

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 490 467**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/00** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2011 E 11729373 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2585713**

54 Título: **Deshielo de una pala de rotor**

30 Prioridad:

**24.06.2010 DE 102010030472**

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

**03.09.2014**

73 Titular/es:

**SENVION SE (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**WEITKAMP, ROLAND y  
QUELL, PETER**

74 Agente/Representante:

**BOTELLA REYNA, Antonio**

**ES 2 490 467 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**

Deshielo de una pala de rotor.

- 5 La invención se refiere a una pala de rotor de una instalación de energía eólica con un primer y un segundo canal que discurren por el interior de la pala de rotor para hacer pasar una corriente de aire. La invención se refiere además a un procedimiento para el deshielo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica, en el que la pala de rotor presenta un primer y un segundo canal en el interior de la pala de rotor para hacer pasar una corriente de aire, en donde la corriente de aire comprende una corriente de aire calentado, que se introduce en el primer canal
- 10 y que circula al menos por tramos en dirección desde la raíz de la pala de rotor hacia la punta de la pala de rotor en una conducción predefinible de la corriente y que para el deshielo de al menos un tramo de la pala de rotor circula a lo largo de al menos una parte de una pared exterior de la pala de rotor, en donde la corriente de aire, después de que se hubiera enfriado, se lleva de vuelta hacia la raíz de la pala de rotor a través del segundo canal.
- 15 Son conocidas palas de rotor con dispositivos que sirven para el deshielo de las palas de rotor, así como procedimientos correspondientes para el deshielo de palas de rotor. A este respecto se remite, por ejemplo, al documento US 7 217 091 B2, en donde mediante un ventilador de aire caliente se conduce aire caliente en un canal a lo largo de la nariz de la pala de rotor, y se enfría ahí en la nariz por el aire del entorno y la temperatura del material de la envoltura de la pala de rotor, y circula de vuelta después de una circulación desde la raíz de la pala de rotor hasta la punta de la pala de rotor en otro canal diferente, que envuelve sustancialmente en su totalidad al canal anterior y está dispuesto en dirección del canto posterior de la pala. La corriente de aire que circula de vuelta se vuelve a calentar mediante un elemento calefactor y se envía de nuevo al circuito de corriente. En ello se ajusta la temperatura del flujo de aire calentado.
- 20
- 25 Del documento EP 0 842 360 B1 se conoce además un procedimiento para el deshielo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica, que presenta tubos que se comunican entre sí, a través de los cuales se conduce un medio portador de calor eventualmente calentado con anterioridad, en donde el medio portador de calor calentado, después de circular por una cavidad en el lado de la nariz de la pala con una entrega correspondiente de calor a zonas de la pared de la pala, se desvía a una cavidad situada en el canto posterior de la pala y se evacúa de la
- 30 misma.
- Los documentos DE 196 21 485 A1 y EP 1 375 913 A1 muestran una calefacción de pala de rotor para instalaciones de energía eólica, para hacer posible un deshielo de palas de rotor.
- 35 Es objeto de la presente invención prever un deshielo de pala de rotor más eficiente.
- Este objetivo se resuelve mediante una pala de rotor de una instalación de energía eólica con un primer y un segundo canal que discurren por el interior de la pala de rotor para hacer pasar una corriente de aire, en la que
- 40 está previsto un dispositivo de separación, que separa los canales entre sí, de tal forma que el primer canal está dispuesto a un primer lado del dispositivo de separación hacia el lado de presión de la pala de rotor, y el segundo canal está dispuesto en un segundo lado del dispositivo de separación hacia el lado de aspiración de la pala de rotor.
- 45 Mediante la pala de rotor de acuerdo con la invención se hace posible un deshielo más eficiente de la pala de rotor, dado que se puede solicitar con aire caliente una superficie menor de la envoltura exterior de la pala de rotor, de tal forma que incluso para una menor potencia calorífica es posible un deshielo eficiente. Preferentemente, el primer y el segundo canal están unidos entre sí, y concretamente particularmente en la punta de la pala de rotor. Uno de los dos canales sirve para la alimentación de aire caliente en dirección hacia la punta de la pala de rotor, y
- 50 concretamente partiendo desde la raíz de la pala de rotor, y el otro canal para la recirculación de aire enfriado. Por ejemplo, en la zona de la raíz de la pala de rotor o en la zona de un cubo de rotor de un rotor con palas de rotor correspondientes de una instalación de energía eólica, puede estar previsto un ventilador de aire caliente o un ventilador con una calefacción, que está conectado con los canales correspondientes. Particularmente se prefiere cuando el canal de aire de entrada, esto es, el primer o el segundo canal, que está previsto para la alimentación de
- 55 aire caliente en dirección hacia la punta de la pala de rotor desde la raíz de la pala de rotor, está conectado con un ventilador correspondiente.

Preferentemente, el dispositivo de separación es o comprende al menos por tramos una pared de separación, que está dispuesta sustancialmente en extensión longitudinal de la pala de rotor y perpendicular a un nervio de la pala de

rotor, en el que el nervio se extiende desde el lado de aspiración hacia el lado de presión de la pala de rotor y está dispuesto sustancialmente en extensión longitudinal de la pala de rotor. Con ello es posible una muy buena separación del primer y del segundo canal con respecto al lado de aspiración o al lado de presión de la pala de rotor. Particularmente, un dispositivo de separación de este tipo es sencillo de fabricar. Preferentemente, los canales son  
5 canales de conducción de aire, que conducen una corriente de aire caliente y enfriada en el recorrido de la corriente de aire.

Preferentemente, el primer canal y/o el segundo canal presentan como pared una pared exterior de la pala de rotor, y/o el primer canal y/o el segundo canal presentan al menos una abertura en una pared del primer y/o del segundo  
10 canal, que hace posible una conexión con un tercer canal, en donde el tercer canal presenta como pared una pared exterior de la pala de rotor. De este modo es posible un calentamiento muy eficiente de la pared exterior, particularmente hacia la nariz de la pala de rotor. En la pared exterior se trata particularmente de una envoltura de pala de rotor o una parte de la envoltura de la pala de rotor. En la pared exterior, que está prevista como pared del primer, segundo y/o tercer canal, se trata preferentemente de una pared exterior o pared o envoltura de la pala de  
15 rotor en la zona de la nariz de la pala de rotor.

Es particularmente preferida una forma de realización en la que el primer canal y/o el segundo canal está dispuesto entre dos nervios de la pala de rotor, en la que los nervios están dispuestos sustancialmente en extensión longitudinal de la pala de rotor y se extienden respectivamente desde el lado de presión hacia el lado de aspiración  
20 de la pala de rotor. En esta variante particularmente preferida de la pala de rotor de acuerdo con la invención es posible conducir sin grandes pérdidas de calor aire calentado hacia la punta de la pala de rotor o hacia la zona exterior de la pala de rotor, esto es, la zona de la pala de rotor que está prevista alejada de la raíz de la pala de rotor. Es particularmente preferido, que al menos una pared del primer o del segundo canal esté conformada al menos por tramos aislada contra pérdidas de calor. De este modo es posible una alimentación de una corriente de  
25 aire calentado a las zonas que se deben de descongelar, sin que se produzcan pérdidas de calor demasiado grandes. Preferentemente dos o más paredes, particularmente preferentemente todas las paredes del primer o del segundo canal están conformadas aisladas contra pérdidas de calor. Por una conformación aislada contra pérdidas de calor se debe de entender particularmente que está previsto un aislamiento térmico correspondiente, en donde está prevista una conductividad térmica particularmente preferida de por debajo de  $0,11 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Preferentemente, en la zona de la nariz de la pala de rotor el material de envoltura de la pala de rotor está mezclado con material conductor del calor. En el material de envoltura se trata preferentemente de plástico de fibra de vidrio o un material similar empleado en la construcción de palas de rotor de instalaciones de energía eólica. Para acelerar un deshielo y hacer posible una buena transferencia de calor de la corriente de aire caliente en el interior de la pala  
35 de rotor o en un canal en la pala de rotor hacia el exterior, hacia el hielo, se emplea correspondientemente un material termoconductor, que se mezcla con el material de envoltura de la pala de rotor. Por material termoconductor se entiende un material que tiene una conductividad térmica que es al menos el doble de la conductividad térmica del material de la envoltura. Preferentemente, la conductividad térmica del material termoconductor es al menos diez veces, preferentemente cincuenta veces la del material de envoltura.

Preferentemente encuentra su uso un metal ligero, como, por ejemplo, aluminio. También puede encontrar su uso un material de envoltura termoconductor, como, por ejemplo, esteras de fibra de kevlar o de grafito. Preferentemente la mezcla se produce con fibras o alambres, que atraviesan completamente el material de envoltura de forma transversal al material de envoltura. La conductividad térmica se encuentra preferentemente por encima de  
45  $10 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Por la terminología de que el material de envoltura está mezclado con material termoconductor se entiende particularmente en el marco de la invención, que el material de envoltura está formado al menos parcialmente por este material termoconductor y/o están previstos puentes térmicos desde el interior hacia el exterior. También es posible que el material de envoltura esté provisto de un polvo o granulado con una conductividad térmica elevada correspondiente. También se podría emplear además un material termoconductor de  
50 fibras y/o una resina termoconductora para la unión del plástico reforzado con fibra de vidrio.

Preferentemente, el primer y/o el segundo canal están dispuestos separados con respecto a las paredes exteriores de la pala de rotor. De este modo, al menos uno de los canales puede recoger una corriente de aire calentado y conducirlo con una pérdida de calor relativamente pequeña a los puntos que se tienen que calentar. Particularmente  
55 en este caso las paredes de este canal pueden estar conformadas aisladas contra pérdidas de calor o termoaislantes. Particularmente el canal de entrada de aire está separado de las paredes exteriores de la pala de rotor. Cuando ambos canales están separados de las paredes exteriores de la pala de rotor, se pueden emplear ambos canales como canal de aire de entrada y, concretamente, por ejemplo, de forma alternativa, de tal forma que en primer lugar el primer canal sirve como canal de aire de entrada y el segundo canal como canal de aire de salida

o canal de evacuación, y en otro instante, el segundo canal como canal de aire de entrada y el primer canal como canal de evacuación. El primer y/o el segundo canal están conformados entonces particularmente como canales que recogen una corriente de aire calentado, que conducen la corriente de aire al menos por tramos en dirección hacia la punta de la pala de rotor.

5

El objetivo se resuelve además mediante una pala de rotor de una instalación de energía eólica con un primer y un segundo canal que discurren por el interior de la pala de rotor para hacer pasar una corriente de aire, que presenta preferentemente las características anteriores de la pala de rotor de acuerdo con la invención o perfeccionada, en donde el primer y/o el segundo canal presentan un dispositivo de estrangulación de corriente. La presencia de un dispositivo de estrangulación de corriente debe comprender también en el marco de la invención una existencia de un dispositivo de estrangulación de corriente en un dispositivo de separación entre el primer y el segundo canal.

10

Mediante la previsión de un dispositivo de estrangulación de corriente en una pala de rotor de acuerdo con la invención es posible de una forma sencilla, ajustar o predefinir la velocidad de circulación de la corriente de aire, particularmente de la corriente de aire caliente, también en la punta de la pala de rotor. Debido a la ley de continuidad, la velocidad de circulación del aire es cada vez mayor hacia la punta de la pala de rotor debido a la sección decreciente. Cuando está previsto un dispositivo de estrangulación de corriente preferentemente también hacia la raíz de la pala de rotor, ésta se puede emplear para la homogeneización de la velocidad de circulación de la corriente de aire, de tal forma que es posible una menor velocidad de circulación del aire. De este modo es posible ajustar las velocidades de circulación de tal forma que también en la zona exterior de la pala de rotor, esto es, en dirección hacia la punta de la pala de rotor, las velocidades de circulación no aumenten demasiado y pesar de ello en todas las zonas parciales o en cada tramo de pala de rotor o en cada tramo de nariz de la pala de rotor, sea posible una transferencia de calor suficientemente grande al material de envoltura o a la pared exterior de la pala de rotor.

25

Preferentemente, el dispositivo de estrangulación de corriente está previsto en una pared exterior y/o en una pared interior del primer y/o del segundo canal. Una pared interior es en el marco de la invención particularmente una pared que está dispuesta perpendicularmente con respecto a la dirección de circulación en el primer y/o en el segundo canal. Una pared exterior del primer y/o del segundo canal es una pared que delimita el primer y/o el segundo canal hacia el exterior y está dispuesta en la dirección de circulación de la corriente de aire, particularmente de la corriente de aire caliente, o en dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor. El dispositivo de estrangulación de corriente está previsto en una pared exterior y/o en una pared interior del primer y/o del segundo canal, en donde el dispositivo de estrangulación de corriente está separado de la pared exterior de la pala de rotor. El dispositivo de estrangulación de corriente no está de este modo dispuesto en una pared exterior de la pala de rotor.

35

El dispositivo de estrangulación de corriente presenta preferentemente una superficie de paso de corriente de aire que se puede ajustar. De este modo también se puede ajustar la velocidad de circulación o, en general, las proporciones de circulación en la pala del rotor durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica. Esto se puede emplear preferentemente para prever un calentamiento por tramos de la nariz de la pala de rotor u otras partes de la pala de rotor. Particularmente se puede, por ejemplo, descongelar la nariz de la pala de rotor en la zona de la punta de la pala de rotor, a continuación una zona central y después una zona en el lado de la raíz de la pala de rotor. También puede estar previsto prever detectores en diferentes tramos de la pala de rotor, para prever exactamente ahí el deshielo, donde está presente una congelación.

45

El objetivo se resuelve además mediante un procedimiento para el deshielo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica, en el que la pala de rotor presenta un primer y un segundo canal dispuestos en el interior de la pala de rotor para hacer pasar una corriente de aire, en el que la corriente de aire comprende una corriente de aire calentado, que se introduce en el primer canal y que circula al menos por tramos en dirección desde la raíz de la pala de rotor hacia la punta de la pala de rotor en una conducción de corriente predefinible, y que para el deshielo de al menos un tramo de la pala de rotor circula a lo largo de al menos una parte de una pared exterior de la pala de rotor, en donde la corriente de aire, después de que ésta se haya enfriado, se devuelve hacia la raíz de la pala de rotor a través del segundo canal, que está perfeccionado haciendo que la velocidad de circulación de la corriente de aire se ajuste y/o esté predefinida en el tramo, en donde la velocidad de circulación y/o la conducción de la corriente se modifican durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica. Mediante la previsión de una velocidad de circulación de la corriente de aire ajustada o predefinida en el tramo correspondiente o en la pala de rotor, es posible un deshielo eficiente de la pala de rotor, y concretamente particularmente también en la punta de la pala de rotor, dado que también en la punta de la pala de rotor es posible un deshielo eficiente mediante el ajuste de una velocidad suficientemente baja de la corriente de aire.

55

De acuerdo con la invención, la velocidad de circulación y/o la conducción de corriente se varían durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica. La variación se produce para ello preferentemente en el tiempo dependiendo o en función del estado real de congelación de los tramos correspondientes de la pala de rotor. La velocidad de circulación y/o la conducción de corriente se pueden ajustar de forma variable particularmente durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica, para calentar diferentes espacios o tramos o diferentes zonas de la pared exterior de la pala de rotor en instantes diferentes, para prever un deshielo.

Preferentemente se calientan en diferentes instantes tramos de la pala de rotor dispuestos uno detrás de otro en la extensión longitudinal de la pala de rotor. Preferentemente, se calienta la zona de nariz de la pala de rotor, dado que la zona de nariz es típicamente aquella zona que está más afectada por la congelación.

Preferentemente, en los canales y/o entre los canales

están previstos unos dispositivos de estrangulación de corriente, cuyas superficies de paso se ajustan. En los canales se trata del primer, del segundo y/o del tercer canal. La dimensión de las superficies de paso, que también se pueden denominar como superficies de paso de corriente de aire, puede ser preferentemente parcialmente igual de grande. También pueden ser todas las superficies de paso igual de grandes. Según la necesidad, éstas pueden estar conformadas en todo caso también con diferentes tamaños. Las superficies de paso de corriente de aire también se pueden cerrar parcialmente, por ejemplo cuando no se tiene que calentar toda la pala de rotor en la nariz de la pala de rotor, y tampoco se tiene que calentar la nariz de la pala de rotor a lo largo de toda la extensión longitudinal de la pala de rotor, sino que precisamente tiene que tener lugar un calentamiento por tramos.

Preferentemente se introduce al menos por tiempos, particularmente a intervalos de tiempo predefinibles, la corriente de aire calentado en el segundo canal y se hace circular al menos por tramos en dirección desde la raíz de la pala de rotor hacia la punta de la pala de rotor, en el que la corriente de aire, después de que ésta se haya o hubiera enfriado, se vuelve a traer a través del primer canal hacia la raíz de la pala de rotor. Con estas medidas se intercambia en el tiempo el avance de la corriente de aire o el flujo de entrada del aire calentado y el retorno. De este modo se produce una inversión periódica de la dirección de circulación. De este modo pueden ser posibles grandes diferencias entre la temperatura de avance y la temperatura de retorno, puesto que el calentamiento del material de la pala de rotor sólo se produce durante un breve instante de tiempo. De este modo se hacen posible mayores cantidades de calor con menores secciones de circulación.

Además, de este modo es posible descongelar de forma consecutiva las superficies exterior de la pala de rotor que limitan con el canal 1 y con el canal 2. Preferentemente, la temperatura de avance es de aproximadamente 60°C. Si bien serían deseables mayores temperaturas, para descongelar grandes palas de rotor de más de 50m de longitud, pero como mucho a partir de 80°C, la resistencia limitada a la temperatura de los materiales habituales de las palas de rotor sólo permite ciclos de calentamiento muy breves.

La primera abertura de paso de corriente de aire puede estar prevista, por ejemplo, a aproximadamente 30m de la raíz de la pala de rotor. La temperatura de retorno se puede encontrar a 10°C. La velocidad de circulación se encuentra preferentemente a 10m/s. La potencia calorífica se encuentra a 20kW. En el marco de la invención, el primer canal también puede ser el segundo canal, y a la inversa.

La invención se describe a continuación sin limitación de la idea general de la invención en base a unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos, en donde se remite expresamente a los dibujos en lo que respecta a cualquier detalle de acuerdo con la invención no descrito más detalladamente en el texto. Muestran:

la fig. 1 una representación esquemática tridimensional "de cristal" de una pala de rotor de acuerdo con la invención,

la fig. 2 una representación de la sección a través de la pala de rotor de acuerdo con la invención, en la proximidad de la raíz de la pala de rotor,

la fig. 3 una representación esquemática de la sección a través de una pala de rotor de acuerdo con la invención, en la proximidad de la punta de la pala de rotor,

la fig. 4 una representación esquemática tridimensional "de cristal" de una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención en otra forma de realización,

la fig. 5 una representación esquemática tridimensional “de cristal” de otra forma de realización de una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención,

la fig. 6 una vista esquemática desde arriba sobre una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención en otra forma de realización, en la sección,

la fig. 7 la parte de la pala de rotor de acuerdo con la invención de la fig. 6 en una vista lateral esquemática vista desde la nariz de la pala,

10 la fig. 8 una representación esquemática de sección a través de un dispositivo de estrangulación de corriente dispuesto en un nervio, y

la fig. 9 una representación esquemática tridimensional “de cristal” de una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención en otra forma de realización.

15

En las siguientes figuras, los mismos elementos o del mismo tipo o partes correspondientes están provistos de los mismos números de referencia, de tal forma que se prescinde de una nueva presentación correspondiente.

La fig. 1 muestra esquemáticamente en una representación tridimensional “de cristal” una pala de rotor 10 de acuerdo con la invención con una punta de pala de rotor 11 y una raíz de pala de rotor 12. La pala de rotor 10 presenta un lado de aspiración 25 y un lado de presión 26. La pala de rotor está correspondientemente provista de una pared exterior 19, que separa la zona interior de la zona exterior. La pared exterior se denomina habitualmente también como envoltura y está fabricada de un material de envoltura como, por ejemplo, plástico reforzado con fibra de vidrio. Para el refuerzo de la rigidez de la pala de rotor están previstos dos nervios 13 y 14, que se extienden en extensión longitudinal 40 de la pala de rotor desde el lado de aspiración 25 hacia el lado de presión 26, y que están pegados al material de envoltura o a la pared exterior 19 de la pala de rotor 10. En la pala de rotor 10 están representados unos perfiles 20 correspondientes, que pretenden mostrar la forma de la sección de la pala de rotor 10.

30 En la extensión longitudinal 40 de la pala de rotor 10 y perpendicularmente a la extensión de los nervios 13 ó 14, está prevista una pared de separación 15, que separa un primer canal 16 y un segundo canal 17 entre sí. De este modo se puede introducir una corriente de aire caliente 21 en el primer canal 16, tal y como indican las flechas en dirección hacia la punta de la pala de rotor. Esta corriente de aire caliente sirve para derretir con calor un posible hielo en la nariz de la pala de rotor 18, de tal forma que pueda caer hielo correspondiente de la pala de rotor 10. En el recorrido hacia la punta de la pala de rotor 11, la corriente de aire caliente se enfría, por ejemplo, partiendo desde 60°C hasta 10°C, de tal forma que se vuelve a traer de vuelta una corriente de aire frío 22 hacia la raíz de la pala de rotor 12. Además, están previstas unas aberturas 23, 23' y 23'' en la pared de separación 15, para hacer pasar a la corriente de aire caliente desde el primer canal al segundo canal. Mediante la previsión de las aberturas 23, 23' y 23'' se produce una homogeneización de la velocidad de circulación. Las aberturas 23 a 23'' pueden estar equipadas de forma ajustable con unas válvulas de mariposa no representadas aquí. Esto no es en todo caso necesario para prever una homogeneización de la velocidad de circulación. La previsión de unas válvulas de mariposa correspondientes tiene otras o más ventajas, que se describirán en referencia a las otras figuras. Para una mejor representación se ha dibujado además también el canto final 28 de la pala de rotor 10 en la fig. 1.

45 Según con el ejemplo de realización según la fig. 1, se proporciona una cavidad en el lado de aspiración y en el lado de presión o en el canal en la pala de rotor 10, que se utilizan como avance y retorno para aire caliente. Particularmente el canal de avance se optimiza preferentemente en lo que respecta a la geometría de sección y a la disposición en la pala de rotor de tal forma que se produce una pérdida mínima de calor, para calentar de forma eficiente la nariz de pala congelada. Para ello se elige por un lado la superficie de sección, en preferentemente cada tramo de la pala de rotor, de tal forma que la velocidad de circulación que se obtiene representa un compromiso óptimo entre una velocidad elevada para la reducción de la entrega de calor y una velocidad baja para la minimización de las pérdidas por fricción. El dimensionamiento se realiza mediante una conformación termodinámica teniendo en cuenta las pérdidas de calor a lo largo de las paredes de canal y las pérdidas de circulación debido a la geometría del canal, así como la entrega de calor a lo largo de la nariz de pala a calentar. Además, tal y como está representado aún en las siguientes figuras, está prevista una subdivisión en varios tramos, para incluso en grandes longitudes de pala, por ejemplo de más de 40 m, proporcionar aire caliente suficiente en todas las zonas críticas de pala.

La fig. 1 prevé el montaje de una pared de separación 15 que discurre sustancialmente paralela con respecto a la

cuerda del perfil entre la nariz de la pala de rotor 18 y aproximadamente la mitad del nervio anterior de avance 14. La pared de separación 15 puede estar realizada, al igual que los nervios 13 y 14, en forma de sándwich con un aislamiento térmico elevado o alternativamente con el menor coste constructivo posible de un material flexible, por ejemplo, una lona de camión, o, en caso de que la resistencia a la temperatura no sea suficiente, de un tejido de 5 envoltura de un globo de aire caliente.

El avance se realiza preferentemente ahí donde se esperan menores pérdidas de calor en las paredes de canal, para poder proporcionar una cantidad suficiente de calor en la nariz de pala en la zona exterior de la pala. Las superficies de sección de avance y de retroceso serán preferentemente aproximadamente similares. Sin embargo, 10 para el avance es especialmente conveniente una optimización termodinámica.

Preferentemente, en toda la longitud de la pala de rotor 10 están previstos varios pasos o aberturas 23-23'' en la pared de separación para lograr una homogeneización de la evolución de la temperatura a lo largo de la longitud de pala. Sin embargo, preferentemente se ajusta en la zona exterior de la pala en la punta de la pala una mayor 15 temperatura de retorno que en la zona interior de la raíz de pala, al ser ahí es menos crítica la congelación.

Preferentemente, en los pasos o aberturas 23-23'' están previstas unas válvulas de mariposa ajustables, que hacen posible un ajuste individual de la temperatura en los tramos individuales para cada pala de rotor. Además, las 20 válvulas de mariposa pueden servir para ajustarse en función del estado de funcionamiento. Concretamente, los ajustes se pueden diferenciar entre el estado en parado, durante el funcionamiento en barrena o en el funcionamiento en producción. Particularmente en el funcionamiento en producción se necesita una cantidad especialmente grande de calor en la zona exterior de la pala, dado que el enfriamiento es el mayor debido a la elevada velocidad de circulación del aire exterior. Esto se puede lograr con una elevada temperatura de avance y/o una velocidad de circulación media o no demasiado elevada en la zona de la nariz de pala, para hacer posible una 25 transición de calor lo más elevada posible. También se pueden tener en cuenta las condiciones externas tales como la temperatura exterior, la velocidad y dirección del viento y precipitación, etc., para ajustar las válvulas de mariposa.

Asimismo es posible una calefacción de la pala sólo por tramos, tal y como se representará aún particularmente en las siguientes figuras, en caso de que la energía calorífica proporcionada no sea suficiente para toda la pala de rotor 30 debido a las condiciones de contorno, tales como, por ejemplo, cuando la calefacción ya se encuentre en el modo de funcionamiento a plena carga. Además de ello puede ser necesario en parado para un deshielo en condiciones particularmente desventajosas, por ejemplo, ante un frío extremo con elevadas velocidades de viento. En este caso, el deshielo sólo se puede producir de forma consecutiva para los diferentes tramos individuales.

35 La fig. 2 muestra una sección esquemática a través de una pala de rotor de acuerdo con la invención en la forma de realización según la fig. 1. La dirección de circulación de la corriente de aire está representada con flechas de circulación 24-24<sup>V</sup> mediante cruces (hacia adentro de la hoja del dibujo) y puntos (saliendo de la hoja del dibujo).

La fig. 3 muestra otro perfil, que está previsto más próximo a la punta de la pala de rotor 11 que en la fig. 2, en una 40 representación esquemática. Aquí está representada también una abertura 23' además de las flechas de circulación 24-24<sup>V</sup>, que está prevista en la pared de separación 15. Aquí se puede reconocer una válvula de mariposa, que está levantada, y mediante una flecha está representada una corriente de aire correspondiente, que indica que la corriente de aire caliente pasa a través de esta abertura 23', y concretamente desde el primer canal al segundo canal.

45 La fig. 4 muestra una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención en otra forma de realización, que es similar a la forma de realización según las figuras 1 a 3, en una representación tridimensional esquemática y en cristal. También aquí está mostrada la pared de separación 15 y aberturas 23-23''' correspondientes, que están 50 previstas en la pared de separación 15. También está representada una corriente de aire 21 ó 22 correspondiente.

En el canal superior, que es el segundo canal 17, se introduce una corriente de aire caliente 21, y vuelve como corriente de aire frío 22 al canal inferior, que es el primer canal 16. La corriente de aire frío está representada a trazo discontinuo. La corriente de aire caliente 21 llega a través de las aberturas 23-23''' correspondientes desde el 55 segundo canal 17 al primer canal 16. Además de ello, está prevista una abertura 24 en la punta de pala, a través de la cual también es posible un desbordamiento de la corriente de aire caliente 21 desde el segundo canal 17 al primer canal 16. Además está representado aquí un dispositivo de válvula de mariposa 27 que hace que una circulación de la corriente de aire caliente 21 desde el segundo canal 17 al primer canal 16 se produzca en primer lugar en un tramo que está dispuesto más próximo a la punta de la pala de rotor.

Las aberturas 23-23''' también pueden estar provistas de los dispositivos de válvula de mariposa correspondientes, que aquí no están representadas en todo caso. La distancia de separación hacia el exterior hacia la punta de la pala de rotor 11 puede estar conformada para ello preferentemente de forma decreciente. Mediante la distancia de separación conformada preferentemente de forma decreciente se tendrá en cuenta de forma suficiente la sección de circulación disponible debida a la reducción particularmente grande en la zona exterior de la pala de rotor, esto es, hacia la punta de la pala de rotor. Con ello se refiere a la distancia de separación de las aberturas 23-23''' o de los dispositivos de válvula de mariposa 27 correspondientes.

La dirección de circulación en la fig. 4 es contraria a la de la dirección de circulación representada en la fig. 1. Una inversión correspondiente de la dirección de circulación se puede hacer posible en una forma particularmente ventajosa de realización mediante un sistema de trampillas o un ventilador o soplador ajustable o invertible en la dirección de giro o abatible en la zona de la raíz de pala o buje del rotor. De este modo se pueden descongelar de forma eficiente la cara superior y la cara inferior de la nariz de pala. El deshielo también se puede producir por turnos o de forma alternante.

En la fig. 5 está representada una posibilidad alternativa, en donde en la zona de nariz de pala están previstas unas aberturas 23-23''' correspondientes que están conformadas en forma de ranuras. La pared de separación 15 está soportada en este caso mediante unos nervios de sujeción 43, 43' correspondientes, que pueden estar pegados por ejemplo a la envoltura inferior de rotor, esto es, en este caso, en la zona de presión. La fig. 5 muestra por ejemplo el 30% exterior de la longitud de toda la pala de rotor. La anchura de ranura de las aberturas 23-23''' puede ser igual o se puede variar. Entre las aberturas están previstos unos nervios de sujeción 43, 43'.

En las figuras 6 y 7 está representada otra forma de realización muy preferida. La fig. 6 muestra una vista desde arriba sobre una sección correspondiente sobre una pala de rotor de acuerdo con la invención en una representación esquemática, y la fig. 7 una vista lateral correspondiente sobre la nariz, esto es, una vista desde delante.

En este ejemplo de realización están previstos tres canales en total, en donde el primer y el segundo canal 16 y 17 están separados de la nariz de pala de rotor 18 de la pala de rotor 10. El primer canal 16 y el segundo canal 17 están dispuestos entre los nervios 13 y 14. El primer canal 16 sirve como canal de extracción de corriente de aire fría y en el ejemplo de realización de las figuras 6 y 7 está previsto por encima del canal de alimentación de corriente de aire caliente 17, esto es, del segundo canal 17.

En la fig. 6 no está representado propiamente el primer canal 16, sino tan sólo la corriente de aire frío 22, que circula por el primer canal 16, esto es, por encima de la corriente de aire caliente 21 y con ello están indicado por encima del plano del dibujo. En el segundo canal 17, que sirve como canal de alimentación de corriente de aire caliente, están proyectados los orificios de salida de las paredes de canal 33 o 33' de la fig. 7 e identificados mediante 31 y 31'. En ello se trata de este modo de unos cantos de salida o cantos 31 y 31'. En el nervio 14 están previstos varios dispositivos de válvula de mariposa 27-27''', que están previstos para la introducción de la corriente de aire caliente a un tercer canal, concretamente el canal de nariz 29.

Mediante esta forma especial de realización pueden estar previstos materiales termoaislantes como paredes exteriores del segundo canal 17, de tal forma que se puede introducir sin pérdidas sustanciales de calor una corriente de aire caliente en la zona de nariz de la zona exterior de la pala de rotor. La zona de nariz de la pala de rotor 10 está dividida en este ejemplo en cuatro tramos 32-32'''. De este modo es posible, mediante el cierre o la apertura de los dispositivos de válvula de mariposa 27-27''' un calentamiento eficiente, y particularmente también secuencial, de los tramos 32-32''' correspondientes.

Después de la alimentación de la corriente de aire caliente en el canal de nariz 29, ésta se conduce, tal y como representan las líneas discontinuas, al canal de salida o el primer canal 16 a través de aberturas 34-34'', para llegar hasta la raíz de la pala de rotor y ser ahí realimentadas de nuevo al circuito de corriente de aire, por ejemplo, en un ventilador no representado en las figuras, que prevé adicionalmente un dispositivo calefactor.

Correspondientemente, la corriente de aire caliente se puede conducir a través de las aberturas 41-41''' al canal de nariz 29, en donde las aberturas 41-41''' se pueden cerrar mediante válvulas de mariposa o dispositivos de válvula de mariposa 27'-27''' correspondientes.

Las paredes del canal de alimentación de las figuras 6 y 7, esto es, del segundo canal 17, pueden ser preferentemente termoaislantes o atenuantes del calor. Los nervios 13 y 14 se encuentran presentes habitualmente

ya como estructura de sándwich. La pared intermedia 15 y la pared de cierre superior e inferior 33 pueden estar también correspondientemente conformadas en una estructura de sándwich. Mediante la disposición mostrada es posible, conducir el canal de alimentación de aire 17 a través de la mayor parte de la longitud de la pala de rotor (por ejemplo, el 80% interior) lejos de la envoltura de rotor fría, de tal forma que las pérdidas de calor son mínimas.

5

La fig. 8 muestra esquemáticamente en una representación de sección, un dispositivo de válvula de mariposa 27 correspondiente, que está pegado en un nervio de pala de rotor 14 mediante una unión adhesiva 37. Está prevista una brida 36 correspondiente, en la que está introducida la válvula de mariposa 35. La abertura del dispositivo de válvula de mariposa se puede ajustar a través de una excéntrica 38 y unas cuerdas de kevlar 39, 39' correspondientes. En lugar de las cuerdas de kevlar también pueden encontrar su uso otras cuerdas o puede estar previsto un ajuste sin cuerdas y sólo mediante, por ejemplo, motores paso a paso, cilindros neumáticos u otros accionamientos. Las cuerdas de kevlar son en todo caso muy adecuadas, dado que éstas no presentan relativamente estiramientos y presentan poco peso.

10

15 En una forma de realización sencilla las válvulas de mariposa o dispositivos de válvula de mariposa 27 sólo se ajustan una vez, por ejemplo de forma manual, para la pala de rotor especial, de tal forma que se logra un calentamiento uniforme de la nariz de pala a lo largo de toda la longitud de pala a descongelar.

En un perfeccionamiento está previsto ajustar las válvulas de mariposa durante el funcionamiento. La activación de las válvulas de mariposa se puede realizar por ejemplo mediante unas cuerdas no metálicas de kevlar o barras de empuje como, por ejemplo, tubos reforzados con fibra de vidrio, en tubos huecos laminados, y controlar de forma dirigida teniendo en cuenta las señales de sensores de hielo, por ejemplo, mediante una cámara térmica, un análisis de vibraciones o sensores de superficie.

20

25 En la fabricación se montan preferiblemente las paredes adicionales de separación 15 o 33 necesarias con la introducción de los nervios 13 y 14 en una envoltura de la pala de rotor. Para ello se puede elegir la envoltura de pala o bien del lado de aspiración o del lado de presión, que hace posible una geometría más adecuada para el encolado de nariz. Particularmente la pared de separación 15 puede sustituir una cubrejunta adhesiva adicional en la zona de nariz y mejorar la geometría para el pegado simulado.

30

La primera variante según las figuras 1 a 5 presenta la ventaja de una conformación relativamente sencilla con sólo una pared de separación. En todo caso podría ser posible, que el nervio anterior 14 se pudiera tender en la zona exterior para la previsión de una sección de circulación suficientemente grande hacia atrás hacia el canto final 28. En este caso, el nervio posterior 13 se debería tender hacia adelante, para mantener el punto medio de empuje. En tanto se realice una división de la zona exterior de pala en un número suficiente de tramos parciales, se puede conservar en todo caso la construcción tradicional no problemática, dado que muy pequeñas secciones de circulación de la nariz de pala son suficientes.

35

Durante el funcionamiento podría estar previsto intercambiar el avance y el retorno de la corriente de aire mediante una disposición de trampillas correspondiente en el ventilador en la zona de raíz de pala, de forma uniforme o no uniforme, por ejemplo a intervalos comprendidos entre 1 minuto y 15 minutos. De este modo pueden ser admisibles notables diferencias entre la temperatura de avance y de retorno, lo que hace posible que se puedan proporcionar mayores cantidades de calor con pequeñas secciones de circulación. La temperatura de avance se podría situar en ese caso en hasta 100°C, por ejemplo.

40

En la variante según las figuras 6 y 7 se da un coste notablemente más reducido para la integración en la estructura de pala, dado que todas las piezas montadas y paredes de separación correspondientes, que son necesarias, están dispuestas directamente en los nervios 13 y 14 y no es necesario ningún tipo de modificación en las envolturas de pala. Una ventaja muy grande de esta forma de realización se encuentra en el aislamiento óptimo del canal de avance en el centro de la pala de rotor. El canal de avance está concretamente en este caso separado de las paredes exteriores o de las envolturas de pala de la pala de rotor. De este modo se logra una pérdida mínima de calor también en palas de rotor de entre 40 m y 70 m de longitud. Además de ello, las temperaturas se pueden controlar con gran precisión y de forma independiente entre sí en los tramos individuales de la nariz de pala 32-32'' mediante válvulas de mariposa o dispositivos de válvula de mariposa 27 correspondientes.

50

55

La corriente de aire caliente se puede conducir a la nariz de pala desde el avance a través de una interrupción correspondiente preferentemente redonda por motivos de rigidez o una abertura redonda en el nervio. Ahí se transfiere el calor a la superficie de pala y se desvía a continuación a través de una interrupción del retorno o una abertura a través del nervio al canal de retorno. La interrupción de retorno o la abertura para ello está también

- conformada de forma preferentemente redonda y particularmente preferentemente como la abertura para el avance de forma circular. Las longitudes de los tramos de nariz de pala 32-32''' así como las aberturas se deben de optimizar con ello preferentemente mediante un cálculo termodinámico. Para las aberturas de avance 27-27''' se pueden utilizar convenientemente dispositivos de válvula de mariposa, en todo caso no son estrictamente necesarios. Para las aberturas de retorno no es necesario por sí mismo ningún dispositivo de válvula de mariposa. En todo caso son convenientes superficies conductoras de corriente 30-30''. Las superficies conductoras de corriente, que también se pueden denominar como paredes transversales 30-30'', separan al mismo tiempo los tramos de la nariz de pala.
- 10 La nariz de pala 18 o el canal de pala de rotor 29 no se emplea en sí mismo como canal de circulación, sino que sirve tan sólo para la transferencia del calor a la superficie de pala. Particularmente en este caso tiene sentido mejorar la conductividad térmica de la envoltura de nariz o de la pared exterior hacia la nariz. Esto se puede realizar en el caso más sencillo mediante una envoltura de pala lo más delgada posible en la zona de congelación, sin estructura de sándwich, o mediante medidas más eficaces como, por ejemplo, la introducción de una estructura de panel abierta hacia el interior o una estructura de sándwich, en la que se introduce el aire caliente en la capa de protección, por ejemplo a través de tubos con algunos centímetros de diámetro. En todo caso también puentes térmicos dirigidos, por ejemplo capas metálicas conectadas a tierra o similares, pueden mejorar la conductividad hacia la superficie. Además también es posible renunciar a un deshielo de la zona del interior de pala relativamente poco crítico, esto es, hacia la raíz de la pala de rotor.
- 20 Mediante la variante de las figuras 6 y 7 se logran mejores grados de eficacia que con la variante según las figuras 1 a 5. La última variante mencionada es sin embargo particularmente eficaz para el deshielo de la zona hacia la raíz de la pala de una pala de rotor de gran tamaño, mientras que, en cambio, la primera variante mencionada según las figuras 6 y 7 es especialmente adecuada para el deshielo de la zona exterior de una pala de rotor de gran tamaño.
- 25 Una forma de realización particularmente ventajosa prevé por ello, particularmente para temperaturas exteriores muy bajas, conmutar entre las dos variantes, para poder descongelar mediante la conducción de calor limitada disponible, de forma consecutiva, la zona exterior interior (en el lado de la raíz de pala) y la zona exterior (en el lado de la punta de pala). La pala de rotor según las figuras 6 y 7 presenta para ello un canal de nariz dividido, tal y como
- 30 está representado en la fig. 3. La conmutación se puede realizar preferentemente mediante una disposición de trampillas en la zona de la raíz de pala o del buje del rotor, que, junto con las válvulas de mariposa ajustables, hace posible la desviación deseada de la corriente de aire. En esta forma de realización están también dispuestas preferentemente válvulas de mariposa en las paredes transversales 30, que se abren completamente durante el funcionamiento según la fig. 3.
- 35 La fig. 9 muestra una representación esquemática tridimensional "de cristal" de una parte de una pala de rotor de acuerdo con la invención en otra forma de realización. Para una mejor capacidad de representación, se han omitido las aberturas 34 a 34'' y las válvulas de mariposa 27 a 27'''. Además de ello, en comparación con el ejemplo de realización de las figuras 6 y 7, la pared final superior 33 hacia la punta de la pala de rotor 11 no está doblada hacia
- 40 arriba hacia la envoltura de la pala, sino que finaliza con un canto 31 en la zona de la punta de la pala de rotor 11, en donde para hacer posible una sección de gran tamaño, está prevista una gran sección en el segundo canal 17, para la transferencia de la corriente de aire a la zona de nariz, esto es, al canal de nariz 29 en la zona de la punta de la pala de rotor. Esto puede estar previsto tanto para la alimentación de aire caliente desde el segundo canal 17 al canal de nariz 29, como también para el retorno de aire ya enfriado desde el canal de nariz 29 al segundo canal 17.
- 45 En contraposición a la forma de realización según las figuras 6 y 7, la pared de cierre superior 33' está guiada en la zona de la punta de la pala de rotor 11 hacia la envoltura inferior de pala. Esta forma de realización es particularmente adecuada para una corriente de aire caliente, que se conduce a través del segundo canal 17 en dirección hacia la punta de la pala de rotor 11, y se conduce a continuación como muy tarde en la zona de la punta
- 50 de la pala de rotor al canal de nariz 29, o ya antes a través de aberturas correspondientes o dispositivos de estrangulación de flujo, que en todo caso no están representados en la fig. 9, para a continuación ser descargado a través del primer canal 16 en forma enfriada de nuevo en dirección hacia la raíz de la pala de rotor.
- Mediante la invención es posible una conformación muy sencilla en comparación a conceptos alternativos tales como láminas calefactoras o alambres calefactores y similares. Además de ello es posible una integración sencilla en una estructura de pala existente. Además, la corriente de aire caliente se puede adaptar de forma sencilla a diferentes estados de funcionamiento y condiciones ambientales.

Todas las características mencionadas, también las características individuales así como las que se pueden deducir

sólo de los dibujos, que están publicadas en combinación con otras características, se consideran por sí solas y en combinación como esenciales para la invención. Formas de realización de acuerdo con la invención se pueden cumplir mediante características individuales o una combinación de varias características.

5 Lista de símbolos de referencia

- 10. pala de rotor
- 11. punta de la pala de rotor
- 10 12. raíz de la pala de rotor
- 13. nervio
- 15 14. nervio
- 15. pared de separación
- 16. primer canal
- 20 17. segundo canal
- 18. nariz de pala de rotor
- 25 19. pared exterior
- 20. perfil
- 21. corriente de aire caliente
- 30 22. corriente de aire frío
- 23, 23', 23'', 23''', 23<sup>IV</sup>, 23<sup>V</sup>. abertura
- 35 24, 24', 24'', 24''', 24<sup>IV</sup>, 24<sup>V</sup> flechas de circulación
- 25. lado de aspiración
- 26. lado de presión
- 40 27, 27', 27''. dispositivo de válvula de mariposa
- 28. canto final
- 45 29. canal de nariz
- 30, 30', 30''. pared transversal
- 31, 31'. canto
- 50 32, 32', 32'', 32'''. tramo
- 33. pared terminal inferior
- 55 33'. pared terminal superior
- 34, 34', 34''. abertura
- 35. válvula de mariposa

- 36. brida
- 37. unión adhesiva
- 5 38. excéntrica
- 39, 39'. cuerda de kevlar
- 10 40. extensión longitudinal
- 41, 41', 41'', 41'''. abertura
- 43, 43'. nervio de sujeción
- 15

**REIVINDICACIONES**

1. Pala de rotor (10) de una instalación de energía eólica con un primer y un segundo canal (16, 17) que discurren por el interior de la pala de rotor (10) para hacer pasar una corriente de aire (21, 22), en la que está previsto un dispositivo de separación (15), que separa los canales (16, 17) entre sí, de tal forma que el primer canal (16) está dispuesto en una primera cara del dispositivo de separación (15) hacia la cara de presión (26) de la pala de rotor (10) y el segundo canal (17) está dispuesto en una segunda cara del dispositivo de separación (15) hacia el lado de aspiración de la pala de rotor (10).
2. Pala de rotor (10) según la reivindicación 1, caracterizada porque el dispositivo de separación (15) es o comprende al menos por tramos una pared de separación, que está dispuesta sustancialmente en extensión longitudinal (40) de la pala de rotor (10) y perpendicular a un nervio (13, 14) de la pala de rotor (10), en la que el nervio (13, 14) se extiende desde el lado de aspiración (25) hacia el lado de presión (26) de la pala de rotor (10) y está dispuesto sustancialmente en extensión longitudinal (40) de la pala de rotor (10).
3. Pala de rotor (10) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque los canales (16, 17) son canales de conducción de aire.
4. Pala de rotor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el primer canal (16) y/o el segundo canal (17) presenta una pared exterior (19) de la pala de rotor (10) a modo de pared, y/o porque el primer canal (16) y/o el segundo canal (17) presenta al menos una abertura (41-41'') en una pared (14) del primer y/o del segundo canal (16, 17), que hace posible una conexión con un tercer canal (29), en donde el tercer canal (29) presenta una pared exterior (19) de la pala de rotor (10) a modo de pared.
5. Pala de rotor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el primer canal (16) y/o el segundo canal (17) está dispuesto entre dos nervios (13, 14) de la pala de rotor (10), en la que los nervios (13, 14) están dispuestos sustancialmente en extensión longitudinal (40) de la pala de rotor (10) y se extienden respectivamente desde el lado de presión (26) hacia el lado de aspiración (25) de la pala de rotor (10).
6. Pala de rotor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque al menos una pared (13, 14, 15, 33) del primer o del segundo canal (16, 17) está conformada de forma aislada contra pérdidas de calor al menos por tramos.
7. Pala de rotor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque en la zona de la nariz (18) de la pala de rotor (10) el material de envoltura de la pala de rotor (10) está mezclado con material termoconductor.
8. Pala de rotor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque el primer y/o el segundo canal (16, 17) está dispuesto a una distancia de separación de las paredes exteriores (19) de la pala de rotor (10).
9. Pala de rotor (10) de una instalación de energía eólica con un primer y un segundo canal (16, 17) que discurren por el interior de la pala de rotor (10) para hacer pasar una corriente de aire (21, 22), particularmente según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque el primer y/o el segundo canal (16, 17) presenta un dispositivo de estrangulación de corriente (23-23<sup>V</sup>, 27, 34-34'', 35, 36).
10. Pala de rotor (10) según la reivindicación 9, caracterizada porque el dispositivo de estrangulación de corriente (23-23<sup>V</sup>, 27, 34-34'', 35, 36) está previsto en una pared exterior (13, 14, 15, 33) y/o en una pared interior (31, 31') del primer y/o del segundo canal (16, 17), en la que particularmente el dispositivo de estrangulación de corriente (23-23<sup>V</sup>, 27, 34-34'', 35, 36) es una superficie de paso de corriente de aire (23-23<sup>V</sup>, 24-24<sup>V</sup>, 34-34''), que es ajustable.
11. Procedimiento para el deshielo de una pala de rotor (10) de una instalación de energía eólica, en el que la pala de rotor (10) presenta un primer y un segundo canal (16, 17) en el interior de la pala de rotor (10) para hacer pasar una corriente de aire (21, 22), en el que la corriente de aire (21, 22) comprende una corriente de aire calentado (21), que se introduce en el primer canal (16) y circula al menos por tramos en dirección desde la raíz de la pala de rotor (12) hacia la punta de la pala de rotor (11) en una conducción predefinible de corriente y circula para el deshielo a lo largo de al menos un tramo (32, 32', 32'', 32''') de la pala de rotor (10) por al menos una parte de una pared exterior (19) de la pala de rotor (10), caracterizado porque la velocidad de circulación de la corriente de aire

(21, 22) se ajusta o está ajustada en el tramo (32-32'''), en el que la velocidad de circulación y/o la conducción de circulación se varía durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque en extensión longitudinal (40) de la pala de rotor se calientan en diferentes instantes tramos (32-32''') de la pala de rotor (10) dispuestos uno detrás de otro.

13. Procedimiento según las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado porque se calienta la zona de nariz (18) de la pala de rotor (10).

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado porque en los canales (16, 17, 29) y/o entre los canales (14, 17, 29) están previstos unos dispositivos de estrangulación de corriente (23-23'', 27, 41-41''), cuyas superficies de paso se ajustan o están ajustadas.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado porque al menos temporalmente, particularmente a intervalos de tiempo predefinibles, la corriente de aire calentado (21) se introduce en el segundo canal (17) y circula al menos por tramos en dirección desde la raíz de la pala de rotor (12) hacia la punta de la pala de rotor (11), en la que la corriente de aire (22), después de que ésta se haya enfriado o esté fría, se devuelve a la raíz de la pala de rotor (12) a través del primer canal (16), en el que particularmente se invierte temporalmente la dirección de circulación.



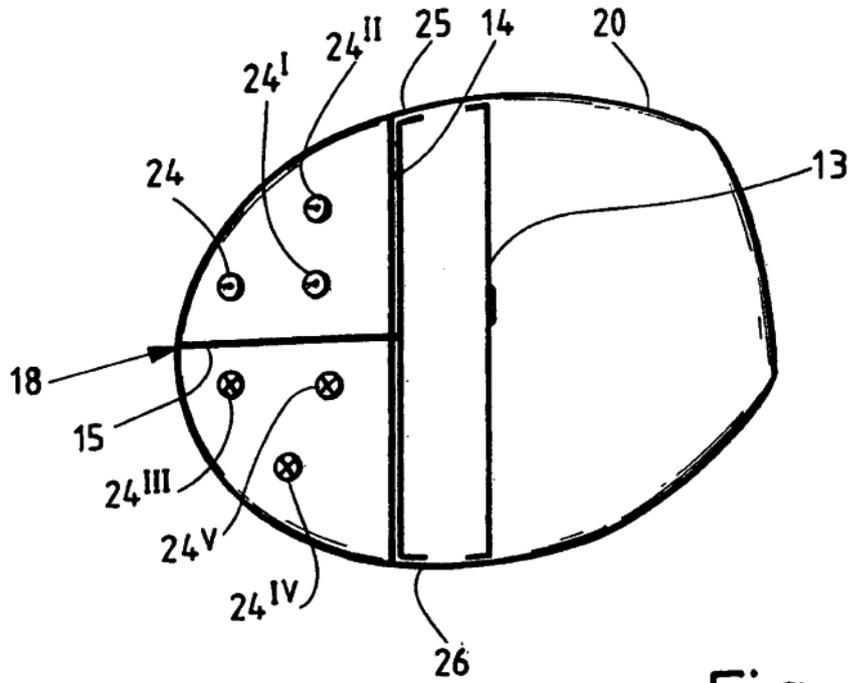


Fig. 2

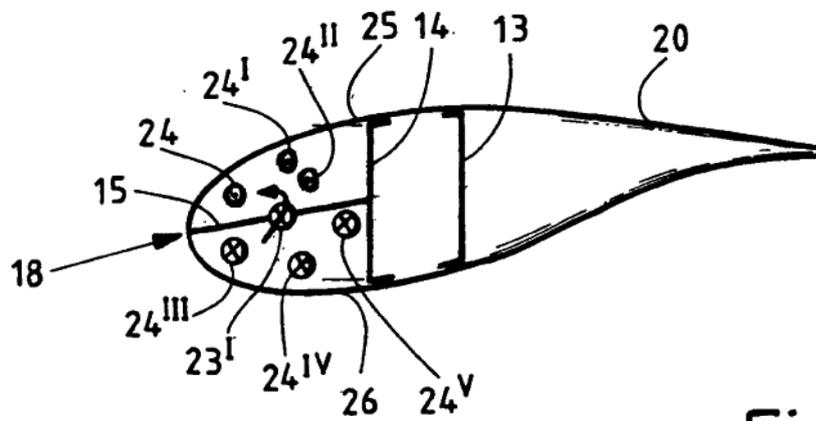


Fig. 3

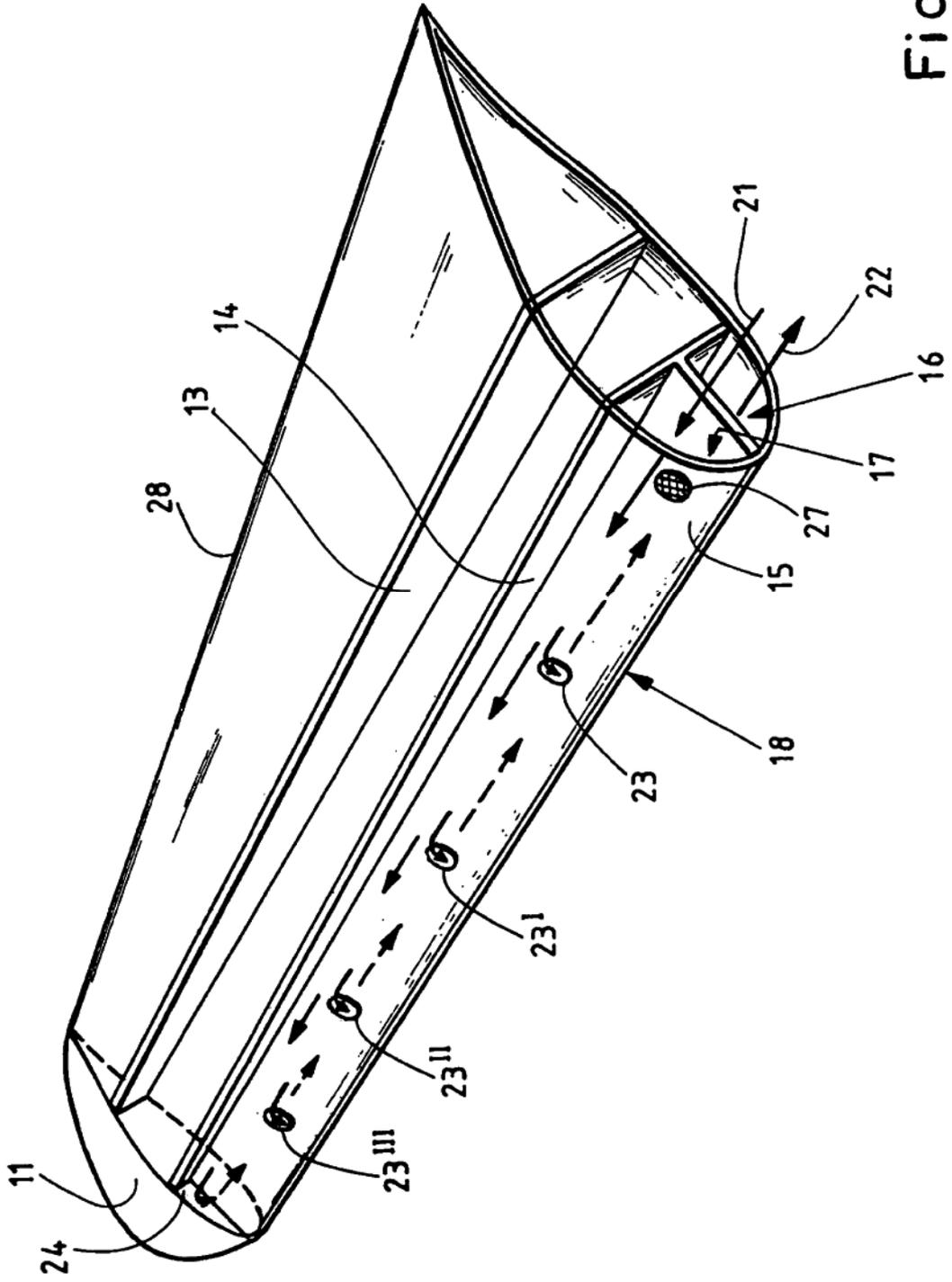


Fig. 4

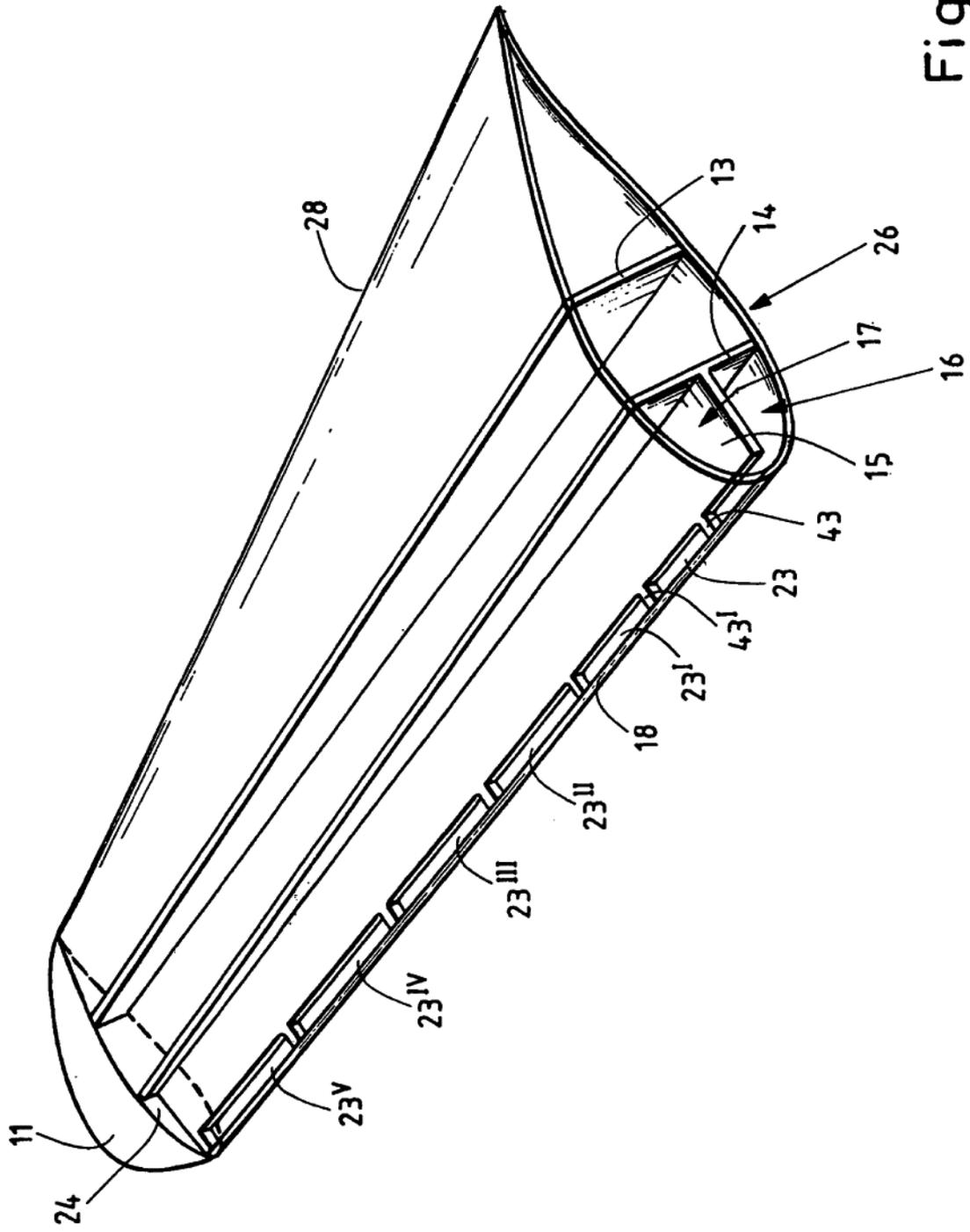


Fig. 5

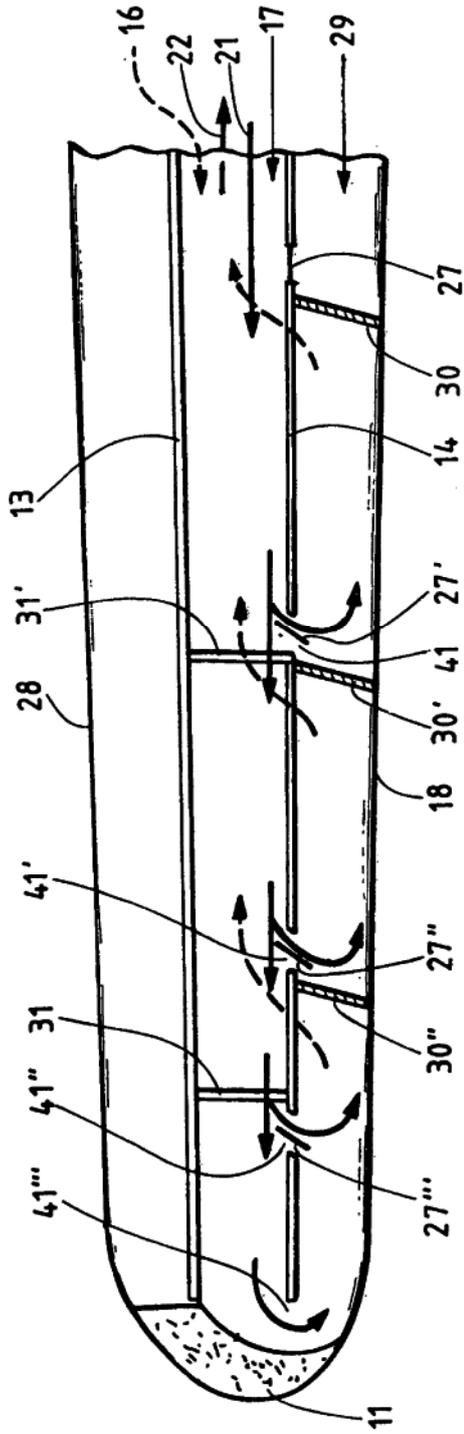


Fig. 6

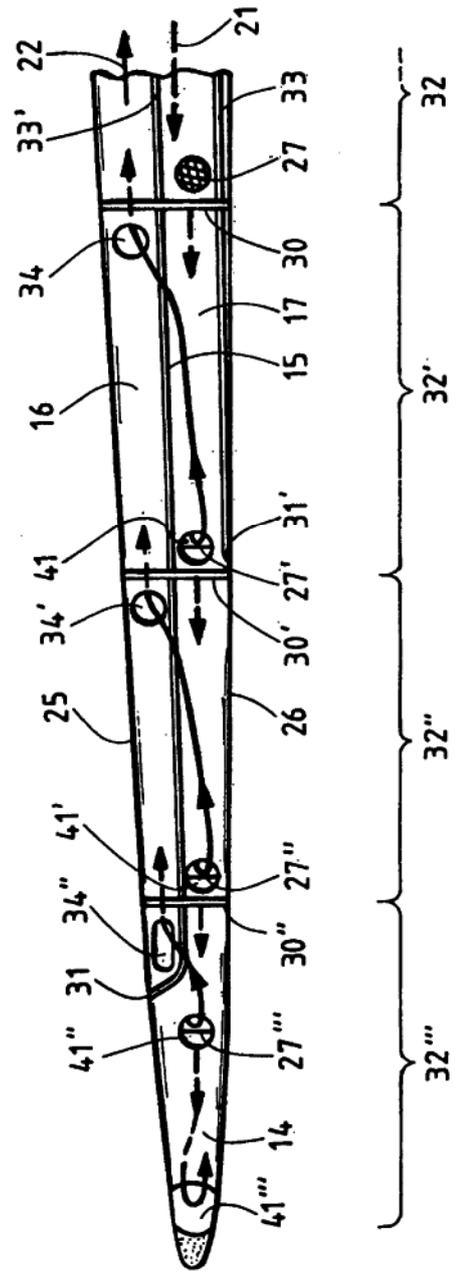


Fig. 7

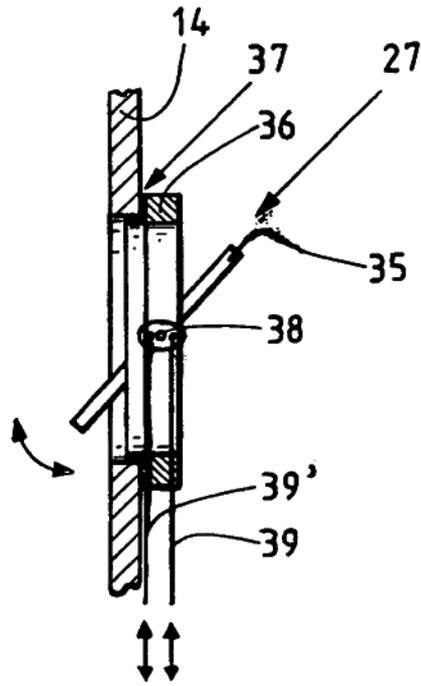


Fig. 8

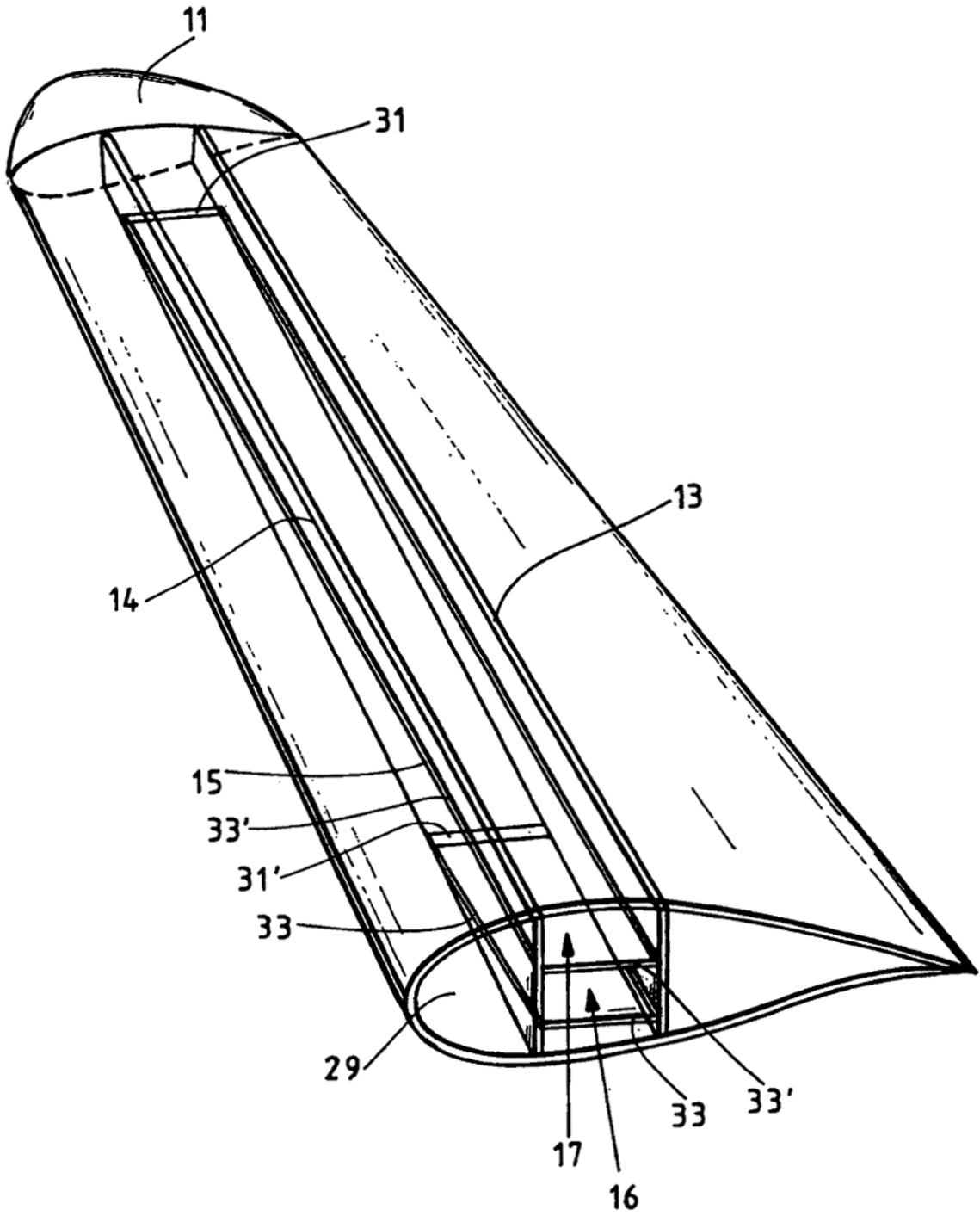


Fig. 9