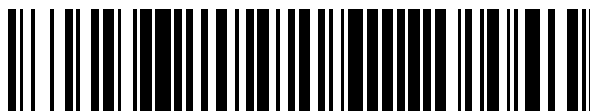


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 287**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 80/40** (2006.01)

**F03D 80/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2012 E 12006503 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2708740**

54 Título: **Pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico y un pararrayos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.07.2017**

73 Titular/es:  
**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:  
**OHLERICH, NICK y  
SCHALL, NILS-HENDRIC**

74 Agente/Representante:  
**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 626 287 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

Pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico y un pararrayos

5 La invención se refiere a una pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico que presenta un extremo del lado de la punta de pala y un extremo del lado de la base de pala y está conformado para que pase una corriente de caldeo eléctrica entre estos dos extremos, y un pararrayos que está unido a un receptor de protección contra rayos en el área de una punta de pala del rotor.

10 Debido a su gran altura de construcción, los aerogeneradores se ven afectados frecuentemente por un relámpago. Más frecuentemente, el rayo impacta en el área de la punta de pala del rotor cuanto la pala de rotor señala oblicuamente o recta hacia arriba. Para evitar una destrucción de la pala de rotor por el relámpago, se conoce desde hace tiempo disponer un receptor de protección contra rayos en el área de la punta de pala del rotor y unirlo a un pararrayos. La corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección contra rayos se desvía entonces a través del pararrayos hacia la base de pala del rotor, desde ahí al buje, a través de la góndola y la torre hacia la tierra.

20 Como pararrayos se disponen principalmente cables de cobre con una sección transversal relativamente grande dentro de la pala de rotor, especialmente a lo largo de un larguero o alma de la pala de rotor.

Por la publicación EP 1 011 182 B1 se ha conocido un pararrayos para una pala de rotor de un aerogenerador en forma de una cinta adhesiva que presenta una capa eléctricamente conductora.

25 Por la patente estadounidense n.º 8.043.065 B2 se ha conocido una pala de rotor de aerogenerador con estructura especial. En el caso de la pala de rotor conocida, se forma un borde de ataque de segmentos prefabricados alineados entre sí. Los segmentos prefabricados pueden contener cables o alambres como pararrayos integrado.

30 Para contrarrestar una congelación de la pala de rotor, se utilizan dispositivos de calefacción eléctricos. Estos constan de un material eléctricamente conductor y se hacen pasar durante el funcionamiento por una corriente de caldeo que da como resultado un calentamiento del dispositivo de calefacción. Los dispositivos de calefacción de este tipo son estructuras adicionales eléctricamente conductoras en o sobre la pala de rotor que están dispuestos típicamente en una gran longitud más o menos paralelamente respecto al pararrayos. En estos componentes adicionales eléctricamente conductores se inducen tensiones eléctricas considerables en el caso de descargas de rayos a través del pararrayos. El pronunciado gradiente de corriente en el pararrayos genera un campo magnético muy variable en el entorno del pararrayos a causa de la ley de Ampère de las ecuaciones de Maxwell. Como consecuencia, a causa de la ley de inducción de las ecuaciones de Maxwell, se inducen elevadas tensiones en el dispositivo de calefacción eléctrico, que dan como resultado diferencias de potencial entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción. Dependiendo del gradiente de corriente y de las relaciones geométricas en la pala de rotor, estas diferencias de potencial pueden ascender a varios megavoltios, de manera que pueden producirse saltos de chispas entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción eléctrico. A este respecto, puede producirse un deterioro del dispositivo de calefacción o de las estructuras adyacentes de la pala de rotor, hasta un siniestro total.

45 Por la publicación WO 2011/148049 A1 se ha conocido una pala de rotor de aerogenerador que presenta una estructura de soporte en forma de caja con bordes de ataque y bordes de salida unidos. En el área de los bordes de ataque hay un dispositivo de calefacción eléctrico que presenta varios alambres térmicos. Además, hay varios pararrayos que están dispuestos de manera distribuida por la estructura de soporte en forma de caja y los bordes de ataque.

50 Por la publicación WO 00/79128 A1 se ha conocido una pala de rotor de aerogenerador con un pararrayos dispuesto aproximadamente de manera centrada en la pala de rotor. En el área del borde de ataque hay varios elementos de calefacción. Estos están unidos a dos líneas de conexión eléctricas, de manera que pueden pasar por una corriente de caldeo respectivamente en una dirección que se encuentra en el plano de sección transversal, así, perpendicularmente a la dirección longitudinal de la pala de rotor. Las líneas de conexión eléctricas para los elementos de calefacción están unidas al pararrayos a través de espinterómetros. Con ello debería evacuarse una parte de la corriente del rayo por las líneas de conexión eléctricas de los elementos de calefacción, debiendo ser siempre cero las diferencias de potencial que aparecen por encima de los elementos de calefacción debido a la disposición de las dos líneas de conexión, de manera que los elementos de calefacción no se deterioran.

60 Por la publicación DE 10 2008 006 427 A1 se ha conocido una pala de rotor de aerogenerador que presenta una protección integrada contra erosión, rayos y congelación para el borde delantero. El dispositivo de protección integrado comprende un escudo de erosión dispuesto en el exterior que está unido a un pararrayos dispuesto de manera central a través de conexiones eléctricas. La protección contra congelación consta de una pluralidad de tiras de resistencia. Estas están unidas a una fuente de energía a través de líneas eléctricas, de manera que pueden pasar por una corriente de caldeo eléctrica en la dirección de sección transversal de la pala de rotor.

65 La publicación DE 197 48 716 C1 describe una pala de rotor de aerogenerador en la que el conductor presente en la

pala de rotor debería servir simultáneamente como dispositivo de calefacción y como pararrayos. En el caso del conductor, puede tratarse, por ejemplo, de correas de fibra de carbono presentes en la pala de rotor.

5 La publicación WO 2011/096851 A1 describe una pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico que presenta una nanoestructura de carbono. Por fuera de este dispositivo de calefacción, la pala de rotor conocida presenta una capa de protección contra rayos eléctricamente conductora que forma una superficie exterior de la pala de rotor.

10 Partiendo de esto, el objetivo de la invención es poner a disposición una pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico y un pararrayos que presente una protección contra rayos mejorada.

Este objetivo se resuelve por la pala de rotor de aerogenerador con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas están indicadas en las reivindicaciones secundarias posteriores.

15 La pala de rotor de aerogenerador tiene

- un dispositivo de calefacción plano y eléctrico que presenta un extremo del lado de la punta de pala y un extremo del lado de la base de pala y está conformado para que pase una corriente de caldeo eléctrica, estando definido en cada sección transversal por el dispositivo de calefacción un círculo exterior que rodea completamente el dispositivo de calefacción con un radio mínimo y presenta un radio del círculo exterior, y
- un pararrayos que está unido a un receptor de protección contra rayos en el área de una punta de pala del rotor y está configurado para desviar la corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección contra rayos hacia una base de pala del rotor, en el que
- el pararrayos está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción de manera que en cada una de las secciones transversales dentro de una sección longitudinal del dispositivo de calefacción, para cada punto del dispositivo de calefacción, la distancia entre este punto y un punto más cercano del pararrayos no es mayor que el radio del círculo exterior.

30 La pala de rotor de aerogenerador puede estar determinada para un aerogenerador con eje horizontal. Puede presentar una longitud de, por ejemplo, 30 metros o más. Puede estar elaborada a partir de un material de plástico reforzado con fibras, pudiendo usarse como fibras reforzadas, por ejemplo, fibras de vidrio y/o fibras de carbono y como matriz de plástico, por ejemplo, una resina epoxi o de poliéster. La pala de rotor puede estar ensamblada por dos semicoquillas, especialmente por una semicoquilla del lado de presión y de una del lado de succión. De igual manera, la pala de rotor puede estar ensamblada por varias piezas individuales, por ejemplo, por una coquilla del lado del borde de extremo, una coquilla del lado del borde de ataque y una sección central. También es posible una elaboración con una envoltura aerodinámica de solo una pieza moldeada. Las piezas individuales pueden estar elaboradas de manera separada unas de otras, por ejemplo, en un procedimiento de infusión al vacío. Como estructura de soporte, la pala de rotor puede presentar una o varias correas así como una o varias almas. Las correas pueden estar integradas en las respectivas semicoquillas. Las almas pueden estar elaboradas asimismo a partir de un material de plástico reforzado con fibras. La pala de rotor presenta una punta de pala del rotor y una base de pala del rotor así como un borde de ataque y un borde de salida. En la base de la pala del rotor pueden estar presentes medios de conexión para unirse a un buje de rotor, por ejemplo, una brida de pala del rotor.

45 El dispositivo de calefacción eléctrico presenta un extremo del lado de la punta de pala y un extremo del lado de la base de pala y se hace pasar durante el funcionamiento por una corriente de caldeo eléctrica. La corriente de caldeo puede ponerse a disposición por una fuente de corriente a través de líneas de conexión adecuadas. La corriente de caldeo eléctrica puede fluir, por ejemplo, desde el extremo del lado de la punta de pala hasta el extremo del lado de la base de pala del dispositivo de calefacción eléctrico o viceversa, es decir, fundamentalmente en dirección longitudinal de la pala de rotor. El dispositivo de calefacción eléctrico puede presentar una longitud de cinco metros o más o de diez metros o más. Especialmente, el dispositivo de calefacción eléctrico puede extenderse por toda la longitud de la sección longitudinal que va a calentarse de la pala de rotor.

55 El dispositivo de calefacción eléctrico puede presentar un elemento de calefacción o varios elementos de calefacción. Los elementos de calefacción pueden ser, por ejemplo, alambres de resistencia individuales, o esteras de calefacción, por ejemplo, de un material compuesto de fibra. En caso de que estén presentes varios elementos de calefacción, estos pueden estar dispuestos de forma especial fundamentalmente que discurran en dirección longitudinal de la pala del rotor unos al lado de otros y/o de manera solapada. El dispositivo de calefacción eléctrico puede encontrarse especialmente en el área del borde de ataque de la pala de rotor y discurrir a lo largo del borde de ataque. En conjunto, el dispositivo de calefacción está conformado de manera plana, es decir, se extiende por una superficie determinada cuyo diseño puede parecerse especialmente a una superficie aerodinámica de la pala de rotor. En el caso del uso de varios elementos de calefacción, la superficie formada en conjunto puede ser continua o presentar huecos. Por ejemplo, varios elementos de calefacción pueden estar dispuestos solapados adyacentes unos de otros o a distancia.

65 El receptor de protección contra rayos puede costar de metal y utilizarse en una pared de pala del rotor. Como alternativa, el receptor de protección contra rayos puede formar la punta de pala del rotor y presentar una pieza de

metal moldeada correspondientemente.

5 El receptor de protección contra rayos está unido a un pararrayos, de manera que la corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección contra rayos puede desviarse a través del pararrayos hacia la base de pala del rotor. Esto significa que al menos una gran parte de la corriente del rayo se desvía a través del pararrayos, especialmente más del 80 % o más del 90 % de la corriente del rayo. A tal fin, el pararrayos consta de un material eléctricamente conductor, por ejemplo, de cobre u otro metal. El pararrayos puede estar dimensionado de manera que, en el caso de un relámpago, pueda desviar la corriente del rayo que se espera como máximo sin que se deteriore el pararrayos. Por ejemplo, el pararrayos puede constar de cobre y presentar una sección transversal de 10 50 milímetros cuadrados o más.

15 Adicionalmente al receptor de protección contra rayos en el área de la punta de pala del rotor, la pala de rotor puede presentar uno o varios receptores auxiliares que están dispuestos de manera distribuida por la longitud de la pala de rotor. Los receptores auxiliares pueden estar unidos asimismo de manera eléctricamente aislante al pararrayos. Por ejemplo, pueden presentar una tira de metal fijada al lado exterior de la pala de rotor, especialmente orientada en dirección de la profundidad del perfil.

20 Los inventores han reconocido que puede evitarse un deterioro de la pala de rotor, especialmente del dispositivo de calefacción eléctrico, por una disposición especialmente geométrica del pararrayos con respecto al dispositivo de calefacción. En el ámbito de la protección contra rayos es habitual disponer el pararrayos a la mayor distancia posible de cualquier estructura eléctricamente conductora o prever una capa aislante lo suficientemente gruesa entre el pararrayos y la estructura eléctricamente conductora para evitar saltos de chispas. Los inventores han reconocido que esta fórmula en el caso de palas de rotor de aerogenerador con un dispositivo de calefacción eléctrico no es efectiva, porque las diferencias de tensión que se producen como consecuencia de las grandes dimensiones del 25 dispositivo de calefacción son muy grandes. El espacio presente especialmente cerca de la base de pala del rotor dentro de la pala de rotor no posibilita ninguna distancia lo suficientemente grande entre el dispositivo de calefacción y el pararrayos. Por regla general, económicamente no tiene sentido un aislamiento eléctrico suficiente para evitar saltos de chispas entre estos dos elementos.

30 Otra medida conocida en principio en el ámbito de la protección contra rayos para evitar saltos de chipa prevé una conexión equipotencial entre el pararrayos y las estructuras conductoras adicionales. Una tal conexión equipotencial da como resultado que la disposición unida de manera eléctricamente aislante al pararrayos, en el caso de un relámpago, tiene que desviar una corriente de rayo parcial. En relación a esto, los inventores han reconocido que los dispositivos de calefacción eléctricos para palas de rotor, al contrario que, por ejemplo, líneas eléctricas, debido a su 35 resistencia óhmica relativamente alta, son capaces de descargar de manera no destructiva una corriente de rayo parcial. No obstante, inicialmente esto solo se aplica para el caso estadístico en el que la corriente de rayo se divide correspondientemente a las resistencias óhmicas del pararrayos y del dispositivo de calefacción eléctrico en los dos circuitos de corriente. Debido a la resistencia óhmica mucho mayor del dispositivo de calefacción en comparación con el pararrayos, en este caso resultan, a saber, corrientes de rayo parciales relativamente pequeñas que tienen 40 que descargarse a través del dispositivo de calefacción eléctrico.

45 Sin embargo, en el caso altamente dinámico de un relámpago surgen gradientes de corriente de hasta 200 kA/μs. En este caso, las reactancias, es decir, las resistencias dependientes de la frecuencia de las inductancias inherentes al pararrayos y al dispositivo de calefacción eléctrico, determinan la distribución de corriente. En relación a esto, los inventores han reconocido que las corrientes de rayo parciales resultantes también se realizan considerando las inductancias en el caso de un acoplamiento magnético perfecto entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción eléctrico correspondientemente al caso estadístico, así, correspondientemente a las resistencias óhmicas implicadas. A este respecto, existe un acoplamiento magnético perfecto cuando las estructuras eléctricamente conductoras del pararrayos y del dispositivo de calefacción eléctrico se atraviesan por los mismos flujos magnéticos. 50 En la práctica no puede conseguirse un tal acoplamiento perfecto. No obstante, es posible una aproximación a esta meta.

55 En el caso de la invención, el acoplamiento magnético entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción eléctrico se optimiza por que el pararrayos está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción de manera que (siempre considerado en una sección transversal por el dispositivo de calefacción o la pala de rotor, así, en un plano de corte perpendicularmente a un eje longitudinal de pala de rotor) la distancia entre cada punto del dispositivo de calefacción y el pararrayos es relativamente pequeña. Los inventores han comprobado que puede obtenerse entonces un acoplamiento magnético suficiente para evitar saltos de chispas cuando para cada punto del dispositivo de calefacción la distancia de este punto desde un punto más cercano del pararrayos no es mayor que el radio de un 60 círculo exterior que rodea completamente el dispositivo de calefacción con un radio mínimo. El círculo exterior así definido es una medida para la extensión del dispositivo de calefacción eléctrico en el plano de sección transversal. A este respecto, de acuerdo con la definición, el círculo exterior comprende el dispositivo de calefacción completamente, es decir, dado el caso, todos los elementos de calefacción del dispositivo de calefacción.

65 Para seguir mejorando el acoplamiento magnético, la distancia entre cada punto del dispositivo de calefacción y un punto más cercano del pararrayos puede seguir reduciéndose, por ejemplo, al 80 % del radio del círculo exterior o

menos, al 50 % del radio del círculo exterior o menos o al 25 % del radio del círculo exterior o menos.

5 Para cumplir el criterio de distancia mencionado, el pararrayos puede estar dispuesto de manera adyacente al dispositivo de calefacción. La distancia entre cada punto del dispositivo de calefacción y el pararrayos puede ser más pequeña que una medida fija de, por ejemplo, 20 cm, 15 cm, 10 cm o 5 cm.

10 Las consideraciones de distancia explicadas se aplican siempre dentro de una sección longitudinal del dispositivo de calefacción. A este respecto, puede tratarse especialmente de una sección longitudinal en la que los saltos de chispas entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción sean especialmente probables, por ejemplo, en una sección longitudinal del dispositivo de calefacción dispuesta cerca de la punta de pala del rotor. Sin embargo, la sección longitudinal también puede extenderse por toda la longitud del dispositivo de calefacción, es decir, desde su extremo del lado de la punta de pala hasta su extremo del lado de la base de pala. La sección longitudinal puede presentar una longitud de 5 m o más, 8 m o más o incluso 12 m o más.

15 En una configuración, el pararrayos está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción de manera que en cada una de las secciones transversales dentro de la sección longitudinal, para cada punto del pararrayos, la distancia entre este punto y un punto más cercano del dispositivo de calefacción no es mayor que el radio del círculo exterior. Este criterio de distancia adicional prevé que el pararrayos no sobresalga más allá de una cierta medida más allá del dispositivo de calefacción eléctrico, considerado a su vez en un plano de sección transversal. También  
20 por esta medida se mejora el acoplamiento magnético entre los dos elementos.

En una configuración, el pararrayos se encuentra dentro del círculo exterior que rodea el dispositivo de calefacción. Con ello se consigue una disposición especialmente compacta.

25 En una configuración, el pararrayos está conformado de manera plana. Por ejemplo, puede tratarse de un cable plano o de una tira de metal con una estructura a modo de rejilla o de tejido, por ejemplo, de cobre o aluminio o de otro material conductor. Por ejemplo, la anchura del pararrayos puede ascender a 10 o 20 veces o más que su altura (considerado en la sección transversal por el pararrayos). El pararrayos configurado de manera plana puede estar  
30 aplanado o curvado. En el caso de una conformación plana del pararrayos, la disposición deseada adyacente al dispositivo de calefacción eléctrico conformado asimismo de manera plana se puede poner en práctica de forma sencilla.

35 En una configuración, el pararrayos presenta una pluralidad de conductores individuales que están dispuestos en una superficie. Esta superficie también puede estar aplanada o curvada. Los conductores individuales pueden ser, por ejemplo, cordones flexibles de cobre que están agrupados en un cable plano. Como alternativa, pueden usarse alambres individuales con una mayor sección transversal respectivamente, por ejemplo, un milímetro cuadrado o más, que están dispuestos a una distancia unos de otros en la pala de rotor. Los conductores individuales pueden estar rodeados por un material eléctricamente aislante. En todos los casos mencionados, la superficie de sección  
40 transversal necesaria del pararrayos se divide en varios conductores individuales que pueden disponerse de manera especialmente favorable con respecto al dispositivo de calefacción.

45 En una configuración, el pararrayos presenta una distancia uniforme desde el dispositivo de calefacción en cada una de las secciones transversales dentro de la sección longitudinal. Por la distancia uniforme se consigue el acoplamiento magnético deseado. Además, por la distancia uniforme puede simplificarse la elaboración y asegurarse un aislamiento eléctrico bien definido entre los dos elementos. La distancia puede ser distinta individualmente dentro de las secciones transversales individuales y ser uniforme únicamente dentro de una sección transversal considerada. Como alternativa, la distancia en todas las secciones transversales consideradas puede presentar el mismo valor. La distancia puede corresponder al grosor de la pared de pala del rotor en la respectiva  
50 sección.

55 En una configuración, entre el dispositivo de calefacción eléctrico y el pararrayos está dispuesto un material eléctricamente aislante. El material eléctricamente aislante puede ser un componente de la pared de pala del rotor, especialmente el material de plástico reforzado con fibra usado para su producción. También puede disponerse un material aislante adicional entre el dispositivo de calefacción y el pararrayos, por ejemplo, en forma de un revestimiento del pararrayos. Por el material eléctricamente aislante se aísla la corriente de caldeo del pararrayos y se contrarrestan adicionalmente saltos de chispas entre el pararrayos y el dispositivo de calefacción eléctrico.

60 En el caso de la invención, el dispositivo de calefacción está dispuesto en un lado exterior de una pared de pala del rotor. Por ejemplo, el dispositivo de calefacción puede estar dispuesto, especialmente pegado, en el lado exterior de una coquilla de pala del rotor. Dado el caso, puede estar cubierto en su lado exterior por una capa de cobertura. El dispositivo de calefacción eléctrico también puede integrarse igualmente durante la producción de la pared de pala del rotor en esta, por ejemplo, al insertarse en la forma correspondiente durante la producción de la semicoquilla de pala del rotor en un procedimiento de infusión al vacío. Una disposición del dispositivo de calefacción en el lado exterior de la pared de pala del rotor resulta ventajoso para el efecto de descongelación pretendido.

65 En una configuración, el pararrayos está dispuesto en un lado interior de una pared de pala del rotor. Por ejemplo, el

pararrayos puede estar dispuesto, especialmente pegado, en el lado interior de una pared de pala del rotor, por ejemplo, de una semicoquilla de pala del rotor. Adicionalmente, puede fijarse por un material de cobertura, por ejemplo, un estrato de un material de plástico reforzado con fibra. En combinación con un dispositivo de calefacción dispuesto en el lado exterior de la pared de pala del rotor, el pararrayos puede estar dispuesto en el lado opuesto de la pared de pala del rotor con respecto al dispositivo de calefacción, especialmente extendido por toda la anchura del dispositivo de calefacción dentro de la sección transversal. Con ello se consigue el acoplamiento magnético deseado con simultáneamente buen aislamiento entre el dispositivo de calefacción y el pararrayos.

En una configuración, el pararrayos está laminado en una pared de pala del rotor. Especialmente, el pararrayos puede introducirse durante la producción de la pared de pala del rotor, por ejemplo, a su vez, en forma de una semicoquilla de pala del rotor correspondiente, en el molde en un procedimiento de infusión al vacío junto con los materiales restantes. En esta elaboración puede suprimirse una fijación separada del pararrayos. Además, se garantiza que el pararrayos se encuentra en la posición deseada y está fijado ahí mecánicamente de manera excelente. Es muy importante una fijación segura del pararrayos, porque en el caso de un relámpago actúan grandes fuerzas electromagnéticas sobre él.

En una configuración, el pararrayos está unido de manera eléctricamente aislante al extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción. La conexión eléctrica puede estar producida, por ejemplo, por una línea eléctrica, por ejemplo, un cable. En este caso, se produce fácilmente una conexión equipotencial en el área del extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción. Puede desviarse una corriente de rayo parcial a través del dispositivo de calefacción. Se evita un salto de chispas no controlado entre el pararrayos y el extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción.

En una configuración, el pararrayos está conformado para guiar la corriente de caldeo para el dispositivo de calefacción. A tal fin, un punto del pararrayos dispuesto más cerca de la base de pala del rotor y alejado del extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción puede unirse a una fuente de corriente, especialmente a través de una línea de conexión adecuada. En este caso, así, el pararrayos puede usarse simultáneamente como línea de abastecimiento para el dispositivo de calefacción. Puede prescindirse de una línea de conexión separada que guía hasta el extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción eléctrico. Esto simplifica la elaboración y reduce además la propensión a errores de la pala de rotor.

En una configuración, el pararrayos está unido al extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción a través de un elemento de conexión eléctrico que está configurado para establecer una conexión eléctrica solo en caso de un relámpago. A tal fin, los elementos de conexión eléctricos conocidos incluyen especialmente espinterómetros y descargadores de sobretensión, por ejemplo, varistores. El uso de un tal elemento de conexión asegura que, en el caso de un relámpago, la distribución pretendida de la corriente de rayo en el pararrayos y el dispositivo de calefacción eléctrico se lleva a cabo sin salto de chispas indefinido.

En una configuración, el pararrayos está unido al potencial de tierra a través de un elemento de conexión eléctrico que está configurado para establecer una conexión eléctrica solo en caso de un relámpago. El elemento de conexión eléctrico puede ser a su vez un descargador de sobretensión o incluso un espinterómetro.

La invención se explica con más detalle a continuación mediante un ejemplo de realización representado en las Figuras. Muestran:

- Fig. 1 una vista en perspectiva de una pala de rotor de aerogenerador de acuerdo con la invención,
- Fig. 2 otra pala de rotor de aerogenerador de acuerdo con la invención en sección transversal,
- Fig. 3 otro ejemplo de una pala de rotor de aerogenerador de acuerdo con la invención en sección transversal,
- Fig. 4 aún otro ejemplo de una pala de rotor de aerogenerador de acuerdo con la invención en sección transversal.

Todas las Figuras son esquemáticas y están simplificadas. Para los elementos correspondientes se usan las mismas referencias en todas las Figuras.

La pala de rotor de aerogenerador 10 mostrada en la Fig. 1 presenta una punta de pala del rotor 12 y una base de pala del rotor 14. En el área de la punta de pala del rotor 12 está dispuesto un receptor de protección contra rayos 16 que forma la punta de pala del rotor 12.

En el área del borde de ataque de la pala de rotor 10 está dispuesto un dispositivo de calefacción 18 eléctrico. Presenta un extremo del lado de la punta de pala 20 y un extremo del lado de la base de pala 22 y se extiende por una gran parte de la longitud de la pala de rotor 10, hasta cerca de la punta de pala del rotor 12. En el funcionamiento, el dispositivo de calefacción 18 eléctrico se hace pasar desde su extremo del lado de la punta de pala 20 hasta su extremo del lado de la base de pala 22 (o viceversa) por una corriente de caldeo. Las líneas de conexión eléctricas necesarias para ello para el dispositivo de calefacción 18 no están representadas en la Figura.

La Fig. 1 muestra además un pararrayos 24 que consta de un tejido de cobre y está conformado de manera plana. Se extiende desde la base de pala del rotor 14 hasta la punta de pala del rotor 12 y ahí está unido al receptor de protección contra rayos 16. Como se muestra en la Figura, el pararrayos 24 discurre fundamentalmente de manera adyacente al dispositivo de calefacción 18, asimismo en el área del borde de ataque.

5 La Fig. 2 muestra otros detalles de una disposición posible del pararrayos 24 con respecto al dispositivo de calefacción 18 eléctrico. La pala de rotor 10 representada en la sección transversal consta de dos semicoquillas de pala de rotor, a saber, una semicoquilla de pala de rotor del lado de presión 26 y una semicoquilla de pala de rotor del lado de succión 28. Las dos semicoquillas 26, 28 están pegadas entre sí en el área del borde de salida 30 y en el  
10 área del borde de ataque 32. En conjunto forman una pared de pala del rotor 34, cuyo lado exterior determina el perfil aerodinámico de la pala de rotor 10. Entre las dos semicoquillas 26, 28 se encuentra además un alma 36 en forma de C en el perfil, la cual forma una parte de la estructura de soporte de la pala de rotor 10.

15 La Fig. 2 muestra una sección transversal a través de la pala de rotor 10 dentro de una sección longitudinal determinada en la que el pararrayos 24 está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción 18 en la manera de acuerdo con la invención. El dispositivo de calefacción 18 consta de varios elementos de calefacción de un material de fibra de carbono, a saber, de un elemento de calefacción del lado de succión 48 y de un elemento de calefacción del lado de presión 50. Los dos elementos de calefacción 48, 50 se solapan en el área del borde de ataque 32. En el  
20 área del solapamiento puede estar dispuesta una capa aislante con la que se aíslan eléctricamente entre sí las esteras de calefacción.

Para aclarar la disposición especial, en la Fig. 2 está marcado un círculo exterior 38 que rodea completamente el dispositivo de calefacción 18, es decir, los dos elementos de calefacción 48, 50, con un radio mínimo. Este círculo exterior 38 sirve para medir la extensión del dispositivo de calefacción 18 dentro de la sección transversal  
25 considerada. Presenta un radio de círculo exterior 40 definido. Como aclara la Figura, la distancia entre cualquier punto del dispositivo de calefacción 18 y el pararrayos 24 es menor que el del radio del círculo exterior 40. Esto está marcado a modo de ejemplo para el punto 44 del dispositivo de calefacción 18, que se encuentra a una distancia 46 del punto más cercano del pararrayos 24.

30 El dispositivo de calefacción 18 eléctrico está conformado de manera plana y pegado al lado exterior de la pared de pala del rotor 34. Los elementos de calefacción 48, 50 constan de un material de fibra de carbono con un grosor de, por ejemplo, 1 mm o menos. Los elementos de calefacción 48, 50 eléctricos de este tipo también se denominan esteras de calefacción.

35 El pararrayos 24 está conformado de manera plana y consta de un tejido de cobre. En la Figura, el tejido está indicado de manera simplificada únicamente por una línea discontinua.

40 El otro ejemplo de realización de la Fig. 3 se diferencia de aquel de la Fig. 2 en la conformación del pararrayos 24. Este consta de una pluralidad de conductores individuales 42 que, en el ejemplo, constan de alambres de cobre con una sección transversal de aproximadamente un milímetro cuadrado. Sin embargo, la sección transversal de los alambres de cobre también puede ser mucho menor. Los conductores individuales 42 están dispuestos en una superficie en el lado interior de la pared de pala del rotor 34 y distanciados entre sí. Además, el ejemplo muestra un dispositivo de calefacción 18 que solo consta de una estera de calefacción.

45 La Fig. 4 muestra otro ejemplo de realización con un dispositivo de calefacción 18 que consta de una estera de calefacción. Al contrario que los ejemplos de realización anteriores, el pararrayos 24 no está conformado de manera plana, sino que está presente en forma de un conductor de cobre convencional con sección transversal fundamentalmente circular. También son posibles otras geometrías de sección transversal, por ejemplo, disposiciones concentradas de cordones flexibles de cobre individuales como en el caso de un cable. El  
50 pararrayos 24 «concentrado» está dispuesto en el centro del círculo exterior 38 alrededor del dispositivo de calefacción 18. Como ilustra la Figura mediante las distancias 46 marcadas para tres puntos del dispositivo de calefacción 18, en el caso de esta disposición, la distancia entre el dispositivo de calefacción 18 y el pararrayos 24 no es en ningún lugar mayor que el radio de círculo exterior 40, de manera que se cumple el criterio de acuerdo con la invención para un acoplamiento magnético suficiente.

55 Lista de las referencias utilizadas

- 10 Pala de rotor de aerogenerador
- 12 Punta de pala del rotor
- 60 14 Base de pala del rotor
- 16 Receptor de protección contra rayos
- 18 Dispositivo de calefacción
- 20 Extremo del lado de la punta de pala del dispositivo de calefacción
- 22 Extremo del lado de la base de pala del dispositivo de calefacción
- 65 24 Pararrayos
- 26 Semicoquilla de pala de rotor del lado de presión

## ES 2 626 287 T3

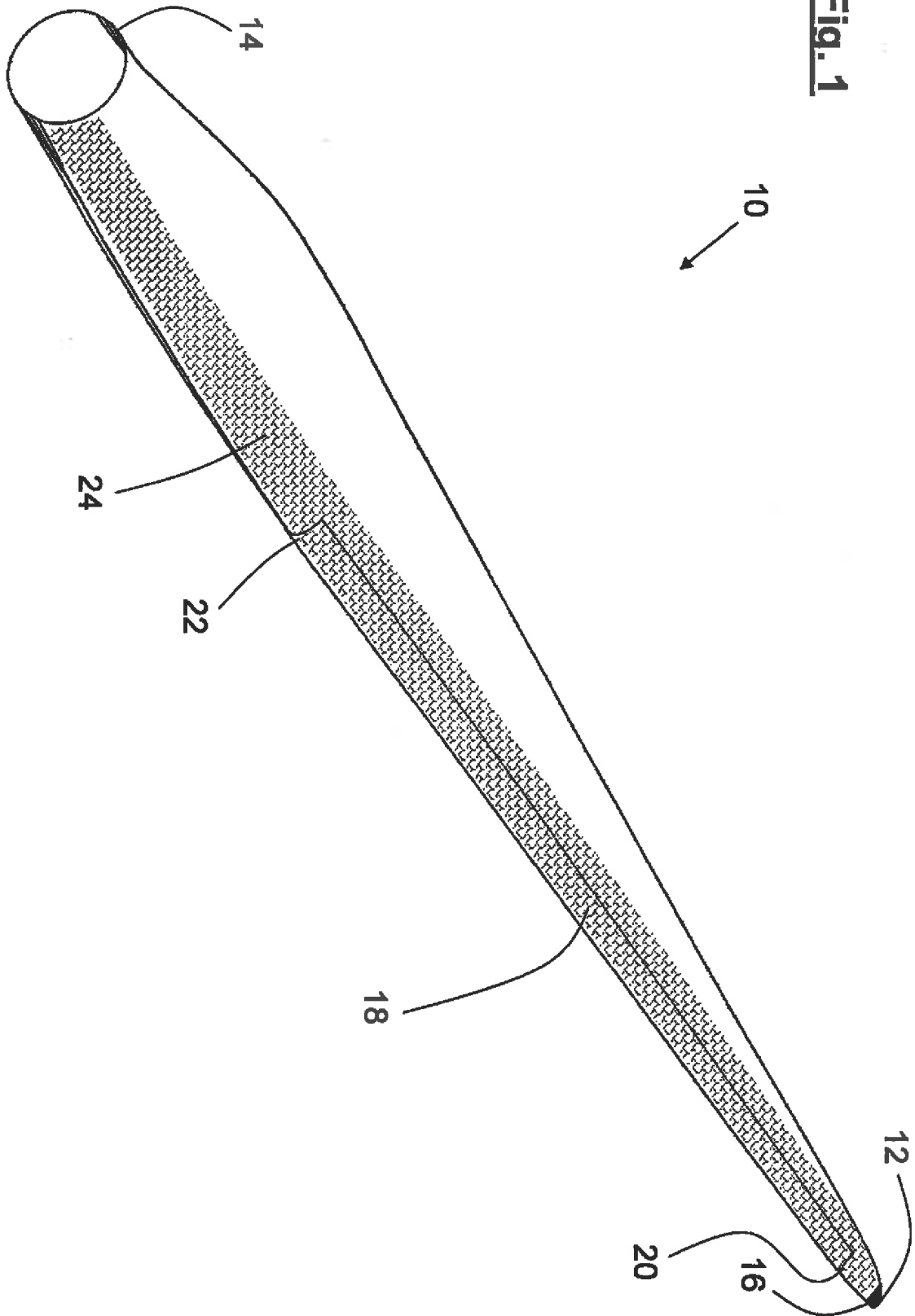
- 28 Semicoquilla de pala de rotor del lado de succión
- 30 Borde de salida
- 32 Borde de ataque
- 34 Pared de pala del rotor
- 5 36 Alma
- 38 Círculo exterior
- 40 Radio del círculo exterior
- 42 Conductor individual
- 44 Punto sobre el dispositivo de calefacción
- 10 46 Distancia hasta el punto más cercano del pararrayos
- 48 Elemento de calefacción del lado de succión
- 50 Elemento de calefacción del lado de presión



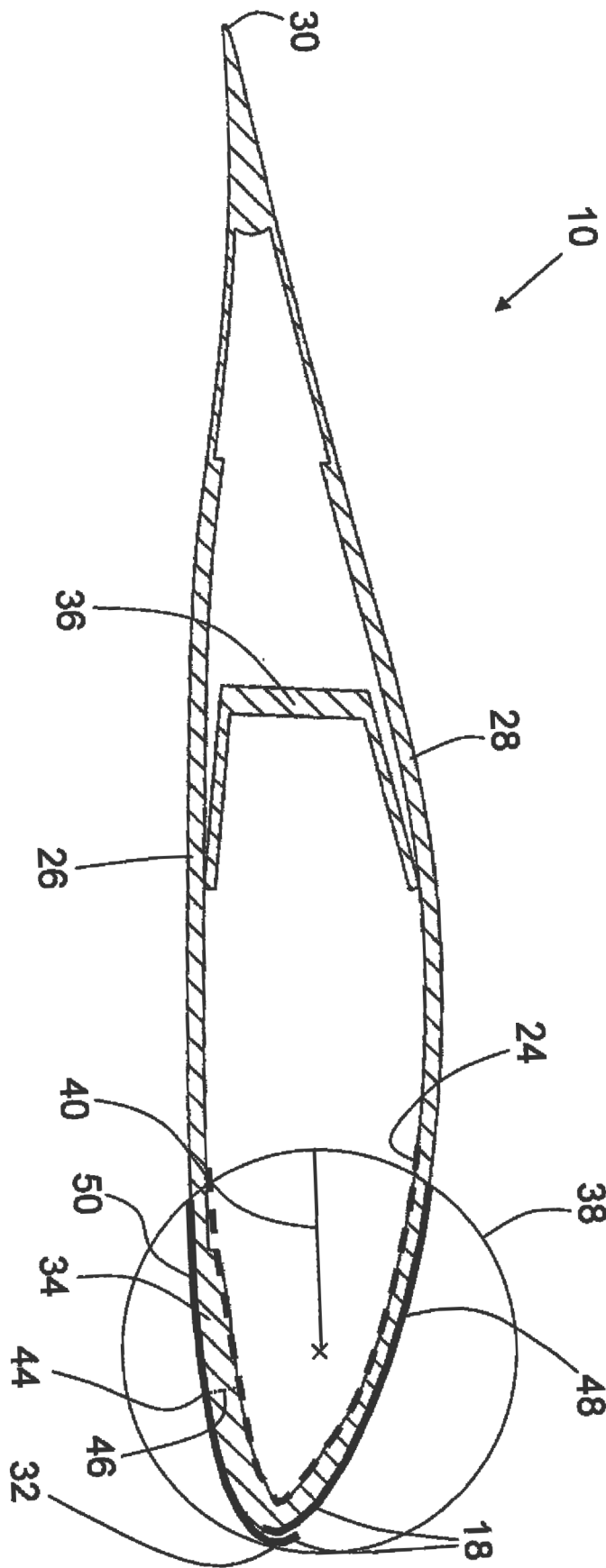
**REIVINDICACIONES**

1. Pala de rotor de aerogenerador (10) con
  - 5 • un dispositivo de calefacción (18) plano y eléctrico que está dispuesto en un lado exterior de una pared de pala del rotor (34) y presenta un extremo del lado de la punta de pala (20) y un extremo del lado de la base de pala (22) y está conformado para que pase una corriente de caldeo eléctrica, estando definido en cada sección transversal por el dispositivo de calefacción (18) un círculo exterior (38) que rodea completamente el dispositivo de calefacción (18) con un radio mínimo y presenta un radio del círculo exterior (40), y
  - 10 • un pararrayos (24) que está unido a un receptor de protección contra rayos (16) en el área de una punta de pala del rotor (12) y está configurado para desviar la corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección contra rayos (16) hacia una base de pala del rotor (14), caracterizada por que
  - 15 • el pararrayos (24) está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción (18) de manera que en cada una de las secciones transversales dentro de una sección longitudinal del dispositivo de calefacción (18), para cada punto del dispositivo de calefacción (18), la distancia entre este punto y un punto más cercano del pararrayos (24) no es mayor que el radio del círculo exterior (40).
2. Pala de rotor de aerogenerador (10) según la reivindicación 1, caracterizada por que el pararrayos (24) está dispuesto con respecto al dispositivo de calefacción (18) de manera que en cada una de las secciones transversales dentro de la sección longitudinal, para cada punto del pararrayos (24), la distancia entre este punto y un punto más cercano del dispositivo de calefacción (18) no es mayor que el radio del círculo exterior (40).
3. Pala de rotor de aerogenerador (10) según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que el pararrayos (24) se encuentra dentro del círculo exterior (38) que rodea el dispositivo de calefacción (18).
4. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el pararrayos (24) está configurado de manera plana.
5. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que el pararrayos (24) presenta una pluralidad de conductores individuales (42) que están dispuestos en una superficie.
6. Pala de rotor de aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que el pararrayos (24) presenta una distancia uniforme desde el dispositivo de calefacción (18) en cada una de las secciones transversales dentro de la sección longitudinal.
7. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que entre el dispositivo de calefacción (18) y el pararrayos (24) está dispuesto un material eléctricamente aislante.
8. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que el pararrayos (24) está dispuesto en un lado interior de una pared de pala del rotor (34).
9. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por que el pararrayos (24) está laminado en una pared de pala del rotor (34).
10. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que el pararrayos (24) está unido de manera eléctricamente conductora al extremo del lado de la punta de pala (20) del dispositivo de calefacción (18).
11. Pala de rotor de aerogenerador (10) según la reivindicación 10, caracterizada por que el pararrayos (24) está configurado para guiar la corriente de caldeo para el dispositivo de calefacción (18).
12. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que el pararrayos (24) está unido al extremo del lado de la punta de pala (20) del dispositivo de calefacción (18) a través de un elemento de conexión eléctrico que está configurado para establecer una conexión eléctrica solo en caso de un relámpago.
13. Pala de rotor de aerogenerador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada por que el pararrayos (24) está unido al potencial de tierra a través de un elemento de conexión eléctrico que está configurado para establecer una conexión eléctrica solo en caso de un relámpago.

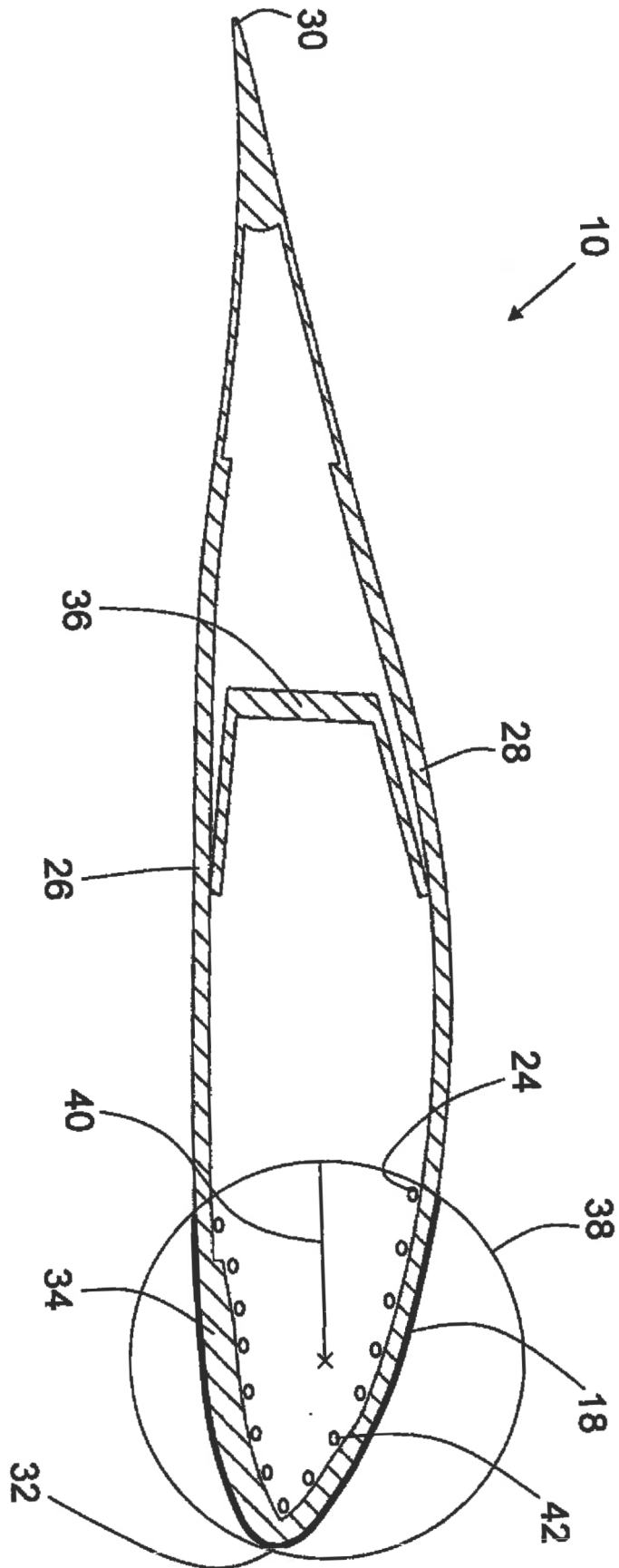
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

