

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 998**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2008 E 08007393 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015 EP 2110552**

54 Título: **Pala de turbina eólica con un conductor de rayos integrado y método para la fabricación de la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.02.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**KRISTENSEN, JENS JØRGEN ØSTERGAARD y
OLSEN, KAJ**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 557 998 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).

PALA DE TURBINA EÓLICA CON UN CONDUCTOR DE RAYOS INTEGRADO Y MÉTODO PARA LA FABRICACIÓN DE LA MISMA

DESCRIPCIÓN

- 5 La presente invención se refiere a un método para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de rayos integrado. La invención se refiere además a una pala de turbina eólica con un conductor de rayos integrado.
- Los cables conductores de rayos en palas de turbinas eólicas que están unidos sólo a la estructura de la pala en determinados puntos pueden, en cierta medida, moverse cuando la turbina está en funcionamiento. Esto puede provocar desgaste tanto a la estructura de la pala como a los propios cables conductores.
- 10 Tradicionalmente, el conductor de rayos de una pala de turbina eólica ha adoptado la forma de un hilo de metal fijado a la estructura interior de la pala. Por ejemplo, en el documento WO 2007/062659 A1 se da a conocer un sistema de protección ante rayos para una pala de turbina eólica, en el que la pala es un cuerpo de carcasa hecho de material compuesto y comprende una zona de raíz y un extremo de punta. El sistema de protección ante rayos comprende al menos un receptor de rayos dispuesto de manera que puede accederse al mismo libremente dentro
- 15 de o sobre la superficie de la unidad de carcasa sobre o dentro de las proximidades de la punta de la pala. El sistema de protección ante rayos comprende además un conductor de rayos hecho de material eléctricamente conductor que se extiende dentro del cuerpo de carcasa a lo largo de sustancialmente toda la dirección longitudinal de la pala. El receptor de rayos y el conductor de rayos están conectados eléctricamente por medio de una zona de conexión. El conductor de rayos en toda su dirección longitudinal así como la zona de conexión entre el conductor de rayos y el receptor de rayos están aislados eléctricamente con el fin de evitar que el impacto del rayo atraviese la
- 20 superficie de la pala.
- Además, en el documento EP 1 830 036 A1 se da a conocer una pala de rotor de turbina eólica con una viga laminada que se extiende a través de la pala. Además, se da a conocer un conductor de rayos en forma de tiras de cobre. Las tiras de cobre discurren a lo largo de toda la longitud de la viga y están cubiertas por capas de fibra de
- 25 vidrio y por tanto integradas en la viga laminada.
- En el documento DK 2006 00894 se ha propuesto formar un conductor de rayos de malla metálica enrollada alrededor de la pala e integrada entre las capas de fibra de vidrio o carbono. El conductor de rayos, especialmente, puede estar totalmente integrado en una carcasa de pala.
- En el documento EP 1 310 351 B1 se da a conocer un método para la fabricación de palas de molinos de viento. Este método también se denomina moldeo con transporte de resina asistido por vacío y comprende etapas que proporcionan:
- 30 - un núcleo de molde con una parte de núcleo externa flexible y una parte de núcleo interna firme o trabajable, y partes de molde exterior dispuestas para cerrarse alrededor del núcleo de molde para la formación de una cavidad de molde entre las mismas,
- 35 - que se depositen material compuesto y posibles piezas de inserción de núcleo sobre una parte de molde exterior y/o el núcleo de molde,
- que las partes de molde exterior se cierren alrededor del núcleo de molde y alrededor del material compuesto situado en la cavidad de molde,
- que el material compuesto se endurezca,
- 40 - que las partes de molde exterior se retiren, y
- que el núcleo de molde se extraiga de la pala de forma permanente antes o después de retirar las partes de molde exterior,
- que se use parte del material de matriz necesario en conexión con la fibra de refuerzo cuando se deposita el material compuesto y cuando se añade material de matriz adicional tras cerrar el molde.
- 45 El método implica el uso de materiales compuestos tales como resina epoxídica reforzada con fibra de vidrio o carbono, poliéster, éster vinílico o termoplástico. El material compuesto se deposita alrededor de un material de núcleo para la formación de la placa como una estructura intercalada, en el que el material de núcleo se usa para el vaciado y el flujo en la formación a vacío de la pala a medida que la cavidad de molde se somete a vacío mediante lo cual se evacua el aire simultáneamente presionándose los materiales compuestos y posibles piezas de inserción
- 50 de núcleo contra el lado interior de las partes de molde exterior debido a la parte de núcleo externa flexible del núcleo de molde, y en el que el material de matriz se inyecta después de la formación de la cavidad de molde mediante vacío.
- El documento WO 2007/128314 A1 describe un sistema de protección ante rayos para una pala de rotor de turbina

eólica en el que un conductor de rayos se extiende a través del interior de la pala de rotor.

5 El documento WO 00/14405 A1 describe una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de rayos que está formado por una o más tiras oblongas de plástico reforzado con fibra de carbono. Además, al menos parte de un elemento de refuerzo interior de una pala de rotor de turbina eólica puede estar hecha de plástico reforzado con fibra de carbono. Cuando la cantidad de fibras es suficientemente alta y el grosor y la anchura son suficientes para garantizar una resistencia eléctrica total baja, las fibras pueden constituir un conductor de bajada.

10 El documento EP 1 746 284 A1 describe una pala de rotor de turbina eólica con un sistema de protección ante rayos en el que se conectan dispositivos de atracción de rayos a una parte ancha de malla de aluminio o material similar que se extiende sobre una zona reforzada con fibra bajo la capa superficial de un recubrimiento de gel de la pala. La corriente del rayo se hace pasar hacia abajo a la raíz de la pala mediante la malla. La malla puede incorporarse bajo un recubrimiento de gel durante el proceso de moldeo.

15 El documento WO 2005/050808 A1 describe un elemento para igualar el potencial en una pala de rotor de turbina eólica entre diferentes elementos conductores, por ejemplo secciones de la superficie de la pala que contienen fibras de carbono. Tales elementos conductores están conectados a un cable conductor de rayos interno o externo, o a un conductor de tipo en la pared de la pala tal como una malla o lámina conductora colocada en o cerca de la superficie de la pared de la pala.

20 El documento WO 2005/071788 A2 describe un dispositivo de derivación de rayos para conducir una corriente eléctrica inducida por un rayo. El dispositivo de derivación de rayos puede aplicarse a la superficie exterior de una carcasa de pala de rotor de turbina eólica y puede conducir a un receptor que está conectado a un cable interno de la pala de rotor para conducir la corriente a tierra.

El documento WO 96/07825 A1 describe un pararrayos para palas de molinos de viento. En este documento se menciona que se conocen disposiciones de conductores de rayos en forma de láminas metálicas o hilo laminado en o fijado mediante adhesivo a una pala de rotor de turbina eólica.

25 Basándose en este método es un objetivo de la presente invención proporcionar un método ventajoso para la fabricación de una pala de turbina eólica laminada que comprende un conductor de rayos. Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica laminada ventajosa.

30 El primer objetivo se soluciona mediante un método para la fabricación de una pala de turbina eólica según la reivindicación 1. El segundo objetivo se soluciona mediante una pala de rotor de turbina eólica según la reivindicación 10. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la invención. Todas las características son ventajosas por separado y en combinación unas con otras.

35 En el método de la invención para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica la pala se forma como una estructura laminada mediante la deposición de un material compuesto de material de refuerzo con fibra y/o material de núcleo en un molde que define la forma de la pala; el vaciado del molde tras depositar el material compuesto; la introducción de un polímero líquido en el molde vaciado y la humidificación del material compuesto; el curado del polímero líquido tras haberse humidificado el material compuesto; y la retirada del molde tras el curado del polímero líquido. El método de la invención se caracteriza por integrar al menos un conductor de rayos trenzado en el material compuesto antes de humidificarlo con el polímero líquido. En el contexto de la presente invención un conductor de rayos se define como un componente eléctricamente conductor de un sistema de protección ante rayos, especialmente un componente metálico.

40 Usar un conductor trenzado permite que la resina penetre en el conductor dando como resultado una integración más apretada con el material laminado. Al mismo tiempo un conductor trenzado es más flexible que un conductor macizo.

45 El método de la invención permite la inclusión de la mayor parte del sistema de protección ante rayos dentro de la estructura laminada de la pala durante la fabricación de la estructura de la pala. Por medio del método de la invención todos los componentes metálicos del sistema de protección ante rayos puede cubrirse con un material laminado impregnado a vacío de alta calidad que forma una unión solidaria con el resto de la pala, proporcionando una protección máxima frente a impactos de rayo que se atraen a cualquier punto del sistema conductor distinto al punto previsto en el receptor.

50 Puede usarse el proceso de moldeo con transporte de resina asistido por vacío. El conductor de rayos puede integrarse durante la deposición del material compuesto sobre una parte de molde exterior y/o el núcleo de molde. El conductor de rayos puede cubrirse, por ejemplo, con fibra de vidrio que se impregnará con la resina durante el proceso de inyección con vacío. Dado que los componentes, por ejemplo metálicos, del sistema de protección ante rayos están completamente rodeados por resina no entran en contacto con el aire, y por tanto están protegidos de manera óptima frente a la corrosión.

55 El conductor de rayos como componente de un sistema de protección ante rayos puede presionarse hasta su posición final mediante la aplicación de vacío. Además, el componente puede fijarse en su posición final mediante la

infusión de resina y dejando que la resina se endurezca. Mediante esto todos los componentes del sistema se fijan firmemente en su posición y no pueden rozarse entre sí o contra otras partes de la pala y provocar de ese modo daños a sí mismos o a otras partes de la pala.

5 Ventajosamente se usa al menos un conductor de rayos plano. El conductor plano y/o trenzado puede situarse junto a una viga transversal de la pala de turbina eólica. El uso de un conductor plano tiene dos ventajas: reduce la inductancia propia del conductor y hace más fácil extraer el núcleo de molde cuando la resina se ha endurecido. Además, un conductor plano se incorpora más fácilmente en una pared laminada relativamente delgada. El uso de un conductor trenzado permite que la resina penetre en el conductor dando como resultado una integración más apretada con el material laminado. Al mismo tiempo un conductor trenzado es más flexible que un conductor macizo.

10 Un conductor plano trenzado hecho de hilo de cobre estañado puede formar la estructura principal del sistema de protección ante rayos. Este conductor de rayos principal puede situarse junto a la viga transversal de la pala esencialmente a lo largo de la línea central de la pala.

15 Por ejemplo, el conductor de rayos plano y/o trenzado puede situarse a lo largo de la línea central de la pala de turbina eólica. Situar el conductor de rayos, por ejemplo el conductor de rayos principal, esencialmente a lo largo de la línea central de la pala reduce los esfuerzos mecánicos sobre el conductor.

20 La pala de turbina eólica puede comprender una punta y un borde de salida. Al menos un bloque metálico puede situarse cerca de la punta y/o a lo largo del borde de salida cuando se deposita el material compuesto y el conductor de rayos puede conectarse al bloque metálico. Por ejemplo, puede usarse un bloque de aluminio como bloque metálico. Además, el conductor de rayos puede presionarse contra el bloque metálico por medio de una arandela cuadrada sujeta mediante pernos al bloque. El bloque metálico puede insertarse especialmente en un núcleo de borde de salida o un núcleo de punta. Puede insertarse y conectarse al conductor de rayos antes de humidificar el material compuesto con el polímero líquido.

25 Un conductor de rayos principal puede conectarse al bloque metálico ubicado cerca de la punta. Además, al menos un conductor de rayos adicional que comprende un primer extremo y un segundo extremo puede conectarse con su primer extremo al conductor de rayos principal y con su segundo extremo al bloque metálico que está situado a lo largo del borde de salida. El conductor de rayos principal y el conductor de rayos adicional pueden estar hechos, por ejemplo, de cobre estañado trenzado. Por ejemplo, el segundo extremo del conductor de rayos adicional puede presionarse contra el conductor de rayos principal por medio de una arandela cuadrada sujeta mediante pernos a la viga transversal o el segundo extremo puede doblarse alrededor del conductor de rayos principal.

30 Al menos un receptor de rayos exterior puede conectarse al bloque metálico tras haberse curado el polímero líquido y haberse retirado el molde. Los receptores de rayos exteriores pueden sujetarse especialmente mediante pernos o tornillos a bloques metálicos, por ejemplo de aluminio. Los receptores pueden sellarse contra la estructura laminada de carcasa de la pala por medio de un sellador de juntas.

El método de la invención puede comprender, por ejemplo, etapas que proporcionan:

35 - un núcleo de molde con una parte de núcleo externa flexible y una parte de núcleo interna firme o trabajable, y partes de molde exterior dispuestas para cerrarse alrededor del núcleo de molde para la formación de una cavidad de molde entre las mismas,

- que se depositen material compuesto y posibles piezas de inserción de núcleo sobre una parte de molde exterior y/o el núcleo de molde,

40 - que las partes de molde exterior se cierren alrededor del núcleo de molde y alrededor del material compuesto situado en la cavidad de molde,

45 - que el material compuesto se deposite alrededor de un material de núcleo para la formación de toda la pala como una estructura intercalada, en el que el material de núcleo se usa para el vaciado y el flujo en la formación a vacío de la pala a medida que la cavidad de molde se somete a vacío mediante lo cual se evacúa el aire simultáneamente presionándose los materiales compuestos y posibles piezas de inserción de núcleo contra el lado interior de las partes de molde exterior debido a la parte de núcleo externa flexible del núcleo de molde, y en el que el material de matriz se inyecta después de la formación de la cavidad de molde mediante vacío,

- que el material compuesto se endurezca,

- que la parte de molde exterior se retire,

50 - que el núcleo de molde se extraiga de la pala de forma permanente antes o después de retirar las partes de molde exterior,

- que se use parte del material de matriz necesario en conexión con la fibra de refuerzo cuando se deposita el material compuesto y cuando se añade material de matriz adicional tras cerrar el molde.

- La pala de rotor de turbina eólica de la invención está hecha a partir de una única estructura laminada y al menos un conductor de rayos trenzado se integra, en particular se integra firmemente, en la estructura laminada. La pala de rotor de turbina eólica de la invención puede comprender una viga transversal como parte de la estructura laminada. El conductor de rayos puede ubicarse junto a la viga transversal. Una integración firme en la estructura laminada impide que el conductor de rayos que es un componente del sistema de protección ante rayos rocen uno contra el otro o contra otras partes de la pala y de ese modo provoque daños a sí mismo o a otras partes de la pala.
- La pala puede comprender una línea central y el conductor de rayos puede estar ubicado a lo largo de la línea central. Esto reduce los esfuerzos mecánicos sobre el conductor.
- El conductor de rayos puede ser al menos parcialmente un conductor plano. El uso de un conductor plano reduce la inductancia propia del conductor y se incorpora más fácilmente en una pared laminada relativamente delgada. Además, un conductor trenzado es más flexible que un conductor macizo.
- La pala de turbina eólica puede comprender una punta y un borde de salida. Al menos un bloque metálico, que constituye una parte del sistema de protección ante rayos, puede estar ubicado cerca de la punta y/o a lo largo del borde de salida. Ventajosamente pueden ubicarse varios bloques metálicos a lo largo del borde de salida. El bloque metálico puede ser, por ejemplo, un bloque de aluminio. El conductor de rayos puede conectarse al bloque metálico. Por ejemplo, el conductor de rayos puede presionarse contra el bloque metálico por medio de una arandela cuadrada sujeta mediante pernos al bloque. Además, al menos un receptor de rayos exterior puede conectarse al bloque metálico. Ventajosamente un receptor de rayos exterior puede conectarse a cada bloque metálico, por ejemplo por medio de un tornillo.
- Además, puede estar presente al menos un conductor de rayos adicional además de un conductor de rayos principal. El conductor principal puede conectarse al bloque metálico ubicado cerca de la punta y el al menos un conductor adicional puede comprender un primer extremo y un segundo extremo. El primer extremo puede conectarse al conductor de rayos principal y el segundo extremo puede conectarse al bloque metálico que está ubicado a lo largo del borde de salida. El segundo extremo del conductor de rayos adicional puede presionarse contra el conductor de rayos principal por medio de una arandela cuadrada sujeta mediante pernos a la viga transversal, o el segundo extremo puede doblarse alrededor del conductor de rayos principal.
- Generalmente el conductor de rayos puede cubrirse con fibra de vidrio, que puede estar impregnada adicionalmente con resina.
- Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización junto con los dibujos adjuntos.
- La figura 1 muestra esquemáticamente una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la extensión longitudinal de la pala y la cuerda de la pala.
- La figura 2 muestra esquemáticamente una sección transversal a modo de cuerda a través de la sección de perfil aerodinámico de la pala de rotor.
- La figura 3 muestra esquemáticamente parte de una sección a modo de cuerda de una pala de turbina eólica de la invención en una posición que está indicada por III-III en la figura 1.
- La figura 4 muestra esquemáticamente una sección de la viga transversal de la pala de turbina eólica de la invención.
- La figura 5 muestra esquemáticamente la sección, que está indicada por B en la figura 3, en una vista ampliada.
- La figura 6 muestra esquemáticamente parte de una sección a modo de cuerda de una pala de turbina eólica de la invención en una posición que está indicada por VI-VI en la figura 1.
- La figura 7 muestra esquemáticamente la sección, que está indicada por C en la figura 6, en una vista ampliada.
- La figura 8 muestra esquemáticamente parte de una pala de turbina eólica de la invención en una vista en planta sobre el plano definido por la extensión longitudinal de la pala y la cuerda de la pala.
- La figura 9 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la sección que está indicada por D en la figura 8.
- La figura 10 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva en despiece ordenado de la sección que está indicada por D en la figura 8.
- La figura 11 muestra esquemáticamente la punta de una pala de turbina eólica de la invención en una vista en sección.
- La figura 12 muestra esquemáticamente en una vista en sección parte de las capas de un material compuesto de material de refuerzo con fibra y/o material de núcleo con un conductor de rayos en un molde.

La figura 13 muestra esquemáticamente parte de las capas en el molde humedecido con un polímero líquido en una vista en sección.

La figura 14 muestra esquemáticamente parte de las capas tras la retirada del molde después del curado del polímero líquido en una vista en sección.

5 A continuación se describirá en detalle una realización de la presente invención con referencia a las figuras 1 a 14.

La figura 1 muestra una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la extensión longitudinal de la pala y la cuerda de la pala. La figura 1 muestra una pala 1 de turbina eólica tal como se usa habitualmente en un rotor de tres palas. Sin embargo, la presente invención no deberá limitarse a palas para rotores de tres palas. De hecho, también puede implementarse en rotores con más o menos de tres palas, por ejemplo rotores de dos palas. La línea central de la pala 1 se indica mediante el número de referencia 32.

La pala 1 de rotor mostrada en la figura 1 comprende una parte 3 de raíz con un perfil cilíndrico y una punta 2. La punta forma la parte más exterior de la pala. El perfil cilíndrico de la parte 3 de raíz sirve para fijar la pala a un cojinete de un buje de rotor. La pala 1 de rotor comprende además un denominado hombro 4 que se define como la ubicación de su máxima profundidad de perfil, es decir la longitud de cuerda máxima de la pala. Entre el hombro 4 y la punta 2 se extiende una parte 5 de perfil aerodinámico que tiene un perfil conformado de manera aerodinámica. Entre el hombro 4 y la parte 3 de raíz cilíndrica, se extiende una parte 7 de transición en la que tiene lugar una transición desde el perfil aerodinámico de la parte 5 de perfil aerodinámico al perfil cilíndrico de la parte 3 de raíz.

Una sección transversal a modo de cuerda a través de la sección 5 de perfil aerodinámico de la pala de rotor se muestra en la figura 2. Su perfil aerodinámico mostrado en la figura 2 comprende un lado 13 de succión convexo y un lado 15 de presión menos convexo. La línea de trazos y puntos que se extiende desde el borde 9 de ataque de la pala hasta su borde 11 de salida muestra la cuerda del perfil. Aunque el lado 15 de presión comprende una sección 17 convexa y una sección 19 cóncava en la figura 2, también puede implementarse sin una sección cóncava en absoluto siempre que el lado 13 de succión sea más convexo que el lado 15 de presión.

El lado 13 de succión y el lado 15 de presión en la parte 5 de perfil aerodinámico también se denominarán lado de succión y lado de presión de la pala 1 de rotor, respectivamente, aunque, en el sentido estricto, la parte 3 cilíndrica de la pala 1 no muestra un lado de presión o un lado de succión.

La figura 3 muestra esquemáticamente parte de una sección a modo de cuerda de la pala 1 de turbina eólica de la invención en una posición que está indicada por III-III en la figura 1. Por ejemplo, la parte mostrada puede estar ubicada a una distancia de 27 m, medida desde la raíz 3 de pala. Esta distancia corresponde a aproximadamente el 50% de la longitud total de la pala 1. En la figura 3 se muestran el borde 11 de salida, el lado 13 de succión y el lado 15 de presión. El lado 13 de succión y el lado 15 de presión están conectados por medio de una viga 6 transversal que está ubicada dentro de la pala 1. La carcasa de la pala de rotor y la viga transversal están formadas como una única estructura laminada integrada.

Un conductor de rayos en forma de cable 28 conductor de rayos se conecta a la viga 6 transversal y continúa a lo largo de la superficie 30 interior del lado 15 de presión hasta el borde 11 de salida. Alternativamente, el cable 28 conductor de rayos puede continuar desde la viga 6 transversal a lo largo de la superficie 31 interior del lado 13 de succión hasta el borde 11 de salida. El cable 28 conductor de rayos está cubierto por una estructura 10 laminada, que puede ser por ejemplo fibra de vidrio o fibra de carbono. La fibra de vidrio o la fibra de carbono pueden estar impregnadas además con resina.

La figura 4 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la sección que está indicada por A en la figura 3. En la figura 4 pueden verse parte de la viga 6 transversal, un conductor 18 principal, un conductor 28 adicional y la estructura 10 laminada. El conductor 18 principal, que es un conductor trenzado plano, discurre a lo largo de la viga 6 transversal desde la punta 2 hasta la raíz 3 de pala de la pala 1 de turbina eólica. El conductor 28 adicional, que también es un conductor trenzado plano, se dobla alrededor del conductor 18 principal y se conecta a la viga 6 transversal. El conductor 18 principal y el conductor 28 adicional pueden estar hechos de hilo de cobre estañado. El conductor 18 principal puede situarse junto a la viga transversal de la pala 1 esencialmente a lo largo de la línea 32 central de la pala 1. El conductor 18 principal así como el conductor 28 adicional están fijados en su posición final mediante la estructura 10 laminada. Dado que los componentes metálicos del sistema de protección ante rayos, por ejemplo el conductor 18 principal y el conductor 28 adicional, están completamente rodeados por la estructura 10 laminada y/o por resina, no entran en contacto con el aire y por tanto están protegidos de manera óptima frente a la corrosión.

La figura 5 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la sección que está indicada por B en la figura 3. En la figura 5 puede verse la parte alrededor del borde 11 de salida. Dentro de la pala 1 junto al borde 11 de salida está ubicado un núcleo 22 de borde de salida seguido hacia el borde 9 de ataque por un bloque 20 de aluminio. El núcleo 22 de borde y el bloque 20 de aluminio están integrados en la estructura laminada de la pala (1). En el lado 13 de succión y en el lado 15 de presión hay receptores 16 sujetos mediante pernos al bloque 20 de aluminio. Cerca de la superficie 34 exterior del lado 15 de presión y cerca de la superficie 35 exterior del lado 13 de succión los receptores 16 se sellan contra el material de la pala por medio de un sellador 21 de juntas.

El conductor 28 adicional se presiona contra el bloque 20 de aluminio por medio de una arandela 12 cuadrada y un tornillo 14. Generalmente, el bloque 20 de aluminio puede ser, alternativamente, cualquier otro bloque metálico.

En la figura 5 los receptores 16 del lado 13 de succión y el lado 15 de presión están ubicados uno opuesto al otro y están ubicados entre la arandela 12 cuadrada y el borde 11 de salida.

5 La figura 6 muestra esquemáticamente parte de una sección a modo de cuerda de la pala 1 de turbina eólica de la invención en una posición que está indicada por VI-VI en la figura 1. Esta posición puede estar ubicada, por ejemplo, a una distancia de 36 m, medida desde la raíz 3 de pala. Esta distancia corresponde a aproximadamente el 75% de la longitud total de la pala 1. La figura 7 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la sección que está indicada por C en la figura 6. Los elementos que se muestran en las figuras 6 y 7 corresponden a los elementos que se muestran en las figuras 3 y 5 y no se describen de nuevo en detalle. Las figuras 3 y 6, así como las figuras 5 y 7, difieren principalmente unas de otras en cuanto a las dimensiones de los componentes. Además, a diferencia de la figura 5 el receptor 16, que está ubicado en el lado 13 de succión de la pala 1, está ubicado opuesto a la arandela 12 cuadrada en las figuras 6 y 7. Esta diferencia viene provocada por la disminución de tamaño del bloque 20 de aluminio.

15 La figura 8 muestra esquemáticamente parte de la pala 1 de turbina eólica de la invención en una vista en planta sobre el plano definido por la extensión longitudinal de la pala y la cuerda de la pala. Dentro de la pala 1 esencialmente a lo largo de la línea 32 central de la pala 1 está ubicado el conductor 18 principal. A lo largo del borde 11 de salida hay montados unos núcleos 22 de borde de salida dentro de la pala 1. En dos posiciones a modo de ejemplo, que pueden corresponder a las posiciones que se muestran en las figuras 3 y 6, el conductor 28 adicional se conecta al núcleo 22 de borde de salida a través de un bloque 20 de aluminio. Para conseguir esto, el conductor 28 adicional se conecta al conductor 18 principal, tal como se describe con referencia a la figura 4. El conductor 28 adicional se conecta además a un bloque 20 de aluminio, que no se muestra en la figura 8 pero que se conecta al núcleo 22 de borde de salida. El conductor 28 adicional está rodeado por una estructura 23 laminada.

20 De manera adicional a las dos posiciones a modo de ejemplo, que pueden corresponder a las posiciones que se muestran en las figuras 3 y 6, es decir el 50% y el 75% de la longitud total de la pala 1 medida desde la raíz 3 de pala, también en una tercera posición que corresponde a aproximadamente el 87,5% de la longitud total de la pala 1 medida desde la raíz 3 de pala un conductor 28 adicional puede estar conectado al núcleo 22 de borde de salida a través de un bloque 20 de aluminio.

25 La figura 9 muestra esquemáticamente una vista ampliada de la sección que está indicada por D en la figura 8. Se muestra el conductor 28 adicional que está rodeado al menos parcialmente por una estructura 23 laminada y que se conecta a un bloque 20 de aluminio. El bloque 20 de aluminio se conecta al núcleo 22 de borde de salida.

30 La figura 10 muestra la sección de la figura 9 en una vista en perspectiva en despiece ordenado. De nuevo, el conductor adicional, que es un conductor de cobre trenzado plano, está cubierto por una estructura 23 laminada. El conductor 28 adicional se presiona contra el bloque 20 de aluminio por medio de una arandela 12 cuadrada y un tornillo 14. Además, el bloque 20 de aluminio está insertado en el núcleo 22 de borde de salida.

35 La figura 11 muestra esquemáticamente la parte alrededor de la punta 2 de la pala 1 de turbina eólica en una vista en sección. Dentro de la punta 2 está ubicado un núcleo 25 de punta seguido hacia la raíz 3 de pala por un bloque 20 de aluminio. El material básico de la pala 1 de turbina eólica tiene una estructura 29 laminada de carcasa. El conductor 18 principal del sistema de protección ante rayos se presiona contra el bloque 20 de aluminio por medio de una arandela 12 cuadrada y un tornillo 14. El conductor 18 principal discurre a lo largo de la superficie 36 interior hacia la raíz 3 de pala. El conductor 18 principal está cubierto por fibra de vidrio y se integra en la estructura 29 laminada. Junto al bloque 20 de aluminio hacia la raíz 3 de pala también se integra una rampa 24 de madera en la estructura 29 laminada. La rampa 24 de madera está ubicada entre el conductor 18 principal y la superficie 37 exterior de la pala 1. Junto a la rampa 24 de madera hacia la raíz 3 de pala se integra un material 27 separador en la estructura 29 laminada de carcasa. Por ejemplo, el material 27 separador puede estar hecho de madera, por ejemplo madera de balsa, C flex, espuma Noryl o cualquier otro material adecuado. El material 27 separador también se ubica entre el conductor 18 principal y la superficie 37 exterior de la pala 1.

40 Opuesto al borde en el que está integrado el conductor 18 principal también está integrado el material 27 separador en la estructura 29 laminada de carcasa de la pala 1. Entre la parte en la que está integrado el material 27 separador y la parte en la que está ubicado el bloque 20 de aluminio se sitúa una pequeña parte, en la que la resina 26 epoxídica se integra en la estructura 29 laminada de carcasa. La resina 26 epoxídica se ubica junto al material 27 separador.

Además dos receptores 16 se sujetan mediante pernos al bloque 20 de aluminio desde la superficie 37 exterior. Los receptores 16 se sellan contra la estructura 29 laminada de carcasa por medio de un sellador 21 de juntas.

55 Durante la deposición, que ventajosamente se realiza mediante moldeo con transporte de resina asistido por vacío, al menos la mayoría de los componentes del sistema de protección ante rayos se incluyen en la preforma durante la deposición. Cuando se aplica vacío estos componentes se presionan hasta sus posiciones finales, y se fijan posteriormente en estas posiciones cuando la resina se infunde y se deja endurecer. Durante la deposición, el

5 conductor 18 principal, que discurre a lo largo de toda la longitud de la pala 1, está situado junto a la viga 6 transversal y está cubierto por fibra de vidrio. Cerca de la punta 2 de la pala 1 está situado un bloque 20 de aluminio. Este bloque 20 forma una base de montaje para los receptores 16 de rayos externos. El conductor 18 principal se presiona contra este bloque 20 por medio de una arandela 12 cuadrada sujeta mediante pernos al bloque 20 de aluminio. Todos estos elementos se cubren posteriormente con vidrio y este vidrio se impregna con resina durante el proceso de inyección con vacío.

10 A lo largo del borde 11 de salida de la pala 1 están situados varios bloques 20 de aluminio adicionales como bases de montaje para los receptores 16 de rayos externos. Conductores 28 adicionales de cobre estañado trenzado conectan el conductor 18 principal a estos bloques 20 de aluminio. Un extremo de cada conductor 28 trenzado de cobre se presiona contra un bloque 20 de aluminio por medio de una arandela 12 cuadrada sujeta mediante pernos al bloque 20 de aluminio. El otro extremo puede fijarse de dos maneras. O bien se presiona contra el conductor 18 principal por medio de una arandela cuadrada sujeta mediante pernos a la viga 6 transversal, o bien se dobla alrededor del conductor 18 principal y se cubre mediante fibra de vidrio. Cuando se aplica vacío, la fibra, el conductor 28 trenzado de cobre y el conductor 18 principal se presionan entre sí y de este modo se establece un buen contacto eléctrico entre la tira 28 de cobre y el conductor 18 principal. El conductor 18 principal, el conductor 28 trenzado de cobre adicional y los bloques 20 de aluminio con arandelas 12 cuadradas y pernos 14 están todos incluidos en la preforma y por tanto quedan fijados dentro de la estructura 10, 29 laminada de la pala 1. Dado que los componentes metálicos del sistema de protección ante rayos están completamente rodeados por la estructura laminada y/o resina no entran en contacto con el aire y por tanto están protegidos de manera óptima frente a la corrosión. Además, todos los componentes del sistema están fijados firmemente en su posición y no pueden rozar unos contra otros o contra otras partes de la pala 1. Esto evita un posible daño de estos componentes u otras partes de la pala 1.

A continuación se describirá el método de la invención para la fabricación de una pala 1 de rotor de turbina eólica en el que la pala 1 se forma como una estructura laminada con referencia a las figuras 12 a 14.

25 La figura 12 muestra esquemáticamente en una vista en sección parte de las capas de un material compuesto de material de refuerzo con fibra y/o material de núcleo con un conductor de rayos en un molde. Las capas 39, 40 de material compuesto de material de refuerzo con fibra y/o material de núcleo se depositan en un molde 38 que define la forma de la pala 1. Un conductor 18, 28 de rayos se deposita sobre la capa 40 y se cubre con al menos una capa 41 de material compuesto. En lugar de las dos capas 39, 40 mostradas, también pueden usarse más o menos capas.

Tras depositar el material compuesto se vacía el molde 38. Se introduce un polímero 42 líquido en el molde 38 vaciado y se humedece el material compuesto con el polímero 42 líquido. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 13. El polímero líquido penetra en las capas 39, 40, 41. Tras haberse humedecido el material compuesto, el polímero 42 líquido se cura y el molde 38 se retira después del curado del polímero 42 líquido.

35 La figura 14 muestra esquemáticamente las capas 39, 40, 41 tras la retirada del molde 38 después del curado del polímero 42 líquido en una vista en sección. El conductor 18, 28 de rayos se integra firmemente en la estructura laminada resultante.

REIVINDICACIONES

1. Método para la fabricación de una pala (1) de rotor de turbina eólica en el que la pala (1) se forma como una estructura (10, 23, 29) laminada mediante
 - la deposición de un material compuesto de material de refuerzo con fibra y/o material de núcleo en un molde que define la forma de la pala (1);
 - el vaciado del molde tras depositar el material compuesto;
 - la introducción de un polímero líquido en el molde vaciado y la humidificación del material compuesto;
 - el curado del polímero líquido tras haberse humidificado el material compuesto; y
 - la retirada del molde tras el curado del polímero líquido;
- 5 que integra al menos un conductor (18, 28) de rayos en el material compuesto antes de humidificarlo con el polímero líquido, caracterizado porque se usa al menos un conductor (18, 28) de rayos trenzado.
- 10
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el conductor (18, 28) de rayos se integra durante la deposición del material compuesto sobre una parte de molde exterior y/o un núcleo de molde.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el conductor (18, 28) de rayos está cubierto por fibra (10) de vidrio.
- 15
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se usa al menos un conductor (18, 28) de rayos plano.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el conductor plano y/o trenzado se sitúa junto a una viga (6) transversal de la pala (1) de turbina eólica.
- 20
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado porque el conductor (18, 28) de rayos plano y/o trenzado se sitúa a lo largo de la línea (32) central de la pala (1) de turbina eólica.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la pala (1) de turbina eólica comprende una punta (2) y un borde (11) de salida, y al menos un bloque (20) metálico se sitúa cerca de la punta (2) y/o a lo largo del borde (11) de salida cuando se deposita el material compuesto y el conductor (18, 28) de rayos se conecta al bloque (20) metálico.
- 25
8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque un conductor (18) de rayos principal se conecta al bloque (20) metálico ubicado cerca de la punta (2) y al menos un conductor (28) de rayos adicional que comprende un primer extremo y un segundo extremo se conecta con su primer extremo al conductor (18) principal y con su segundo extremo al bloque (20) metálico que se sitúa a lo largo del borde (11) de salida.
- 30
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque al menos un receptor (16) de rayos exterior se conecta al bloque (20) metálico tras haberse curado el polímero líquido y haberse retirado el molde.
10. Pala (1) de rotor de turbina eólica hecha a partir de una única estructura laminada, en la que al menos un conductor (18, 28) de rayos está integrado en la estructura (10, 23, 29) laminada, caracterizada porque el conductor (18, 28) de rayos es al menos parcialmente un conductor trenzado.
- 35
11. Pala (1) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 10, caracterizada porque comprende una viga (6) transversal como parte de la estructura (10, 23, 29) laminada y el conductor (18, 28) de rayos está ubicado junto a la viga (6) transversal.
12. Pala (1) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 10 u 11, caracterizada porque el conductor (18, 28) de rayos es al menos parcialmente un conductor plano.
- 40
13. Pala (1) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizada porque la pala (1) de turbina eólica comprende una punta (2) y un borde (11) de salida, al menos un bloque (20) metálico está ubicado cerca de la punta (2) y/o a lo largo del borde (11) de salida, y el conductor (18, 28) de rayos está conectado al bloque (20) metálico.
- 45
14. Pala (1) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 13, caracterizada porque al menos un receptor (16) de rayos exterior está conectado al bloque (20) metálico.
15. Pala (1) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizada porque está presente al menos un conductor (28) de rayos adicional además de un conductor (18) de rayos principal.

16. Pala (1) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 15 junto con la reivindicación 13, caracterizada porque el conductor (18) de rayos principal está conectado al bloque (20) metálico ubicado cerca de la punta (2) y porque el al menos un conductor (28) de rayos adicional comprende un primer extremo y un segundo extremo, en la que el primer extremo está conectado al conductor (18) de rayos principal y el segundo extremo está conectado al bloque (20) metálico que está ubicado a lo largo del borde (11) de salida.
- 5
17. Pala (1) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 16, caracterizada porque el segundo extremo del conductor (28) de rayos adicional está presionado contra el conductor (18) de rayos principal por medio de una arandela (12) cuadrada sujeta mediante pernos a la viga (6) transversal o el segundo extremo está doblado alrededor del conductor (18) de rayos principal.
- 10

FIG 1

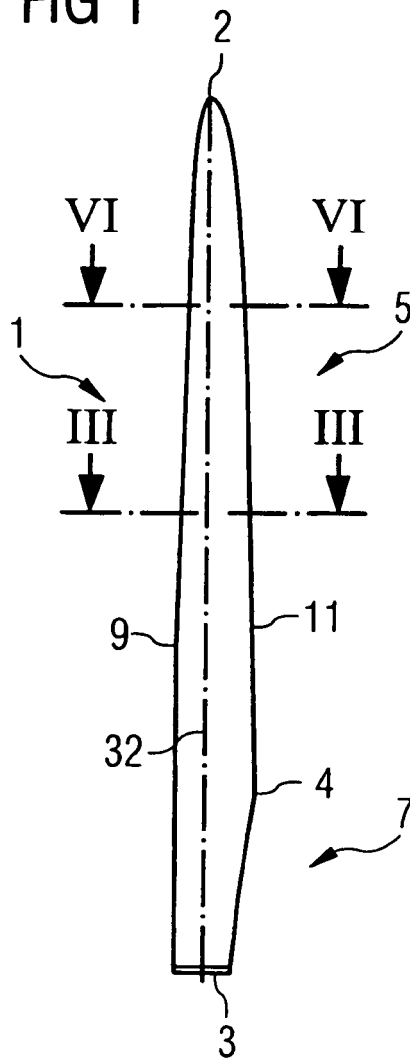
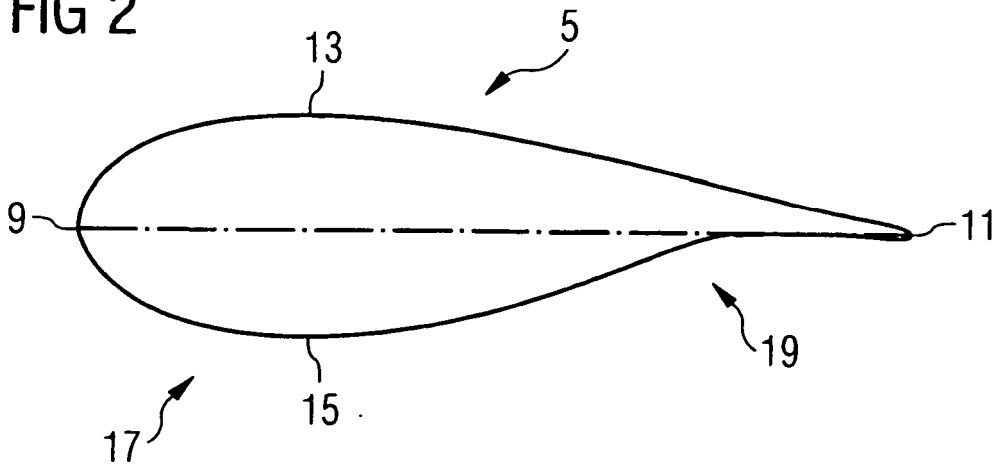


FIG 2



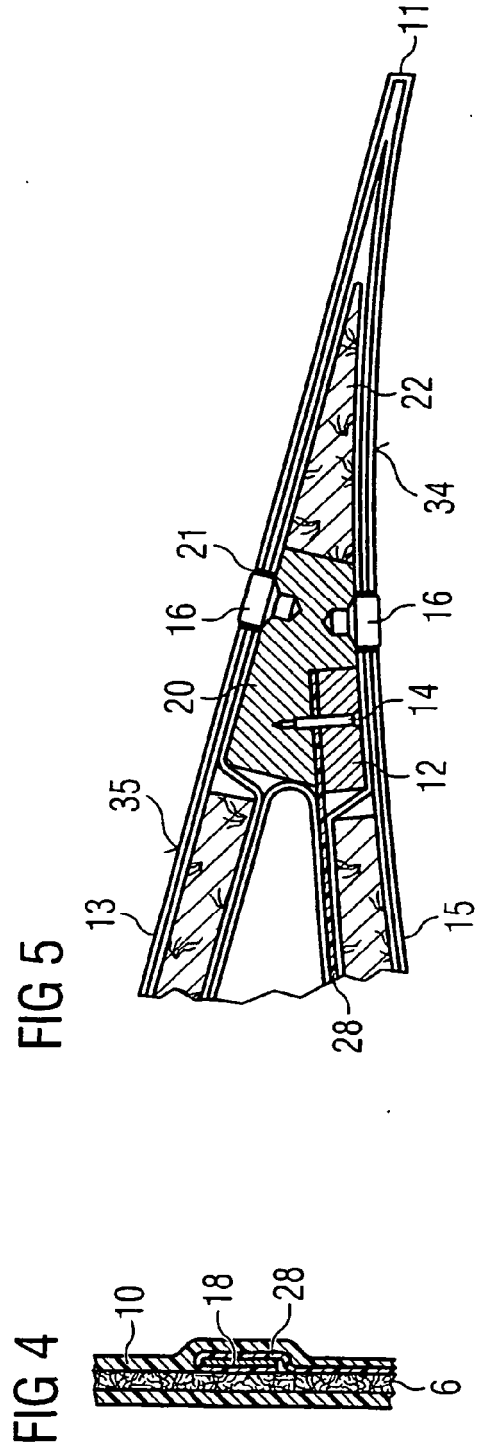
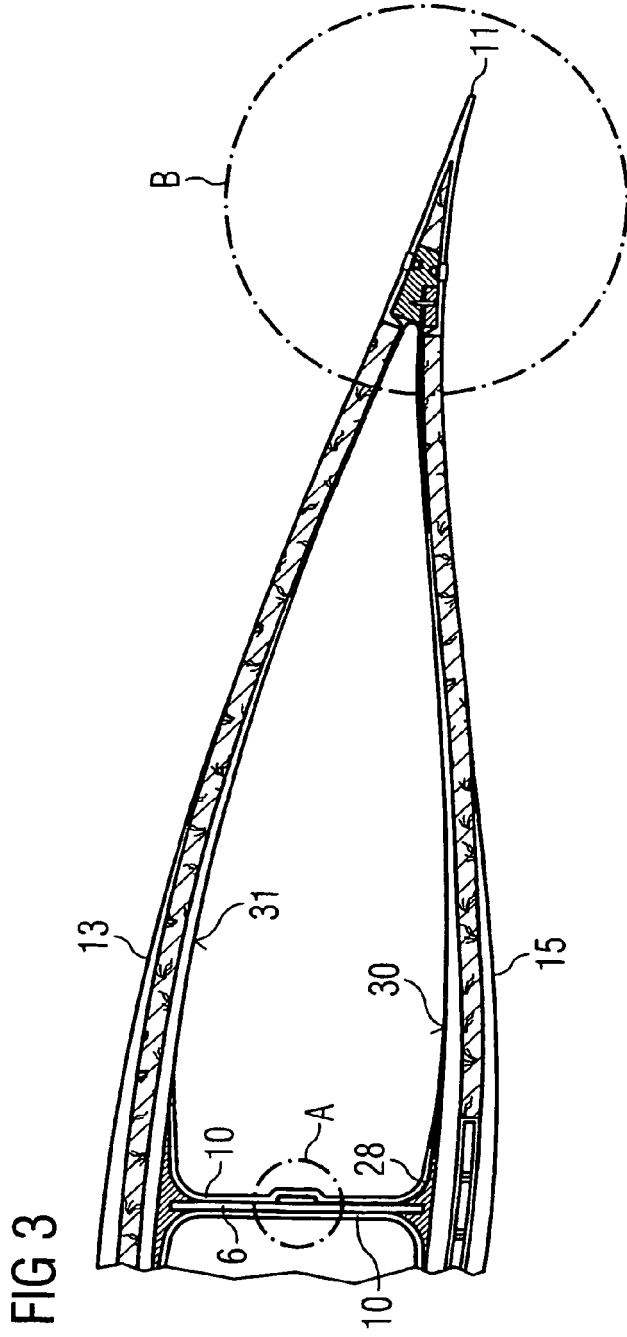


FIG 6

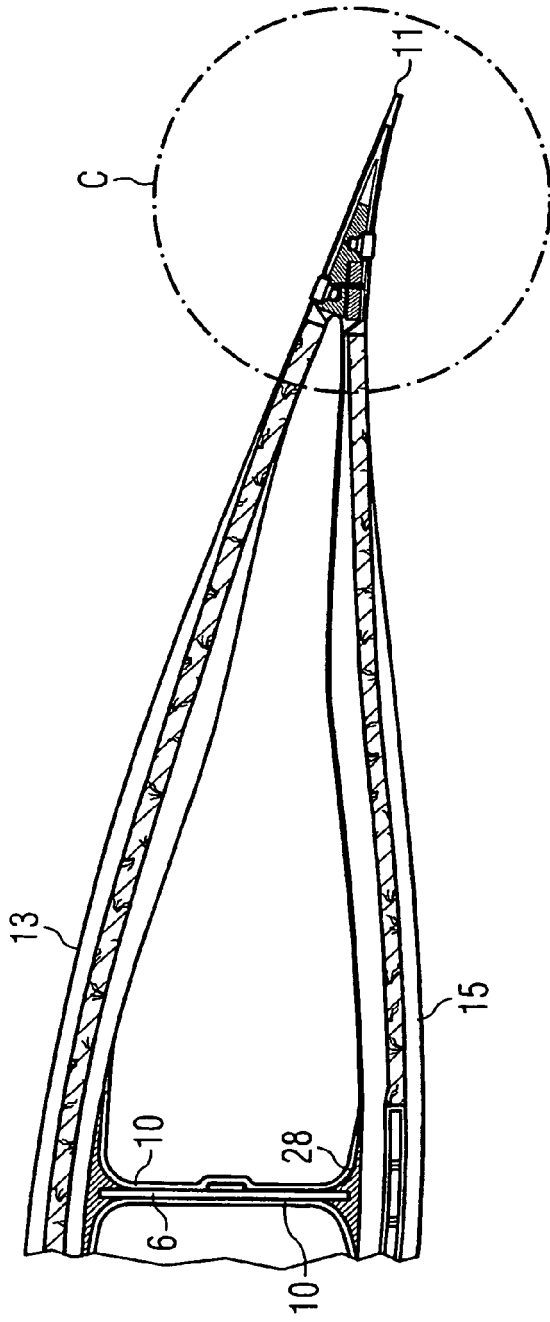


FIG 7

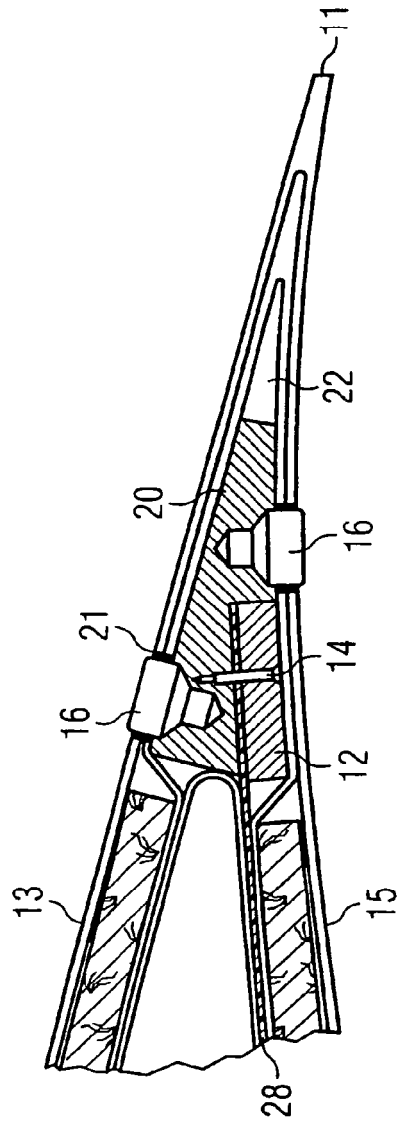
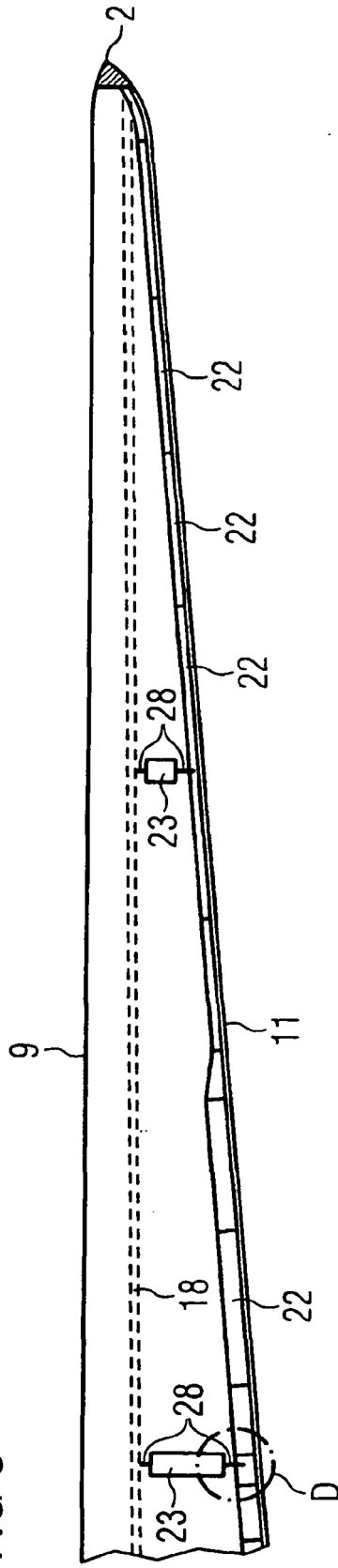


FIG 8



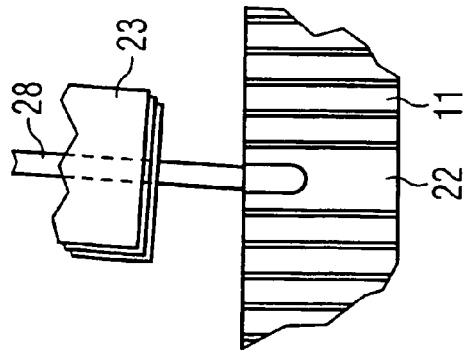


FIG 9

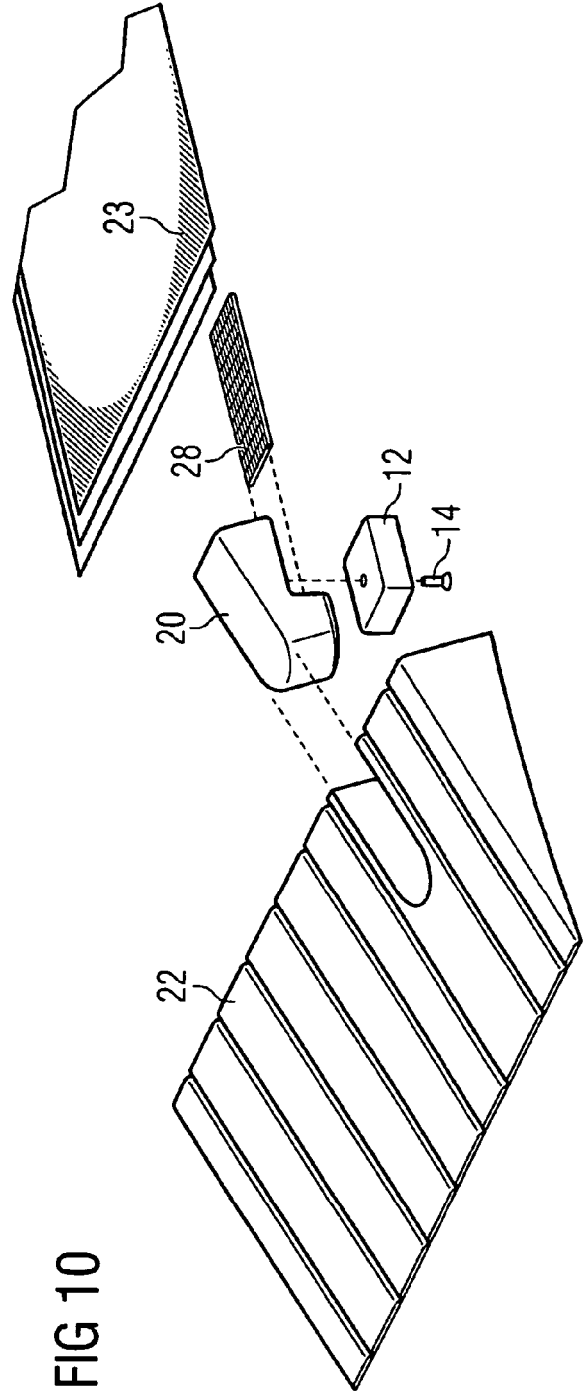


FIG 10

FIG 11

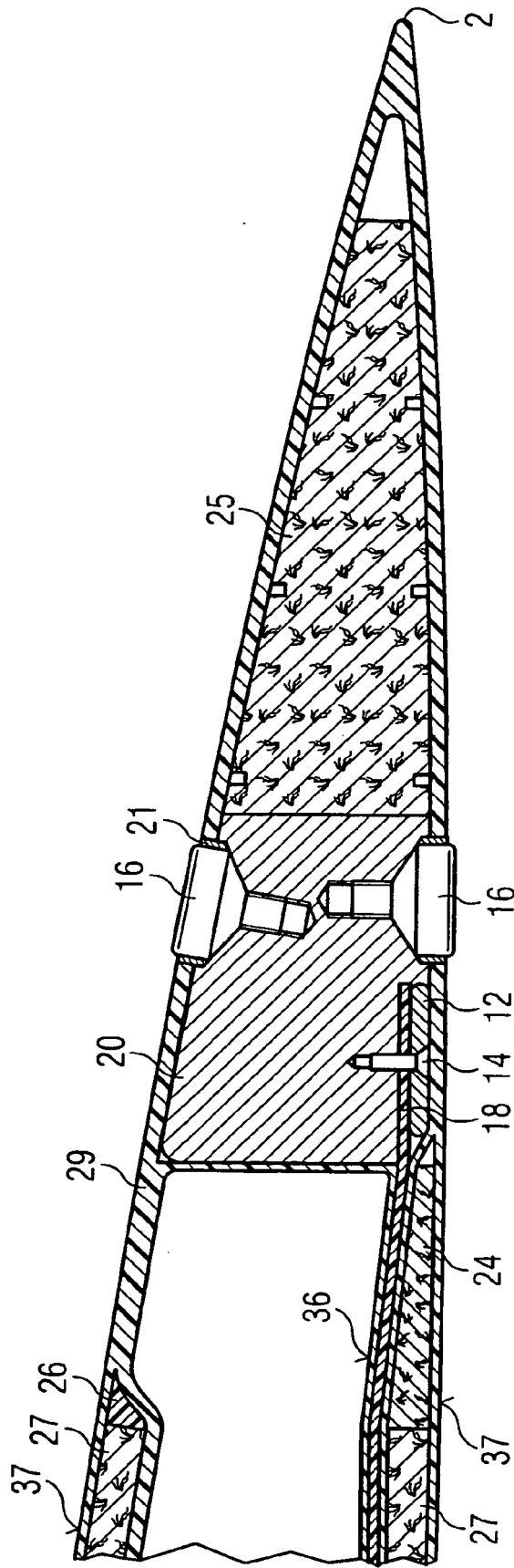


FIG 12

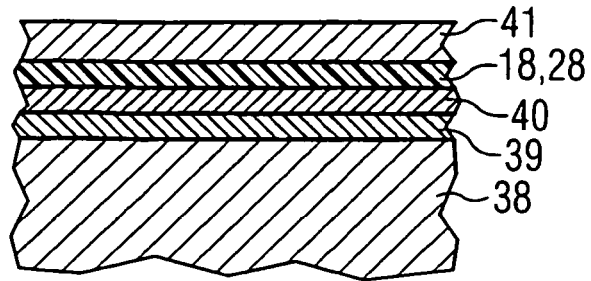


FIG 13

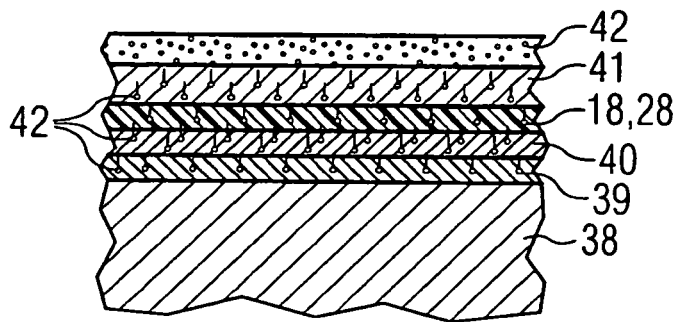


FIG 14

