. De este modo se reduce la extensión radial de la segunda zona 15 dándose lugar debido a la desviación del flujo a un desprendimiento del flujo en comparación con un rotor de rayo radial. Para la ampliación de la zona operacional disponible es esencial que la geometría de la pala del rotor de acuerdo con la invención en comparación con una geometría de rayo radial para la zona operacional esquematizada en la Figura 4 todavía no conduzca a un desprendimiento completo del flujo que se extiende sobre todo el radio.

De manera correspondiente a las anteriores explicaciones, una curvatura de la línea de enfilación 6 relativa del rayo radial 5, que conduce con respecto a la dirección de giro a un seguimiento de la línea de enfilación 6, conduce a un aumento del desprendimiento del flujo. Sin embargo, una desviación de este tipo de la geometría de rayo radial en determinadas zonas operacionales puede ser ventajosa, de tal manera que las turbinas de Wells, para las que debido a la configuración de la instalación se puede excluir la problemática de un desprendimiento del flujo completo, en conclusión presentan promediado por todos los puntos de funcionamiento un mayor grado de eficacia. Esta circunstancia se obtiene a partir de un aumento del grado de eficacia con coeficientes de paso para los que no existe ningún desprendimiento del flujo que alcance toda la extensión radial - un punto de funcionamiento de ese tipo está esquematizado en la Figura 5.

En la Figura 5 está representado un ejemplo de realización con un seguimiento de la línea de enfilación 6 curvada con respecto al rayo radial 5. Adicionalmente se parte de un punto de funcionamiento para el que existe un coeficiente de paso máximo, que conduce solamente en una zona próxima al núcleo del rodete, muy limitada localmente, a un desprendimiento inicial del flujo. Para esto, en la Figura 5 está esquematizada a su vez la primera zona 14, que está limitada radialmente en el exterior por el radio  $r_4$ . Debido al efecto de bloqueo y la desviación del flujo radial que se produce a partir de esto aparece adicionalmente en una segunda zona 15, que está limitada radialmente hacia el exterior por el radio  $r_5$ , un desprendimiento del flujo. Debido a la desviación de acuerdo con la invención de la línea de enfilación 6 del rayo radial 5 se extiende tanto la primera zona 14 como la segunda zona 15 con respecto a una geometría de rayo radial más en dirección radial. De acuerdo con esto, el flujo debido al efecto de bloqueo por el desprendimiento del flujo se sigue desviando radialmente hacia el exterior y amplía el momento de accionamiento a mayores radios de la pala del rotor y, por tanto, en las zonas de la mayor palanca, con la consecuencia de un mayor consumo de potencia. Esto conduce a un grado de eficacia mejorado de la turbina de Wells.

La geometría de acuerdo con la invención para las palas de rotor de una turbina de Wells se puede complementar mediante medidas adicionales, que retrasan a su vez un desprendimiento del flujo. A este respecto se consideran rugosidades sobre la superficie de las palas del rotor, que influyen sobre la capa límite del flujo y retrasan la formación de desprendimientos del flujo.

Son posibles otras modificaciones de la invención en el marco de las siguientes reivindicaciones de protección. Se tiene que considerar una medida adicional el hecho de que la geometría de pala de rotor de acuerdo con la invención se provea de un mecanismo de graduación de ángulo 9 activo o pasivo para girar la pala del rotor hacia el exterior del plano de rotación. Esto puede servir para, en el caso de altos coeficientes de paso, disminuir los ángulos de ataque para la afluencia y retrasar de este modo un desprendimiento del flujo. Adicionalmente, mediante esta medida se mejora el comportamiento de autoarranque de la turbina de Wells. También para esta configuración de realización, la línea de enfilación 6 en la posición cero de la pala del rotor 3, en la que el plano de simetría del perfil se encuentra en el plano de rotación, de acuerdo con la invención presentará una curvatura con respecto al radio radial 5. A este respecto se considera tanto un avance como un seguimiento.

La Figura 6 esquematiza un ejemplo de configuración adicional de una pala de rotor 3 de acuerdo con la invención. Para el presente caso hay una línea de enfilación 6 curvada con forma de hoz, que está aplicada de forma que sigue al rayo radial 5. A diferencia de las realizaciones que se han descrito anteriormente, la línea de enfilación 6 en la zona radialmente externa de la pala de rotor 3 se devuelve al rayo radial y corta el mismo en la extensión radialmente más externa de la pala del rotor.

Gracias al seguimiento de las zonas radialmente internas hasta un primer valor umbral para el coeficiente de paso, el aumento del grado de eficacia que se ha explicado anteriormente en relación con la Figura 5 aparece por un desplazamiento del flujo radialmente hacia el exterior. Sin embargo, para mayores coeficientes de paso, la extensión radial del desprendimiento del flujo se limita mediante un retorno sucesivo de la línea de enfilación 6 de la pala del rotor al radio radial. De manera correspondiente, el canto posterior 11 tendrá un recorrido curvado hacia delante radialmente en el exterior del rayo  $r_2$  y limitará la extensión de la segunda zona 15 del desprendimiento del flujo secundario, de tal forma que el desprendimiento del flujo no se presenta sobre toda la superficie.

Además, la Figura 7 muestra una alternativa de configuración con una forma de hoz curvada hacia delante del recorrido de la línea de enfilación, retornándose la línea de enfilación 6 en el extremo situado radialmente en el exterior de la pala del rotor 3 nuevo a la línea de enfilación 6. Para el punto de la mayor desviación del rayo radial 7, la desviación angular  $\alpha_1$  con respecto al rayo radial está fijada para este ejemplo de realización, que se caracteriza por una reducción de ruidos. De manera correspondiente están disminuidas las pérdidas que se deben a los efectos acústicos.

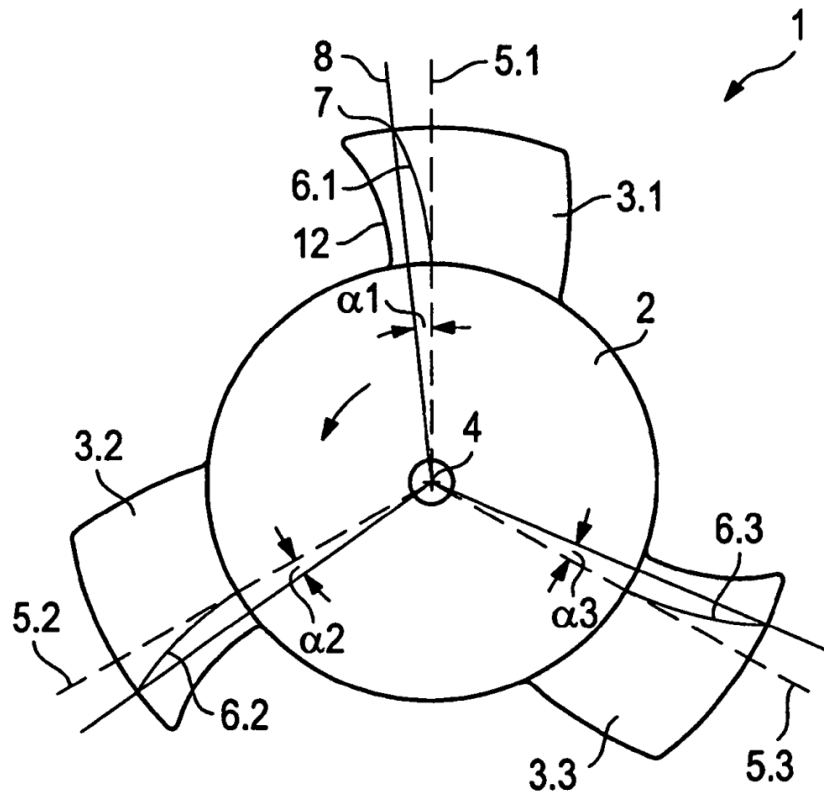
Se pueden concebir otras configuraciones de la invención en el marco de las siguientes reivindicaciones. De tal forma, la desviación de la línea de enfilación 6 del rayo radial 5 sólo puede existir sobre una extensión radial limitada de la pala del rotor 3. Sin embargo, se prefiere configurar la línea de enfilación 6 sobre al menos un tercio de su recorrido de modo no coincidente con el rayo radial 5.

Lista de referencias

1	Turbina de Wells
2	Núcleo del rodete
3, 3.1, 3.2, 3.3	Pala del rotor
4	Eje de giro
5, 5.1, 5.2, 5.3	Rayo radial
6, 6.1, 6.2, 6.3	Línea de enfilación
7	Punto de la mayor desviación del rayo radial
8	Recta a través del punto de la mayor desviación del rayo radial
9	Equipo de graduación del ángulo de pala
10	Torbellino de la punta de la pala
11	Canto posterior
12	Borde de ataque
13	Pared del canal de flujo
14	Primera zona
15	Segunda zona
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	Desviación angular

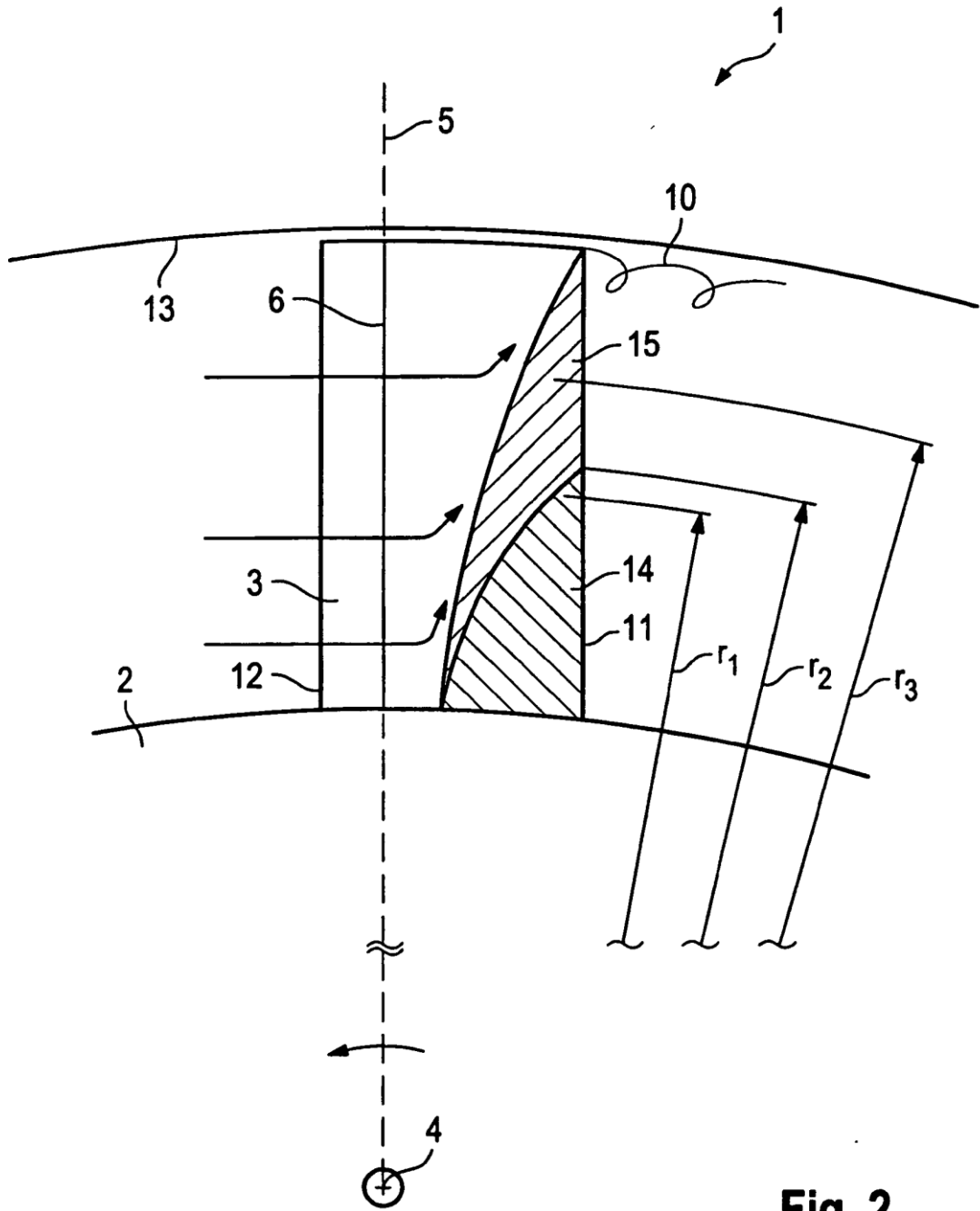
**REIVINDICACIONES**

1. Turbina de Wells (1), que comprende
- 5 1.1 un rotor con afluencia esencialmente axial, bidireccional, que mantiene la dirección de giro independientemente de la dirección de la afluencia;
- 10 1.2 comprendiendo el rotor un núcleo de rodete (2) con palas de rotor (3, 3.1, 3.2, 3.3) dispuestas de forma distribuida sobre la periferia externa y orientadas radialmente hacia el exterior, que están configuradas de forma simétrica con respecto a un plano de rotación que se encuentra perpendicular con respecto al eje de giro (4) del núcleo del rodete (2) y que presentan un perfil con forma de gota;
- 15 1.3 las palas del rotor (1) presentan una línea de enfilación (6, 6.1, 6.2, 6.3), cuyo recorrido en el plano de rotación se desvía con respecto a un rayo radial (5, 5.1, 5.2, 5.3) asignado a la respectiva pala del rotor al menos en partes de la extensión radial de la pala de rotor (1), comprendiendo la línea de enfilación (6, 6.1, 6.2, 6.3) al menos una zona curvada.
- 20 2. Turbina de Wells de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la posición anterior o posterior de la línea de enfilación (6, 6.1, 6.2, 6.3) en la punta de la pala del rotor con respecto al rayo radial (5, 5.1, 5.2, 5.3) asciende al menos a 5°.
- 25 3. Turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada porque la línea de enfilación (6) sobre al menos un tercio de su recorrido no es coincidente con el rayo radial (5).
- 30 4. Turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la línea de enfilación (6) en la zona radialmente externa de la pala del rotor (3) se retorna al rayo radial (5, 5.1, 5.2, 5.3) y corta el mismo en la extensión radialmente más externa de la pala de rotor (3).
- 35 5. Turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la pala del rotor (3) comprende un canto posterior (11) inclinado y/o curvado al menos en subzonas con respecto a una paralela con respecto al rayo radial (5, 5.1, 5.2, 5.3).
- 40 6. Turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la línea de enfilación (6) está fijada por los puntos que se encuentran para cortes de perfil cilíndricos sobre la línea media a un cuarto de la profundidad de perfil.
- 45 7. Turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque al menos en subzonas sobre la superficie de al menos una pala del rotor (3, 3.1, 3.2, 3.3) hay irregularidades que influyen en el flujo de la capa límite.
8. Central movida por las olas del mar, caracterizada porque la central movida por las olas del mar comprende al menos una turbina de Wells de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Central movida por las olas del mar de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada porque en la zona de avance o seguimiento con respecto a la turbina de Wells hay obstáculos al flujo fijos.
10. Central movida por las olas del mar de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, caracterizada porque las palas del rotor (3, 3.1, 3.2, 3.3) de la turbina de Wells limitan en dirección radial con la pared (13) de un canal de flujo.

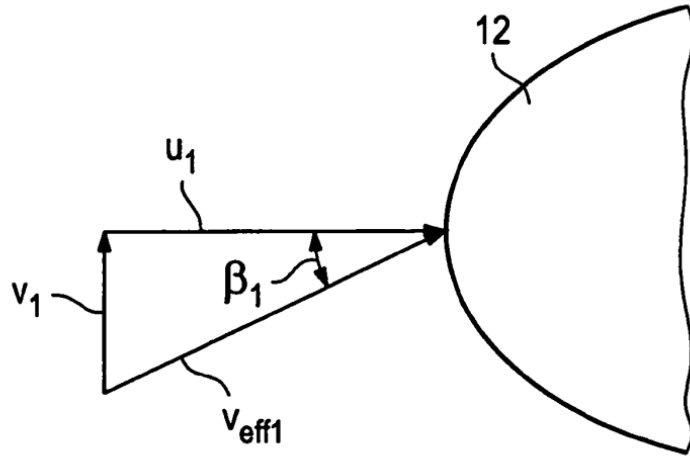


**Fig. 1**

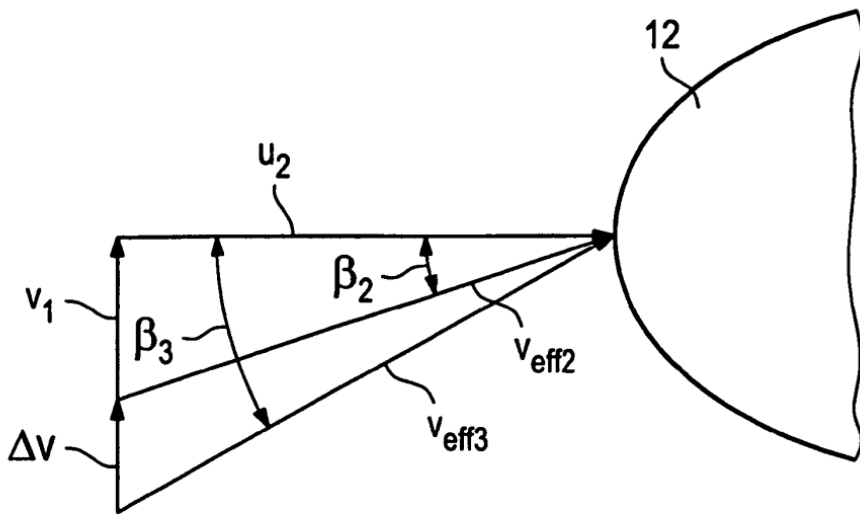




**Fig. 2**  
(Estado de la Técnica)



**Fig. 3a**



**Fig. 3b**

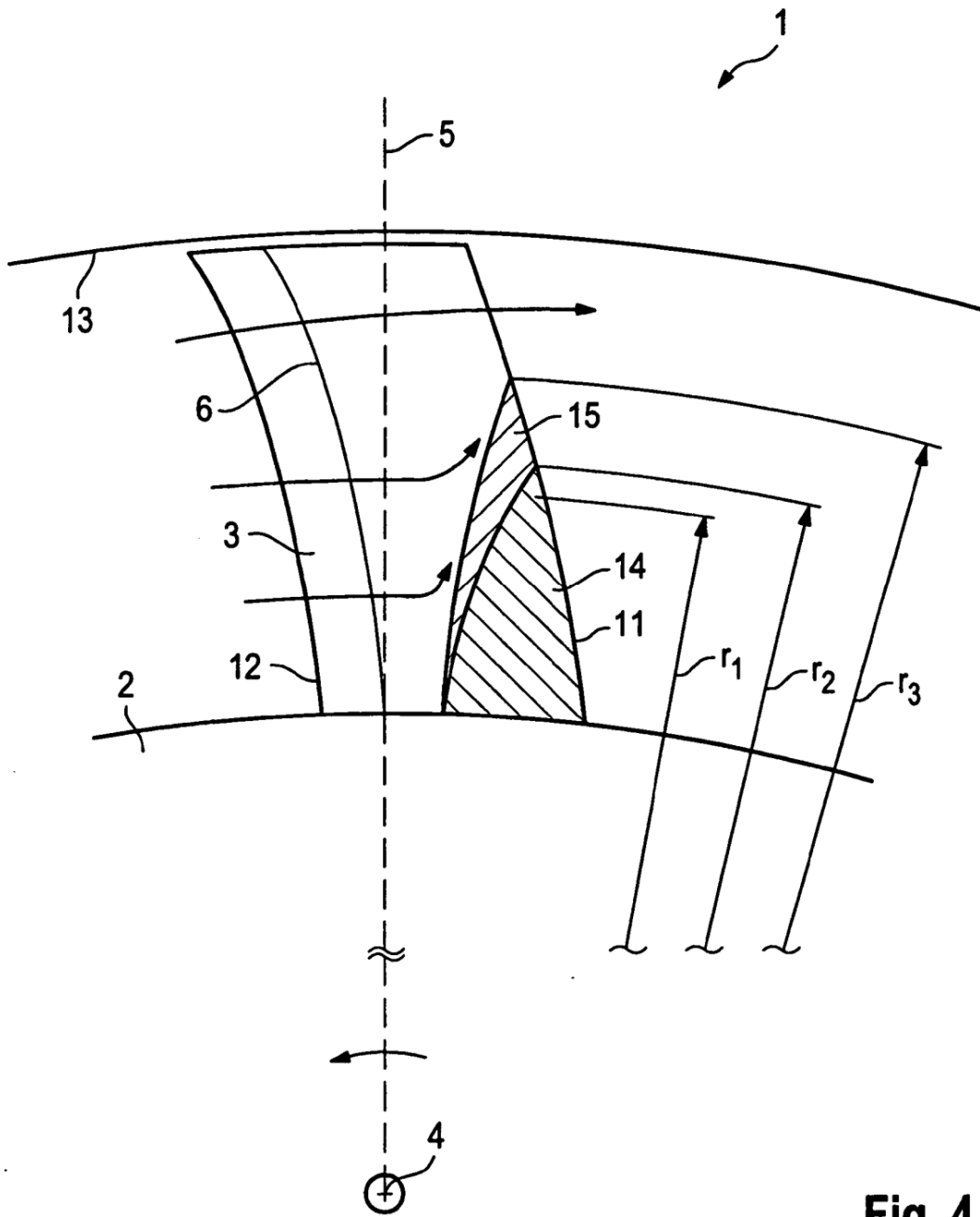


Fig. 4



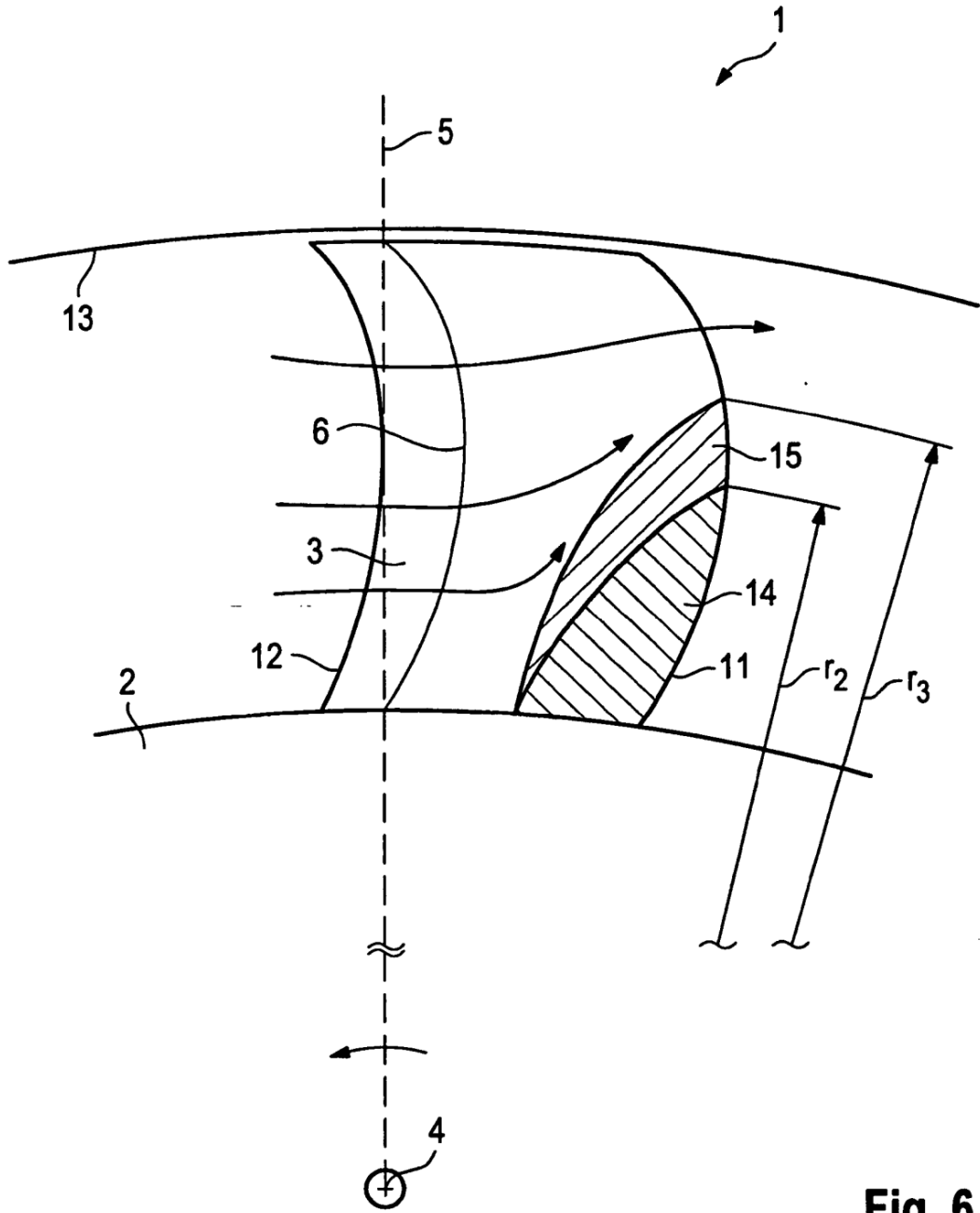
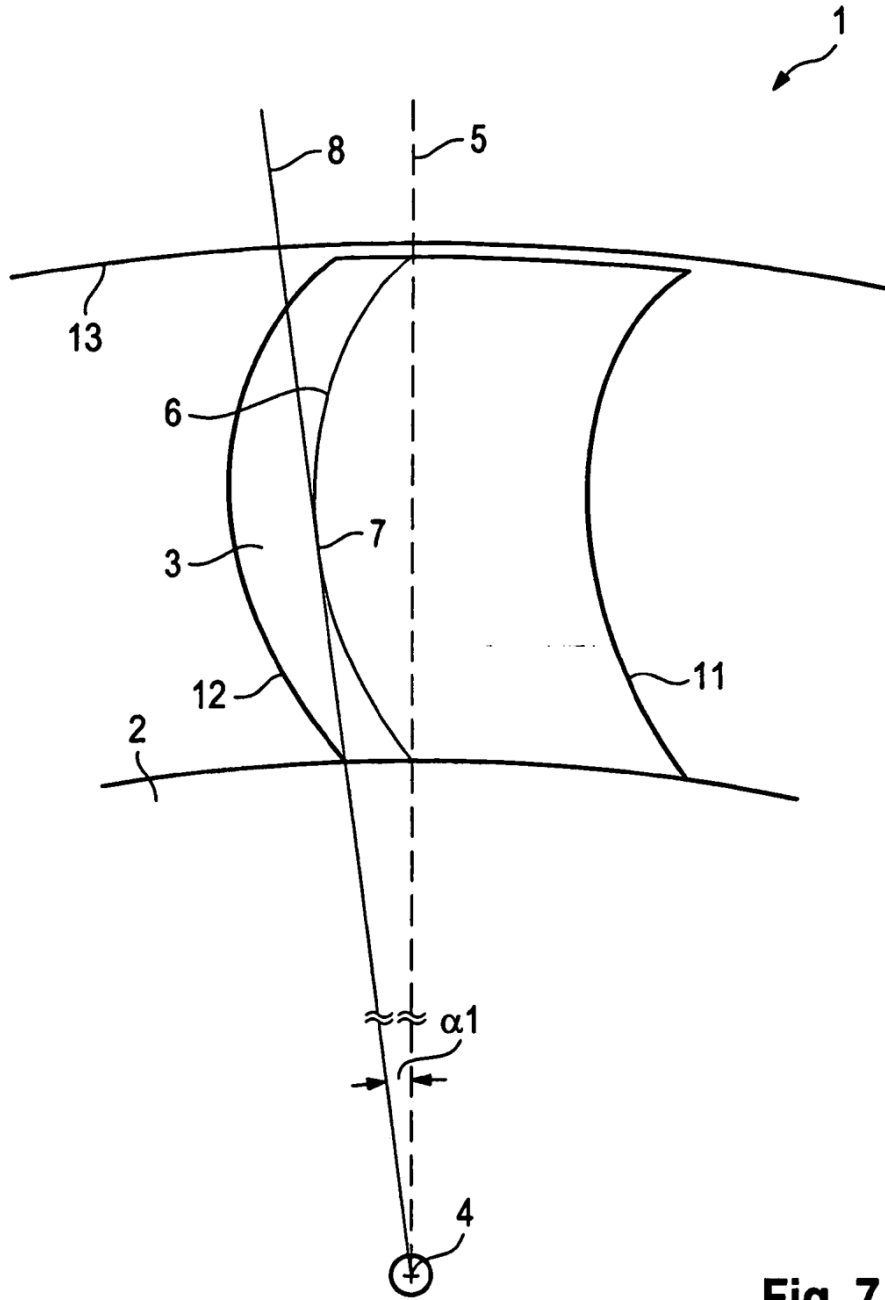


Fig. 6



**Fig. 7**