

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 319**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2003** **E 03747843 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014** **EP 1668246**

54 Título: **Sistema de protección frente a rayos para pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.01.2015**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 44**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**HIBBARD, PAUL y**  
**CHRISTIANSEN, CLAUS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 527 319 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**

Sistema de protección frente a rayos para pala de turbina eólica

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere a una pala de una turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 1, a una turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 25, a un método para proporcionar medios receptores de rayos a una pala de una turbina eólica y al uso de los mismos.

**Descripción de la técnica relacionada**

10 Normalmente, las turbinas eólicas se construyen en zonas con condiciones de mucho viento tales como zonas rurales que comprenden sólo unos pocos obstáculos altos por ejemplo árboles o edificaciones. Sin embargo, las turbinas eólicas se construyen con torres y palas de rotor cada vez más altas con el fin de hacer el uso más eficiente del viento y, siendo las turbinas eólicas los objetos más altos en una zona, por tanto la protección de las turbinas eólicas frente a impactos de rayo es una necesidad.

15 Un sistema de protección frente a rayos bien conocido para una turbina eólica implica un receptor de rayos en la punta de cada pala de rotor con el fin de captar el impacto de rayo. El rayo se descarga a un potencial de tierra por medio de un conductor de bajada dentro de la pala y conductores de bajada en la góndola y la torre. Con el fin de transmitir la descarga desde el conductor de bajada de la pala giratoria al conductor de bajada de la góndola estacionaria, la corriente de descarga se conduce a través del árbol de pala de rotor a la góndola. La góndola comprende medios, por ejemplo anillos deslizantes, que están conectados al árbol y por tanto permiten eliminar la corriente del árbol y transmitirla al conductor de bajada de la góndola.

20 Se han sugerido sistemas pararrayos con medios aparentemente mejorados para captar la descarga.

25 Un ejemplo se da a conocer en la solicitud de patente europea n.º 1 154 537 en la que las palas de turbina eólica están montadas con receptores de rayos. Los receptores son capuchones hechos de aluminio que están conectados a perfiles de aluminio en el borde de salida de la pala. Los receptores están hechos de película de aluminio o un material de aluminio similarmente delgado con el fin de mantener un peso reducido. Otro ejemplo se da a conocer en el documento DE 4436 197 A1.

La funcionalidad del sistema pararrayos incluye el hecho de que es más probable que el rayo impacte en la superficie más grande de los capuchones debido a la menor resistencia hacia el potencial de tierra. La corriente de la descarga se dirige posteriormente a través del perfil de aluminio a un potencial de tierra.

30 Un problema con el sistema de protección frente a rayos de la solicitud de patente europea es el hecho de que la energía del rayo genera un calor considerable que da como resultado un daño de la sección de la pala de turbina eólica colocada bajo el capuchón. El daño puede resultar ser grietas u orificios en la superficie de fibra de vidrio.

Un problema adicional es el hecho de que la energía del rayo vaporiza el aluminio en la posición del impacto dando como resultado una reducción en la fiabilidad de la protección frente a rayos.

35 Uno de los objetivos de la invención es establecer un receptor de rayos para turbinas eólicas sin la desventaja mencionada anteriormente.

Especialmente, es un objetivo de la invención crear un receptor que pueda sufrir numerosos impactos de rayo sin requerir de inspección o mantenimiento de la pala de turbina eólica y el receptor.

Además, es un objetivo de la invención establecer un receptor de rayos para turbinas eólicas que sea fácil de integrar e instalar en una pala de turbina eólica.

**40 La invención**

La invención se refiere a una pala de turbina eólica según la reivindicación 1 que comprende medios de protección frente a rayos en la que al menos una sección de la punta de dicha pala está hecha de metal macizo y se incluye como parte de dichos medios de protección frente a rayos.

45 De este modo, se obtiene una pala de turbina eólica que puede sufrir numerosos impactos de rayo en las secciones de metal macizo de la punta de pala sin requerir de inspección o mantenimiento de la pala de turbina eólica. Especialmente, el aumento de temperatura en el metal macizo y la punta de pala como tal será inferior que con la técnica anterior ya que el calor puede depositarse más fácilmente en los alrededores.

50 El metal macizo con menor resistencia garantizará que incluso en los peores escenarios posibles, el metal sólo sufrirá un daño menor sin efecto alguno sobre la funcionalidad de la turbina eólica y los medios de protección frente a rayos. El metal macizo también facilita conectar de manera más firme el conductor de bajada de descargas al receptor de rayos. La menor resistencia en el receptor de rayos y en la conexión del receptor al conductor de bajada

de descargas garantiza que la corriente de descarga también deposite menos calor en la punta de la pala de turbina eólica.

La frase “sección de la punta... hecha de metal macizo” ha de entenderse como una sección en la que las tres dimensiones (longitud, anchura y grosor) son en cierta medida más que despreciables.

- 5 En un aspecto de la invención, dicha punta de pala está hecha de metal. De este modo, es posible que la punta de pala completa forme parte del sistema de protección frente a rayos. Además, la punta de pala puede soportar fácilmente el aumento de temperatura sin requerir posteriormente de inspección o mantenimiento.

10 En un aspecto adicional de la invención, dicho metal comprende una aleación de metal. La aleación de metal comprende una resistencia a la corrosión excelente al agua y especialmente al agua salada. Además, presenta una resistencia a la erosión excelente, erosión en forma de viento, lluvia y polvo.

En otro aspecto de la invención, dicho metal comprende una aleación de cobre, tal como  $\text{CuSn}_{10}\text{Zn}_2$  (bronce RG10) o  $\text{CuSn}_5\text{Zn}_5\text{Pb}_5$  (bronce LG2). De este modo, es posible conseguir una buena conductividad eléctrica, tal como el 13,8% IACS (conductividad relativa al cobre).

15 Además, es posible conseguir una alta temperatura de fusión de 850°C. La temperatura de fusión es el factor predominante en las tasas de retirada de material durante un impacto de rayo.

En un aspecto de la invención, dicha al menos una sección hecha de metal macizo incluye las partes iniciales curvadas o dobladas de los bordes de ataque y/o de salida según se observa desde el punto superior. Es más probable que el rayo impacte en estas partes y ventajosamente las partes se sujetan firmemente con secciones de metal macizo.

20 En otro aspecto de la invención, la longitud de dicha al menos una sección hecha de metal macizo está por debajo del 1% de la longitud de pala total y preferiblemente entre el 0,1% y el 0,5% de la longitud de pala total. Puesto que las secciones de la punta de pala están hechas de metal macizo, el peso es un factor a tener en cuenta y por tanto la longitud de la punta de pala tiene que ser lo más pequeña posible sin perder la capacidad de interceptar impactos de rayo. Puesto que el rayo impacta a menudo en las partes curvadas o dobladas de los bordes de ataque y/o de salida resulta ventajoso que la punta de pala tenga una longitud que se extienda más allá de estas partes de la pala de turbina eólica.

25 En un aspecto adicional de la invención, dicha punta de pala está montada con barras de conexión en una abertura en la parte superior de la pala de turbina eólica. De este modo, es posible permitir variaciones entre palas por ejemplo usando un número diferente de barras o barras de diferentes tamaños.

30 La conexión con un número de barras también garantiza una conexión duradera lo que es muy importante en vista de las fuerzas a las que hace frente la pala de turbina eólica. Particularmente, el peso de la punta de pala exige una conexión duradera.

35 En otro aspecto adicional de la invención, dichas barras de conexión están hechas de un material no conductor, tal como fibra de vidrio por ejemplo barras de fibra de vidrio fabricadas por pultrusión. De este modo, se garantiza que el rayo no impactará en la zona de conexión entre la punta de pala y la pala de turbina eólica.

También es posible conseguir una buena rigidez a la flexión y a la tracción. Las barras de conexión pueden unirse tanto a la punta de metal como a la pala de fibra de vidrio usando un adhesivo estructural y pueden adaptarse a la pala específica por ejemplo mediante lijado o pulido de las barras antes de la unión.

40 Además, el uso de barras de fibra de vidrio garantiza que se obtiene una alta resistencia mecánica con un peso relativamente bajo. Adicionalmente, la conexión entre superficies de fibra de vidrio de la pala y las barras es ventajosa debido a las similares características del material tales como la resistencia mecánica del material.

En un aspecto adicional de la invención, la punta de pala se pinta por ejemplo de color blanco o gris. La punta se pinta con el fin de minimizar la absorción térmica de calor procedente del sol por el metal de la punta. Al pintar la punta de blanco la cantidad de radiación solar que se absorberá se reduce de manera significativa.

45 En un aspecto de la invención, la punta de pala es una parte que incluye una abertura de conexión para el conductor de bajada de descargas y al menos un orificio de montaje para dichas barras de conexión. De este modo, se consigue una construcción sencilla y fuerte de la pala de turbina eólica.

50 En otro aspecto de la invención, la punta de pala comprende una parte de punta externa y una parte de punta interna. De este modo, es posible conectar las partes de punta interna y externa a la pala de turbina eólica en acciones separadas lo que simplificará el proceso de montaje de la punta de pala. Por tanto, se mejora la seguridad frente a fallos de conexión.

En un aspecto de la invención, dicha punta de pala comprende una parte de punta externa y una parte de punta interna con lo que la punta interna puede montarse en la pala de turbina eólica antes que la punta externa. Esto

hace más sencillo el montaje, por ejemplo al conectar el conductor de bajada de descargas a la punta de pala, y menos pesado para la persona que realiza el proceso.

En un aspecto de la invención, dicha parte de punta externa define el contorno de la punta de pala.

5 En un aspecto de la invención, la parte inferior de dicha parte de punta externa comprende una muesca que corresponde sustancialmente a la forma de dicha parte de punta interna y proporciona una zona de sujeción para dicha parte de punta interna. De este modo, es posible deslizar fácilmente la parte de punta externa hacia abajo sobre la parte de punta interna después de haberse montado en la pala de turbina eólica.

10 En un aspecto de la invención, dicha parte de punta interna comprende una zona de conexión para el conductor de bajada de descargas y al menos un orificio de montaje para dichas barras de conexión. De este modo, es posible establecer fácilmente una conexión duradera entre la parte de punta interna y la pala de turbina eólica.

15 En un aspecto de la invención, dicha zona de conexión comprende además medios de retención para el conductor de bajada de descargas, tal como un bloque de retención. De este modo, es posible establecer una conexión duradera entre la parte de punta interna y el conductor de bajada de descargas. Particularmente, el uso de una zona que comprende varias ranuras separadas garantiza que el conductor se retiene en una posición que implica menos tensiones por ejemplo debido a la torsión o la flexión del conductor.

En un aspecto de la invención, dicha punta de pala es una parte que incluye una abertura de conexión para el conductor de bajada de descargas. De este modo, se consigue una construcción más sencilla de la punta de pala.

20 En un aspecto de la invención, dicha punta de pala de una parte comprende al menos un orificio de montaje para dichas barras de conexión o pernos de montaje. De este modo, se consigue una conexión duradera entre la punta de pala y la pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicha punta de pala comprende dos mitades divididas desde el borde de entrada hasta el borde de salida de la pala de turbina eólica. De este modo, se consigue una punta de pala que es particularmente fácil de colocar alrededor de los medios de conexión y de montar posteriormente en la pala.

25 En otra realización los medios de conexión se montan en la abertura de la pala de turbina eólica y las mitades se montan posteriormente en los medios de conexión y el conductor de bajada de descargas.

En un aspecto de la invención, superficies internas de dichas mitades de punta de pala comprenden mitades de orificio mediante las cuales pueden retenerse de manera duradera y uniforme los medios de conexión y el conductor de bajada de descargas forzando las mitades una hacia la otra.

30 En otro aspecto de la invención, dichas mitades de orificio definen aberturas para barras de conexión y un conductor de bajada de descargas.

En otro aspecto de la invención, dicha punta de pala pesa al menos 5 kilogramos y habitualmente más de 10 kilogramos, tal como aproximadamente 12 kilogramos con una pala de turbina eólica de 32 metros. De este modo, se consigue una relación ventajosa entre peso (garantizando buenas y continuas calidades del receptor de rayos) y fuerzas introducidas en la punta de pala (soportadas por la conexión a la pala de turbina eólica).

35 En un aspecto adicional de la invención, un extremo de dicho conductor de bajada de descargas (10) se asocia con un conector de conductor, tal como una clavija para conductor que se corresponde en cuanto a forma con al menos una abertura (14) en la punta de pala. De este modo, se consigue una mejora de la conexión a la punta de pala y por tanto una reducción en la resistencia de la conexión.

40 La invención también se refiere a una turbina eólica según la reivindicación 21 en la que al menos una sección de cada punta de dicha al menos una pala de turbina eólica está hecha de metal macizo y se incluye como parte de dichos medios de protección frente a rayos.

De este modo, se consigue una turbina eólica con medios de protección frente a rayos mejorados por ejemplo en su capacidad para sufrir numerosos impactos de rayo sin requerir de inspección o mantenimiento de las palas de turbina eólica y el receptor de rayos.

#### 45 Figuras

A continuación se describirá la invención con referencia a las figuras en las que

la figura 1 ilustra una gran turbina eólica moderna con tres palas de turbina eólica,

la figura 2 ilustra una pala de turbina eólica con una punta de pala según la invención,

la figura 3 ilustra la conexión del conductor de bajada a la punta de pala según la invención,

50 la figura 4 ilustra una realización preferida de una parte de punta externa de la punta de pala,

la figura 5 ilustra una realización preferida de la parte de punta interna de la punta de pala,

las figuras 6a y 6b ilustran la realización preferida de la parte de punta externa vista desde un lateral y la parte inferior, respectivamente,

las figuras 7a a 7e ilustran la realización preferida de la parte de punta interna en varias vistas diferentes,

5 la figura 8 ilustra diferentes vistas en sección transversal de la parte de punta externa,

la figura 9 ilustra diferentes vistas en sección transversal de la parte de punta interna,

la figura 10 ilustra la parte de punta interna montada en la zona de sujeción de la parte de punta externa,

la figura 11 ilustra otra realización de la punta de pala según la invención,

la figura 12 ilustra una realización adicional de la punta de pala según la invención, y

10 la figura 13 ilustra otra realización adicional de la punta de pala según la invención.

### Descripción detallada

La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna con una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 colocada encima de la torre. El rotor de turbina eólica, que comprende tres palas de turbina eólica 5, está conectado a la góndola a través del árbol de baja velocidad que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola. En el extremo opuesto de las palas de turbina eólica se extienden las puntas 6.

15 Tal como se ilustra en la figura, un viento más allá de un determinado nivel activará el rotor debido a la sustentación inducida sobre las palas y le permitirá girar en una dirección perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte a energía eléctrica, que se suministra a la red de servicio.

La figura 2 ilustra una pala de turbina eólica con una punta de pala según la invención colocada adyacente a la pala. La pala de turbina eólica puede ser cualquier tipo de pala normal, tal como una pala de turbina eólica hecha de un material compuesto por ejemplo fibra de vidrio.

La punta de pala casi corresponde, en tamaño y forma, a la punta normal de una pala de turbina eólica e incluye al menos una sección hecha de metal macizo. Además, la punta de pala se incluye como parte de los medios de protección frente a rayos de la turbina eólica.

25 La punta de pala también se ilustra con cuatro barras de conexión que se montan en el interior de aberturas de la punta de pala. Las barras están hechas preferiblemente de un material no conductor, tal como fibra de vidrio por ejemplo barras de fibra de vidrio fabricadas por pultrusión.

Las barras se ilustran con diferentes diámetros donde el diámetro de barra se corresponde con el grosor de la pala de turbina eólica en la posición de la barra, una posición de pala más gruesa igual a una barra más gruesa. Los diámetros de las barras pueden seleccionarse preferiblemente en el intervalo de entre 5 y 50 milímetros, tal como 10, 20 ó 30 milímetros.

La longitud de las barras puede variarse según la carga que experimentan las diferentes barras en su posición. La longitud de la barra puede extenderse preferiblemente desde 150 hasta 800 milímetros introduciéndose entre 40 y 200 milímetros de la barra en las aberturas de la punta de pala e introduciéndose entre 110 y 600 milímetros de la barra en la abertura de pala.

35 El número de barras también puede variarse según la anchura de la pala de turbina eólica en el lugar de montaje para la punta de pala por ejemplo entre 3 y 6 barras, tal como 4 ó 5 barras.

Los datos preferidos de las barras coinciden especialmente con una pala de turbina eólica de 32 metros convencional. Palas más pequeñas o más grandes pueden requerir de un cambio de los datos. Sin embargo, las realizaciones ilustradas de una punta de pala con secciones de metal macizo pesan más de 5 kilogramos y habitualmente más de 10 kilogramos, tal como 12 kilogramos para la pala de turbina eólica convencional mencionada.

La pala se ilustra con una terminación sin una punta de pala pudiendo haberse fabricado la pala de este modo o haberse retirado la punta de pala normal tras la fabricación de la pala. Adicionalmente, la retirada puede formar parte de un proceso de instalación posterior en palas de turbina eólica que ya se han usado y se han desmontado de la turbina eólica en cuestión. Por ejemplo, la retirada puede realizarse con una amoladora angular o una herramienta de corte similar.

La punta de pala que falta deja una abertura en la parte superior de la pala. La superficie interior de la abertura en la pala se limpia, se desengrasa, se amuela y/o desgasta por rozamiento con el fin de establecer una superficie limpia y accesible.

- Además, el interior de la pala se sella por debajo y por los lados de la extensión de las barras de conexión con el fin de definir un volumen por ejemplo llenando con espuma de PVC o trozos de espuma de PVC el interior en el lugar deseado. El volumen se llena posteriormente con material adhesivo fuerte, tal como cola epoxídica de uno o dos componentes. La cola epoxídica puede sujetar la punta de pala al resto de la pala de turbina eólica uniendo la superficie interior de la pala a las barras. El material adhesivo también se usa para unir las barras a la punta de pala.
- Preferiblemente, la punta de pala está hecha ligeramente más pequeña en la parte inferior que la pala de turbina eólica permitiendo que la punta de pala se introduzca ligeramente en la abertura de la pala. Tras la unión entre la punta de pala y el resto de la pala de turbina eólica, se realiza un trabajo de acabado en la punta de pala y la zona de conexión. El trabajo de acabado también incluye el pintado final de la punta de pala y la zona de conexión.
- La punta de pala según la invención también se conecta al conductor de bajada de descargas de la pala de turbina eólica y por tanto al potencial de tierra.
- La figura 2 también ilustra una sección ampliada que incluye la pala de turbina eólica y la parte superior de la pala de turbina eólica. La pala de turbina eólica y la punta de pala comprenden una cuerda  $c$ , un grosor  $t$  y una relación  $t/c$  para cualquier posición dada de la pala. La relación  $t/c$  de la punta de pala está habitualmente entre el 0 y el 14% (en el punto superior y la conexión de pala, respectivamente).
- Además la punta de la pala de turbina eólica se define de manera general como la parte de la pala de turbina eólica en la que los bordes de entrada y de salida abandonan una dirección sustancialmente recta y empiezan a doblarse hacia el punto superior de la pala de turbina eólica.
- La figura 3 ilustra la conexión del conductor de bajada de descargas 10 a la punta de pala 6 según la invención. Además, se ilustra que la punta de pala está dividida en dos partes; una parte de punta interna 13 y una parte de punta externa 15. La parte de punta interna está integrada en la parte de punta externa en la parte inferior de la parte de punta externa.
- El conductor de bajada de descargas se ilustra como un conductor introducido en la punta de pala en una zona de conexión 14 para el conductor. La zona de conexión se establece como tres ranuras en el interior de la superficie de la parte de punta interna en la que cada ranura puede recibir el conductor que se extiende hacia fuera de la abertura de pala. El conductor está equipado con un conector de conductor por ejemplo una clavija para cable de metal que se asocia en el extremo de extensión. El extremo de extensión con el conector se sitúa en la ranura que de manera más favorable es para el conductor.
- La retención del conductor en la zona de conexión 14 se obtiene forzando un bloque plano 24 hacia abajo sobre el conductor 10. El tamaño del bloque corresponde a la zona de conexión 14 para el conductor de bajada de descargas de las ranuras y se fuerza contra el conductor apretando los pernos que penetran en el bloque y la parte de punta interna.
- El conductor es preferiblemente de metal, un hilo o cable de cobre o aluminio trenzado, tal como un cable de cobre recubierto de estaño, de diámetros entre 50 y 120 mm<sup>2</sup>.
- La figura 4 ilustra una realización preferida de una parte de punta externa 15 de la punta de pala.
- La parte de punta externa comprende el borde de ataque 11a y el borde de salida 11b que terminan en el punto superior 18 de la punta de pala y la pala de turbina eólica. Especialmente el borde de salida 11b realiza al final una curva pronunciada con el fin de coincidir con el punto superior desde las curvas anteriores sustancialmente rectas de los bordes de la pala de turbina eólica.
- Las superficies 19 de la punta de pala que incluyen el punto superior y los bordes de ataque y de salida forman la zona activa del receptor de rayos.
- En la parte inferior de la parte de punta externa se ilustra la zona de sujeción vacía 16 para la parte de punta interna. La zona de sujeción comprende una forma simétrica de seis lados (no ilustrada en esta figura). Los lados alrededor de la zona de sujeción comprenden un número correspondiente de orificios de montaje 17a, 17b. Tras la colocación de la parte de punta interna en la zona de sujeción 16 se montan pernos en los orificios con el fin de sujetar la parte de punta interna.
- La figura 5 ilustra una realización preferida de la parte de punta interna 13 de la punta de pala.
- La parte de punta interna tiene una forma de seis lados que corresponde sustancialmente a la forma de la zona de sujeción 16 de la parte de punta externa 15. Además, los orificios de montaje 22 en la parte de punta interna se corresponden con los orificios de montaje 17a, 17b de la parte de punta externa en posición y número.
- La parte de punta interna también comprende una hendidura de montaje 21 en un lado que permite comprimir el lado durante el proceso de montaje de la parte de punta interna en el interior de la zona de sujeción de la parte de punta externa. La hendidura de montaje de la parte de punta interna garantiza un encaje a presión entre la parte de punta interna y la parte de punta externa tras el montaje.

La parte de punta interna comprende además cuatro orificios 20a-20d para las barras de conexión. Los orificios atraviesan la parte de punta interna y tienen diferentes diámetros que corresponden a las diferentes barras.

5 Finalmente, la parte de punta interna comprende la zona de conexión 14 con las tres ranuras para el conductor de bajada de descargas. Las ranuras se extienden desde la parte frontal a la parte trasera de la parte de punta interna. Las dos paredes entre las tres ranuras comprenden orificios 23 que permiten la sujeción firme del conductor forzando un bloque plano 24 hacia abajo sobre el conductor e introduciendo pernos a través de los orificios en el bloque plano y las paredes.

En otra realización, la zona de conexión 14, tras la colocación del conductor de bajada en la ranura, puede llenarse con soldadura de estaño o un material de unión conductor de la electricidad similar.

10 La punta interna y la punta externa están hechas preferiblemente de la misma aleación de metal con el fin de evitar la corrosión galvánica entre metales no similares puestos en contacto eléctrico. El metal puede ser cobre o una aleación de cobre, tal como  $\text{CuSn}_{10}\text{Zn}_2$  (bronce RG10),  $\text{CuSn}_5\text{Zn}_5\text{Pb}_5$  (bronce LG2) o latón. Sin embargo, pueden usarse otros metales o aleaciones de metales que comprendan las características de material relevantes tales como bronce de manganeso o aluminio o aleaciones de manganeso y aluminio similares.

15 La parte de punta interna y la parte de punta externa pueden realizarse preferiblemente usando una técnica de moldeo, tal como moldeo en arena.

Las figuras 6a y 6b ilustran la realización preferida de la parte de punta externa 15 vista desde un lateral y la parte inferior, respectivamente.

20 Las vistas esbozan especialmente el contorno de la zona de sujeción 16 para la parte de punta interna y las curvas de los bordes de ataque y de salida hacia el punto superior de la pala de turbina eólica. Como puede observarse, la forma de la zona de sujeción corresponde a la forma de seis lados de la parte de punta interna. Además, se observa especialmente cómo el borde de salida se dobla de manera pronunciada con el fin de coincidir con el punto superior de la punta de pala y por tanto la pala de turbina eólica.

Las figuras 7a a 7e ilustran la realización preferida de la parte de punta interna en varias vistas diferentes.

25 Como se observa en las figuras 7b y 7c, las ranuras para el conductor de bajada y los orificios para las barras de conexión se extienden a través de la parte de punta interna. Además, a partir de las figuras se observa cómo la parte de punta interna tiene una forma de sección decreciente hacia la hendidura de montaje.

La figura 7d ilustra la parte de punta interna vista desde un lateral de modo que resulta evidente la forma de sección decreciente de la parte.

30 La figura 7e ilustra el bloque plano 24 que se fuerza hacia abajo sobre el conductor en la zona de conexión.

La figura 8 ilustra la parte de punta externa y varias vistas diferentes en sección transversal de la parte de punta externa.

35 La vista en sección transversal comienza con la figura 8 (A-A) que ilustra una vista en sección transversal de manera central a través de la zona de sujeción. Como puede observarse, el material de metal que rodea la zona es más grueso detrás de los bordes de ataque y de salida.

La vista en sección transversal de la figura 8 (B-B) ilustra cómo se termina la zona de sujeción hacia el punto superior de la punta de pala. Además, las secciones de metal macizo detrás de los bordes de ataque y de salida se hacen más significativas.

40 Por consiguiente, las vistas en sección transversal de la figura 8 (A-A, B-B) ilustran dos secciones macizas de la punta de pala según la invención; las secciones detrás del borde de ataque y el borde de salida, respectivamente, y delante de la zona de sujeción.

Las vistas en sección transversal de la figura 8 (C-C, D-D) ilustran también cómo la última sección de la punta de pala está hecha de material de metal macizo. Especialmente, la sección de material de metal macizo está colocada alrededor de las curvas pronunciadas de los bordes de ataque y de salida.

45 La vista en sección transversal de la figura 8 (E-E) ilustra una sección de la zona de sujeción 16 que incluye los correspondientes orificios 17a, 17b.

La figura 9 ilustra diferentes vistas en sección transversal de la parte de punta interna en la dirección transversal (H-H, A-A a C-C) y la dirección longitudinal (D-D a G-G) de la parte.

50 La figura 10 ilustra la parte de punta interna 13 montada en la zona de sujeción 16 de la parte de punta externa 15. Se ilustra que la parte de punta interna está completamente integrada en la zona de sujeción de la parte de punta externa 15. Además, se observa que los orificios de montaje 17a están listos para que el perno sujete firmemente la

parte de punta interna al resto de la punta de pala.

La figura 11 ilustra otra realización de la punta de pala según la invención. La punta de pala se ilustra como sólo una parte con perforaciones o aberturas para las barras y el conductor de bajada de descargas. Las barras se introducen en las aberturas y se sujetan firmemente por ejemplo usando cola epoxídica de uno o dos componentes, tal como se describió anteriormente en relación con la realización preferida. El extremo del conductor de bajada de descargas también se introduce en la abertura elegida y se sujeta firmemente por ejemplo estableciendo una junta mecánica. La junta mecánica puede establecerse perforando orificios desde la superficie de la punta en la abertura del conductor de bajada de descargas. Pueden atornillarse pernos contra el extremo del conductor de bajada de descargas tras introducir el extremo en la abertura. Preferiblemente las cabezas de los pernos están avellanadas y los orificios en la superficie se llenan posteriormente con material de relleno.

La punta de pala puede ser de metal macizo a excepción de las perforaciones o aberturas para las barras y el conductor de bajada por ejemplo mediante moldeo y perforación. Sin embargo, pueden perforarse aberturas adicionales junto a la abertura necesaria con el fin de retirar metal de la punta de pala. Adicionalmente, secciones macizas pueden conectarse a o rodearse con placas de metal estableciendo una construcción de punta de pala parcialmente hueca que comprende por ejemplo placas de metal soldadas a secciones macizas a lo largo de los bordes de entrada y de salida.

La figura 12 ilustra una realización adicional de la punta de pala de una parte mencionada anteriormente. La superficie de la punta de pala comprende varias ranuras 25 que se extienden verticalmente hacia la parte inferior de la punta de pala. Las ranuras entran cada vez más profundo en la superficie a medida que las ranuras se aproximan a la parte inferior de la punta de pala. Las ranuras acaban justo antes de la parte inferior lo que permite establecer un tipo de pestaña. Unos orificios para pernos 26 penetran en la pestaña y, de este modo, se establecen varios orificios en la periferia de la parte inferior 13 de la punta de pala.

A la hora de montar y sujetar firmemente la punta de pala se introducen varios pernos desde arriba a través de las ranuras y los orificios en la abertura. Los pernos pueden introducirse en una abertura llena de cola y/o atornillarse en una pared de montaje dentro de la pala. Además, los pernos pueden usarse como únicos medios de sujeción firme de la punta de pala o combinarse con barras, tal como se describió anteriormente. Las ranuras pueden llenarse con material de relleno tras sujetar firmemente la punta de pala a la pala.

La figura 13 ilustra otra realización adicional de la punta de pala según la invención. La realización comprende dos partes 28a, 28b. Cada parte es una parte de la punta de pala 6 al dividirse en la dirección desde el borde de entrada al borde de salida y las dos partes en conjunto forman la forma completa de la punta de pala. La superficie interna 30 de una parte orientada hacia la otra parte comprende varias mitades de orificio 29a, 29b estableciendo dos mitades de orificio correspondientes un orificio cuando se conectan las partes. El número de orificios o aberturas para las barras y el conductor de bajada de descargas corresponde al número de aberturas descritas en relación con la realización preferida.

Las barras se colocan en las mitades de orificio de una parte y la otra parte se sujeta firmemente sobre la parte usando pernos que se extienden a través de los orificios de montaje 17a. Las partes aprisionan las barras y el conductor de bajada de descargas cuando se aprietan los pernos y por tanto los retienen en posición. La punta de pala se sujeta firmemente a la pala tras apretar los pernos.

Las figuras 11 a 13 ilustran realizaciones de la punta de pala según la invención que difieren de algún modo de la realización de las figuras 3 a 10. Sin embargo, al menos algunas de las elecciones tales como la elección de materiales por ejemplo de la punta de pala, de cualquier barra o material adhesivo, el número de elementos y tamaños pueden ser iguales si no se menciona específicamente que son diferentes.

La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de la punta de pala así como de la pala de turbina eólica. Sin embargo, ha de entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que pueden modificarse por ejemplo en tamaño y forma. Además, ha de entenderse que especialmente la punta de pala puede diseñarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención, tal como se especifica en las reivindicaciones. Además, el modo de unir la punta de pala a la pala de turbina eólica puede alterarse así como el modo de fijar el conductor de bajada de descargas a la punta de pala.

Además, se destacará que las secciones de metal macizo pueden alterarse en número, tamaño y posición.

Finalmente, ha de destacarse que las secciones de la punta de pala según la invención pueden realizarse de otro material distinto al metal por ejemplo un material con buena capacidad para soportar altas temperaturas tales como fibras de carbono. Especialmente, la parte de punta interna puede estar hecha de otros materiales distintos a los metales o combinaciones de metales y otros materiales distintos a los metales.

## Lista

1. Turbina eólica

- 2. Torre de turbina eólica
- 3. Góndola de turbina eólica
- 4. Buje de turbina eólica
- 5. Pala de rotor de turbina eólica
- 5 6. Punta de pala de rotor
- 7. Rayo
- 8. Punta de pala o receptor de rayos
- 9. Barras de conexión
- 10. Conductor de bajada de descargas
- 10 11a, 11b. Borde de ataque y borde de salida
- 12. Potencial de tierra
- 13. Parte de punta interna
- 14. Zona de conexión para el conductor de bajada de descargas
- 15. Parte de punta externa
- 15 16. Zona de sujeción para la parte de punta interna
- 17a, 17b. Orificios de montaje en la parte de punta externa de la punta de pala o sólo la punta de pala
- 18. Punto superior de la punta de pala o receptor de rayos
- 19. Superficie de la punta de pala o receptor de rayos
- 20a-20d. Orificios para barras de conexión
- 20 21. Hendidura de montaje
- 22. Orificios de montaje en la parte de punta interna
- 23. Orificios de sujeción firme para el conductor de bajada de descargas
- 24. Bloque de sujeción firme para el conductor de bajada de descargas
- 25. Ranuras de montaje para pernos
- 25 26. Orificios de montaje para pernos
- 27. Parte inferior de la punta de pala
- 28a, 28b. Partes de punta de pala primera y segunda
- 29a, 29b. Mitades correspondientes que establecen un orificio
- 30. Superficie interna de la segunda parte de punta de pala
- 30 c. Longitud de cuerda de la pala de turbina eólica
- t. Grosor de la pala de turbina eólica
- t/c Relación en la posición de más grosor con respecto a la cuerda

**REIVINDICACIONES**

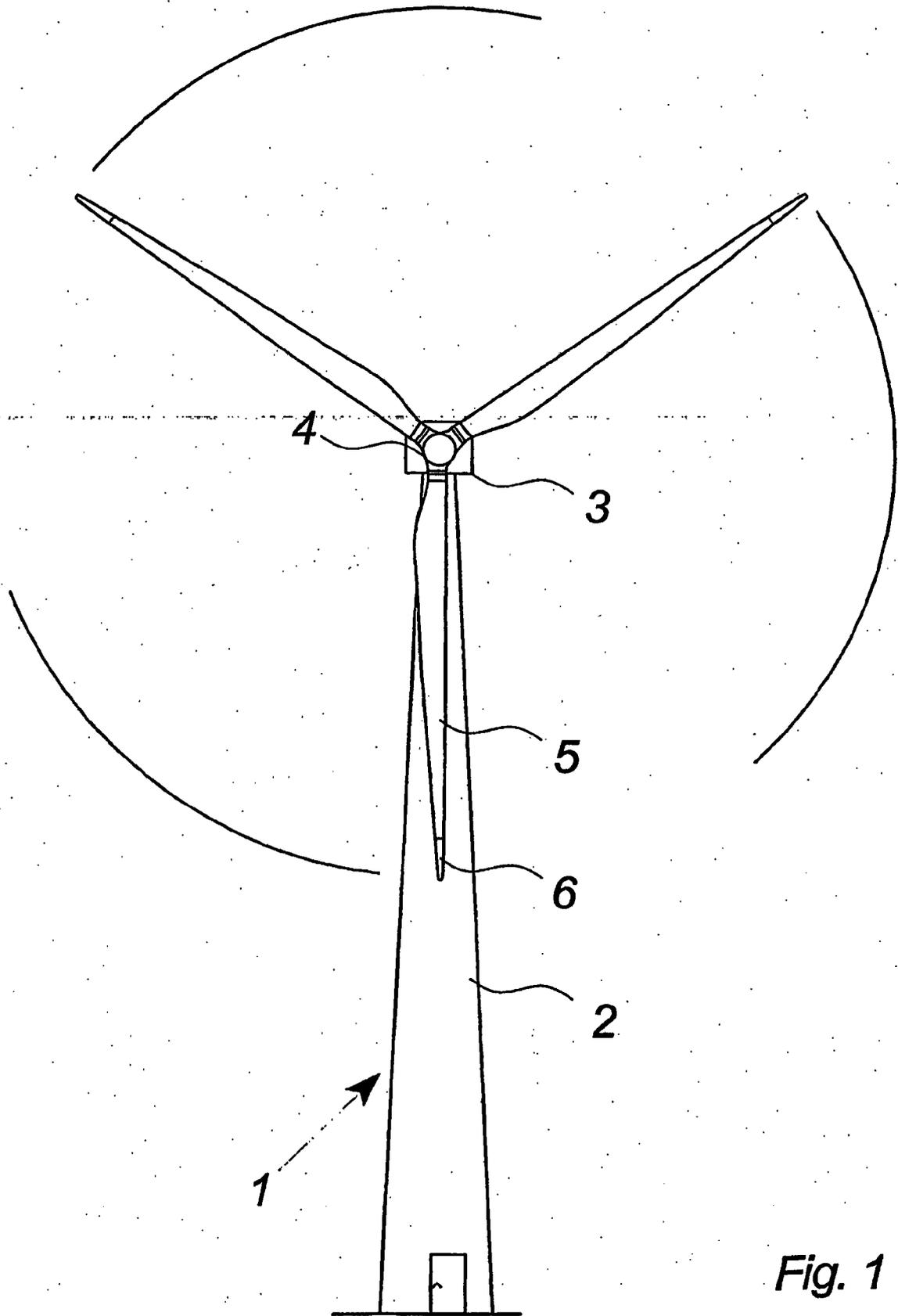
1. Pala de turbina eólica (5) que comprende medios de protección frente a rayos, en la que al menos una sección de la punta de pala (6) está hecha de metal macizo y se incluye como parte de dichos medios de protección frente a rayos (8, 10, 12), y
- 5            caracterizada por que  
la punta de pala (6) comprende una parte de punta externa (15) y una parte de punta interna (13) en la que la parte interna está integrada en la parte de punta externa.
2. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 1, caracterizada por que dicha punta de pala (6) está hecha de metal.
- 10    3. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que dicho metal comprende una aleación de metal.
4. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que dicho metal comprende una aleación de cobre, tal como  $\text{CuSn}_{10}\text{Zn}_2$  (bronce RG10),  $\text{CuSn}_5\text{Zn}_5\text{Pb}_5$  (bronce LG2) o latón, o una aleación de aluminio, tal como bronce de aluminio.
- 15    5. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que dicha al menos una sección hecha de metal macizo incluye las partes iniciales curvadas o dobladas de los bordes de ataque (11a) y/o de salida (11b) según se observa desde el punto superior (18).
6. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que dicha al menos una sección hecha de metal macizo incluye la sección o secciones detrás de los bordes de ataque (11a) y/o de salida de la punta de pala.
- 20    7. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que dicha al menos una sección hecha de metal macizo incluye todas las secciones detrás de la superficie de la punta de pala.
8. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que dicha al menos una sección hecha de metal macizo incluye las partes iniciales curvadas o dobladas de los bordes de ataque (11a), de salida (11b) y el punto superior (18) como una sección o como secciones separadas.
- 25    9. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por que la longitud de dicha al menos una sección hecha de metal macizo en la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica está por debajo del 1% de la longitud de pala total y preferiblemente entre el 0,1% y el 0,5% de la longitud de pala total.
- 30    10. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que dicha punta de pala comprende un relación grosor/cuerda inferior al 14%.
11. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que la punta de pala está pintada, por ejemplo de color blanco o gris.
- 35    12. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que dicha punta de pala (6) comprende un tamaño en la parte inferior (27) que permite el montaje con barras de conexión (9) en una abertura en la parte superior de la pala de turbina eólica.
13. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 12, caracterizada porque dichas barras de conexión (9) están hechas de un material no conductor, tal como fibra de vidrio, por ejemplo barras de fibra de vidrio fabricadas por pultrusión.
- 40    14. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 12 ó 13, caracterizada por que la longitud de dichas barras de conexión (9) oscila entre 150 y 800 milímetros, preferiblemente introduciéndose entre 40 y 200 milímetros en las aberturas de la punta de pala e introduciéndose entre 110 y 600 milímetros en la abertura de pala.
- 45    15. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizada por que los diámetros de dichas barras de conexión (9) oscilan entre 5 y 50 milímetros, tal como 10, 20 ó 30 milímetros.
16. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizada por que el número de dichas barras de conexión (9) está entre 3 y 6, tal como 4 ó 5 barras.
- 50    17. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizada por que el interior de la pala se sella con paredes de barrera de un material de espuma, tal como espuma de PVC, por debajo

y/o por los lados de la extensión de dichas barras de conexión (9).

18. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 17, caracterizada por que el volumen definido por dichas paredes de barrera se llena con un material adhesivo fuerte, tal como cola epoxídica de uno o dos componentes.
- 5 19. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizada por que dicha parte de punta externa (15) define el contorno de la punta de pala (6).
20. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, caracterizada por que la parte inferior de dicha parte de punta externa (15) comprende una muesca que corresponde sustancialmente a la forma de dicha parte de punta interna (13) y proporciona una zona de sujeción (16) para dicha parte de punta interna.
- 10 21. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizada por que dicha parte de punta interna (13) comprende una zona de conexión (14) para el conductor de bajada de descargas (10) y al menos un orificio de montaje (20a-20d) para dichas barras de conexión (9).
- 15 22. Pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 21, caracterizada por que dicha zona de conexión (14) comprende además medios de retención para el conductor de bajada de descargas, tal como un bloque de retención (24).
23. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizada por que dicha punta de pala (6) pesa al menos 5 kilogramos y habitualmente más de 10 kilogramos, tal como aproximadamente 12 kilogramos con una pala de turbina eólica de 32 metros.
- 20 24. Pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, caracterizada por que un extremo de dicho conductor de bajada de descargas (10) se asocia con un conector de conductor, tal como una clavija para conductor que se corresponde en cuanto a forma con al menos una abertura (14) en la punta de pala.
25. Turbina eólica (1) que comprende
- 25 medios estacionarios tales como una góndola (3) y una torre (2),
- medios de rotación tales como un rotor que incluye al menos una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24,
- incluyendo dichos medios estacionarios y de rotación medios de protección frente a rayos conectados a un potencial de tierra (12).
- 30 26. Turbina eólica (1) según la reivindicación 25, caracterizada porque dicha punta de pala comprende una relación grosor/cuerda inferior al 14%.
27. Método para proporcionar medios receptores de rayos a una pala de turbina eólica con medios de protección frente a rayos, comprendiendo dicho método las etapas de:
- establecer una pala de turbina eólica lista para el montaje de una punta de pala,
- 35 colocar una punta de pala que comprende una parte de punta externa y una parte de punta interna en la que la parte interna está integrada en la parte de punta externa,
- incluir al menos una sección hecha de metal macizo en la posición de punta de la pala,
- conectar dicha parte de punta interna a los medios de protección frente a rayos de la pala, y
- 40 conectar dicha punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo a la pala de turbina eólica con barras de conexión.
28. Método según la reivindicación 27, en el que dicha punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo sustituye a la punta de pala normal de una pala de turbina eólica.
29. Método según la reivindicación 27 ó 28, en el que dicha punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo se instala posteriormente en la punta de pala normal de una pala de turbina eólica.
- 45 30. Método según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 29, en el que la pala de turbina eólica lista para la punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo se establece retirando la punta de pala normal con un proceso de corte.
31. Método según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 30, en el que el interior de la pala se sella con

paredes de barrera de un material de espuma por debajo y/o por los lados de la extensión de las barras de conexión.

32. Método según la reivindicación 31, en el que el volumen definido por dichas paredes de barrera se llena con un material adhesivo fuerte, tal como cola epoxídica de uno o dos componentes.
- 5 33. Método según la reivindicación 31 ó 32, en el que las barras de conexión de dicha punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo se introducen en dicho volumen de la pala de turbina eólica.
- 10 34. Método según cualquiera de las reivindicaciones 31 a 33, en el que la parte inferior de dicha punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo también se introduce en dicho volumen de la pala de turbina eólica.
35. Método según cualquiera de las reivindicaciones 31 a 34, en el que se realiza un trabajo de acabado en la pala de turbina eólica como tal y la punta de pala se pinta, por ejemplo de color blanco o gris.
- 15 36. Uso de un método según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 35 en relación con la instalación posterior de una punta de pala que incluye al menos una sección hecha de metal macizo en una pala de turbina eólica.



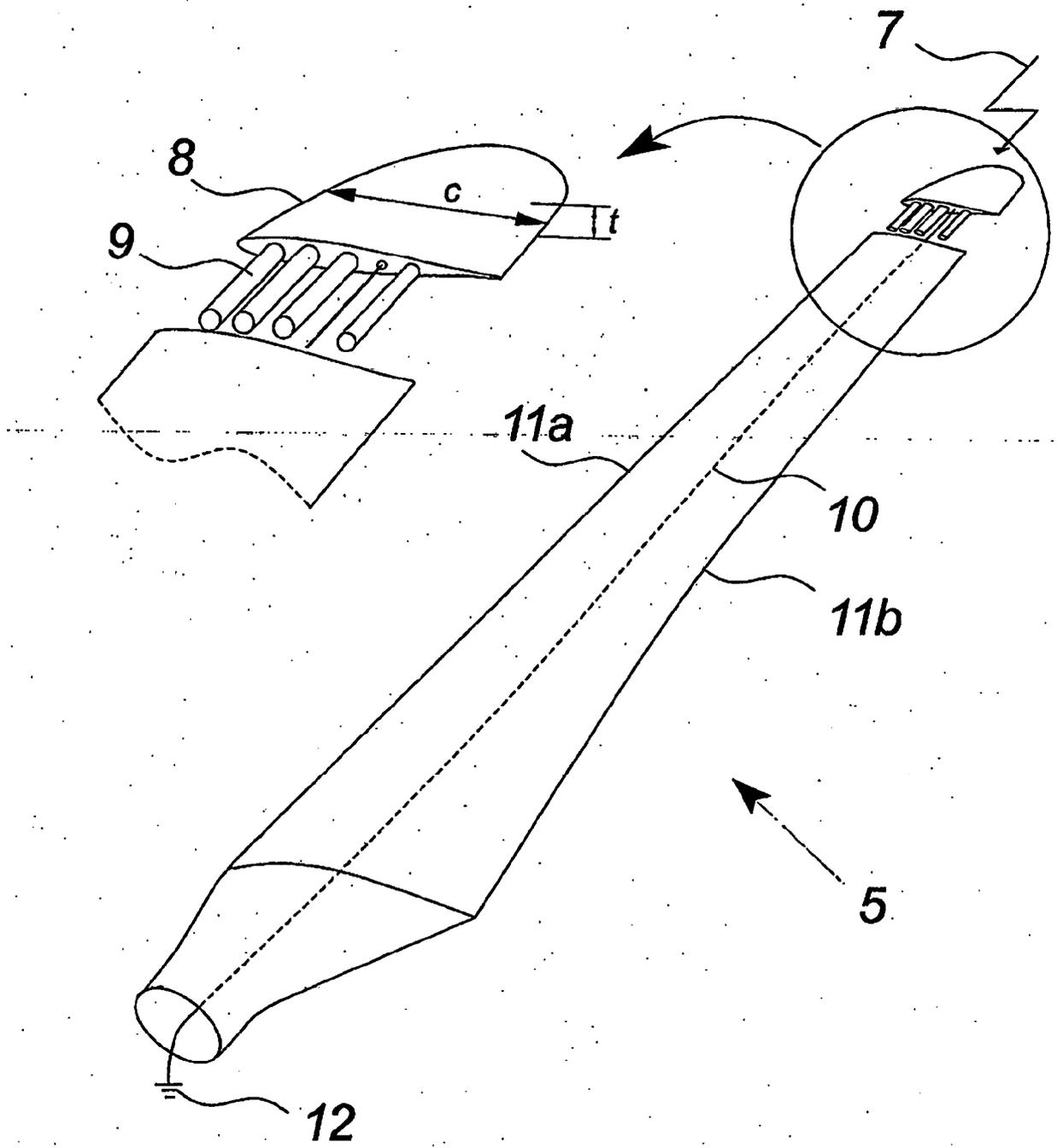


Fig. 2

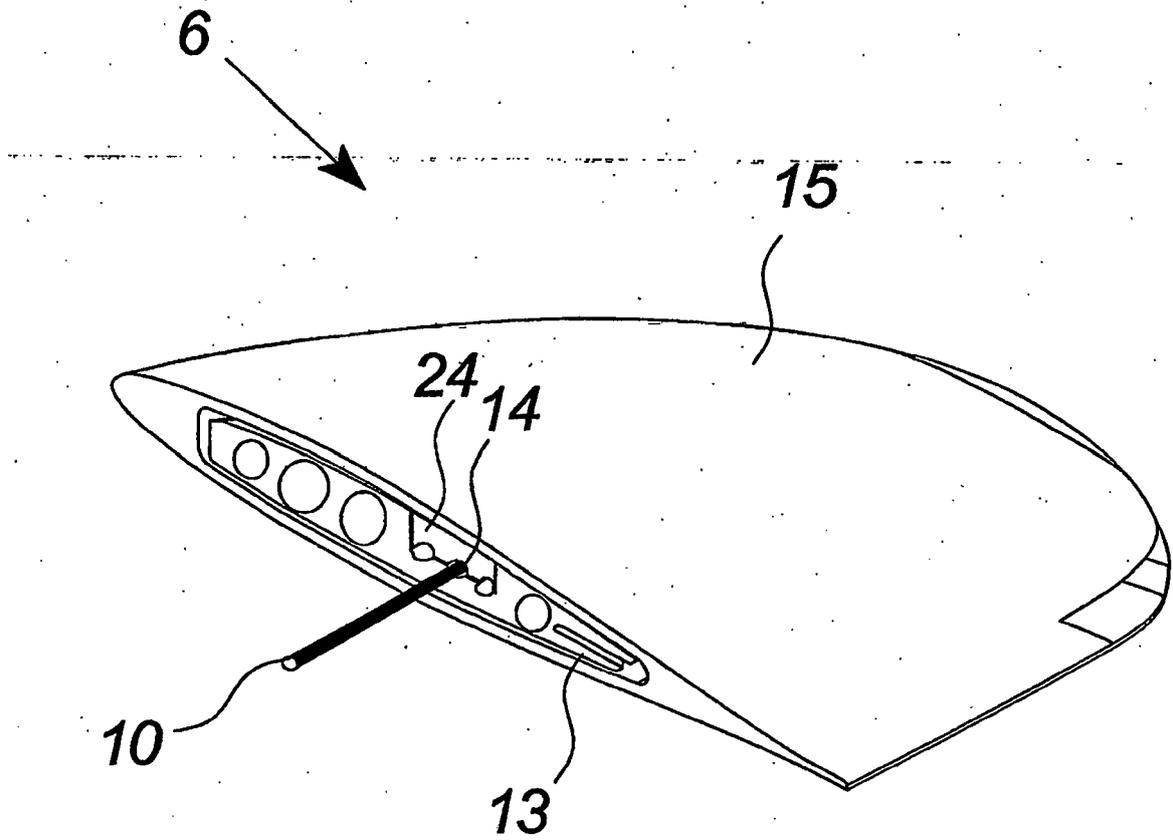


Fig. 3

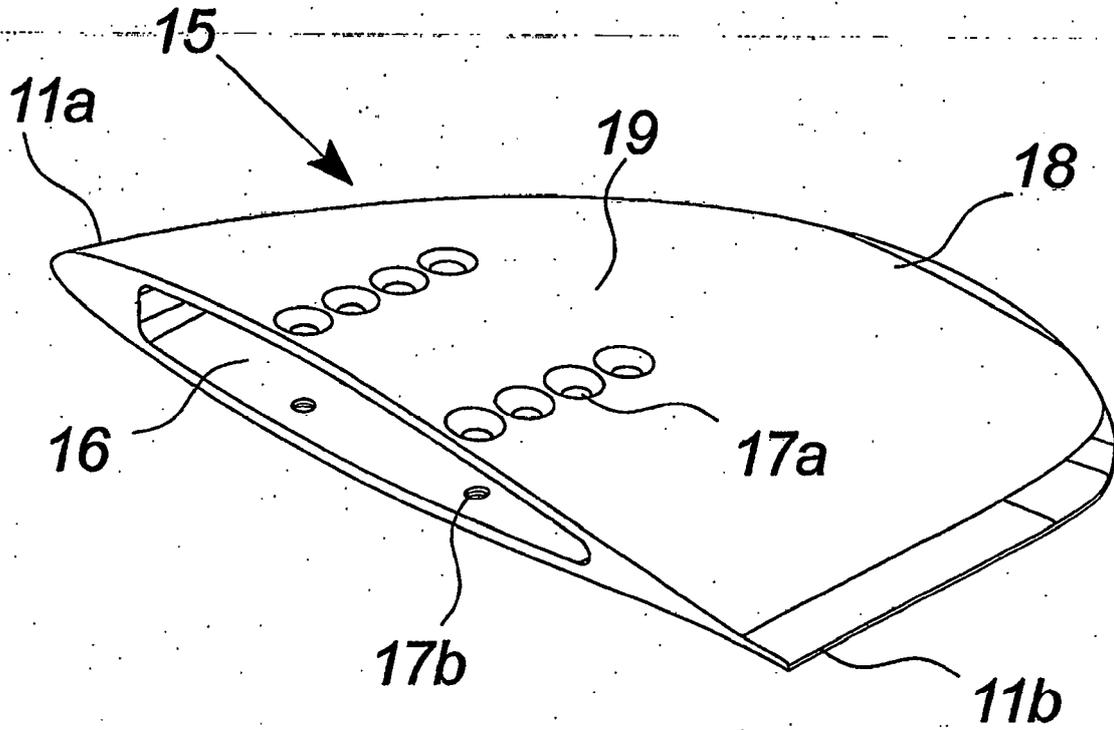


Fig. 4

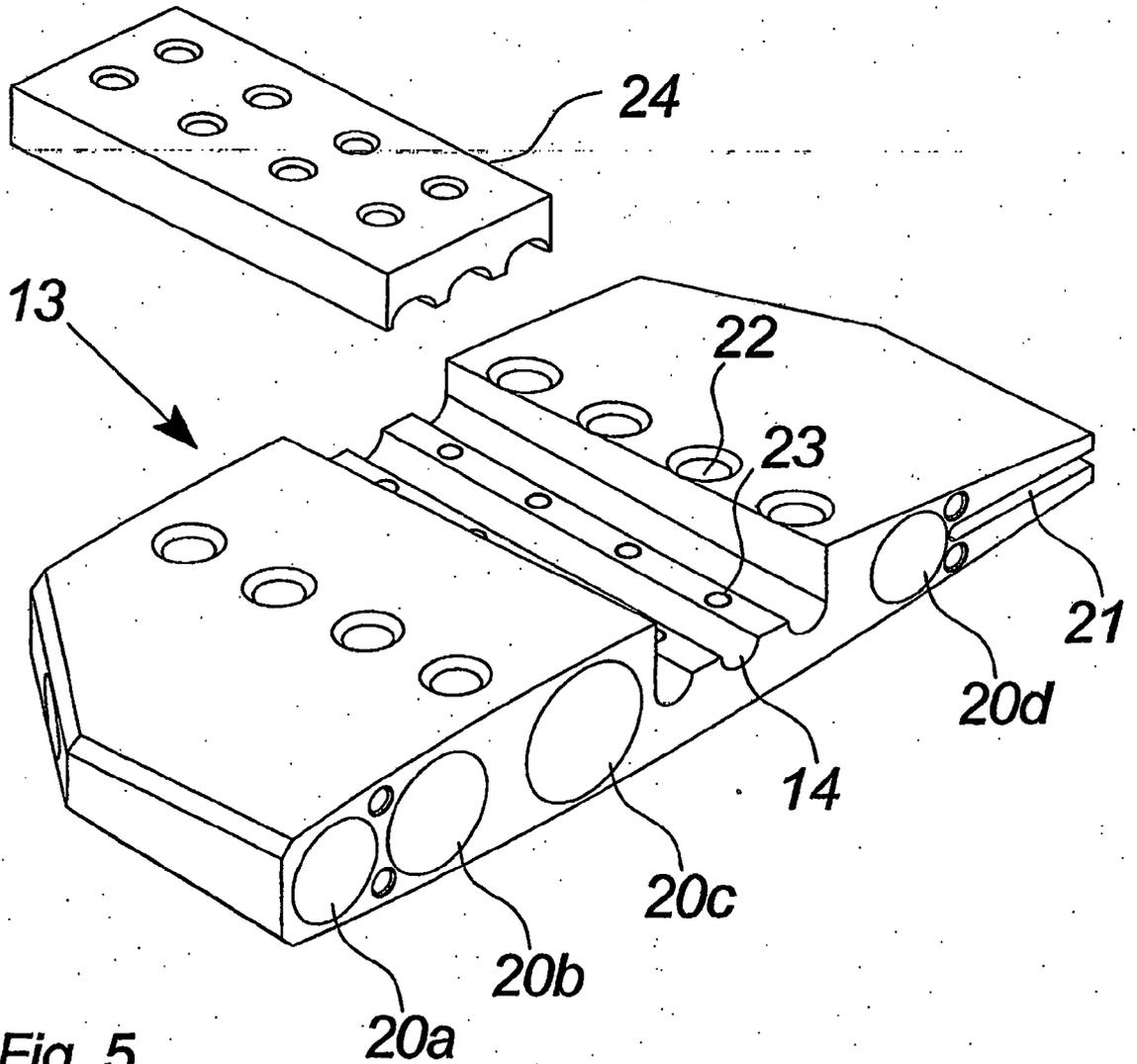
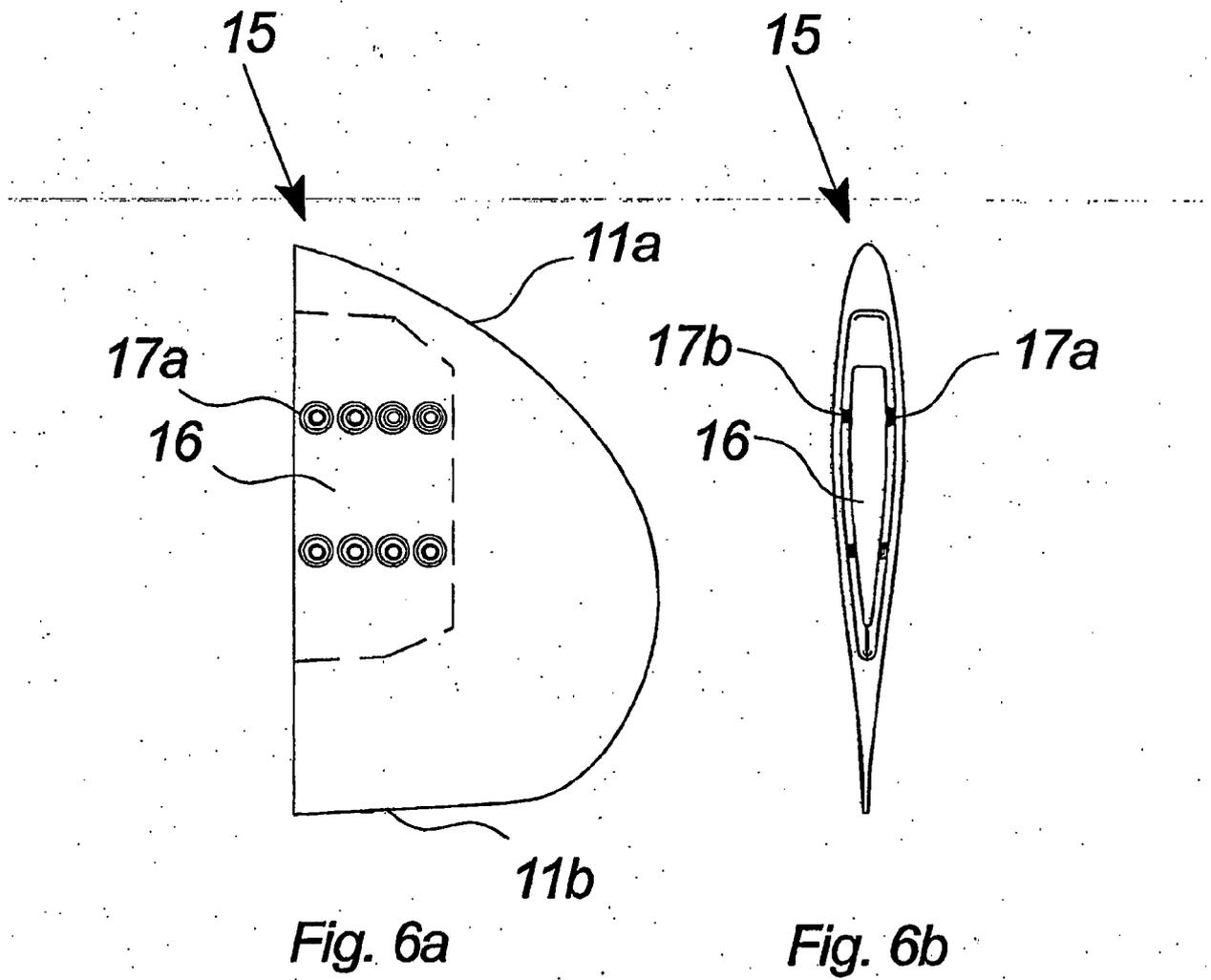


Fig. 5



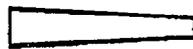
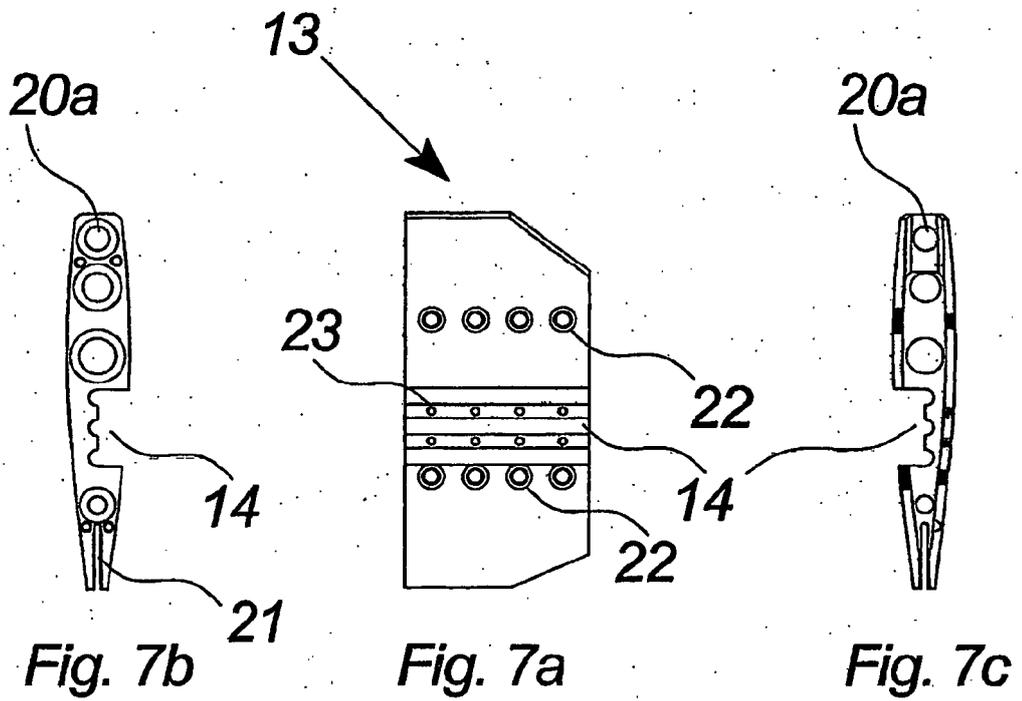


Fig. 7d

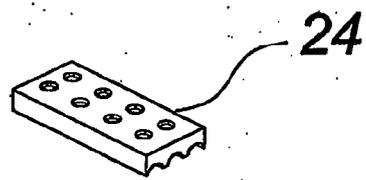


Fig. 7e

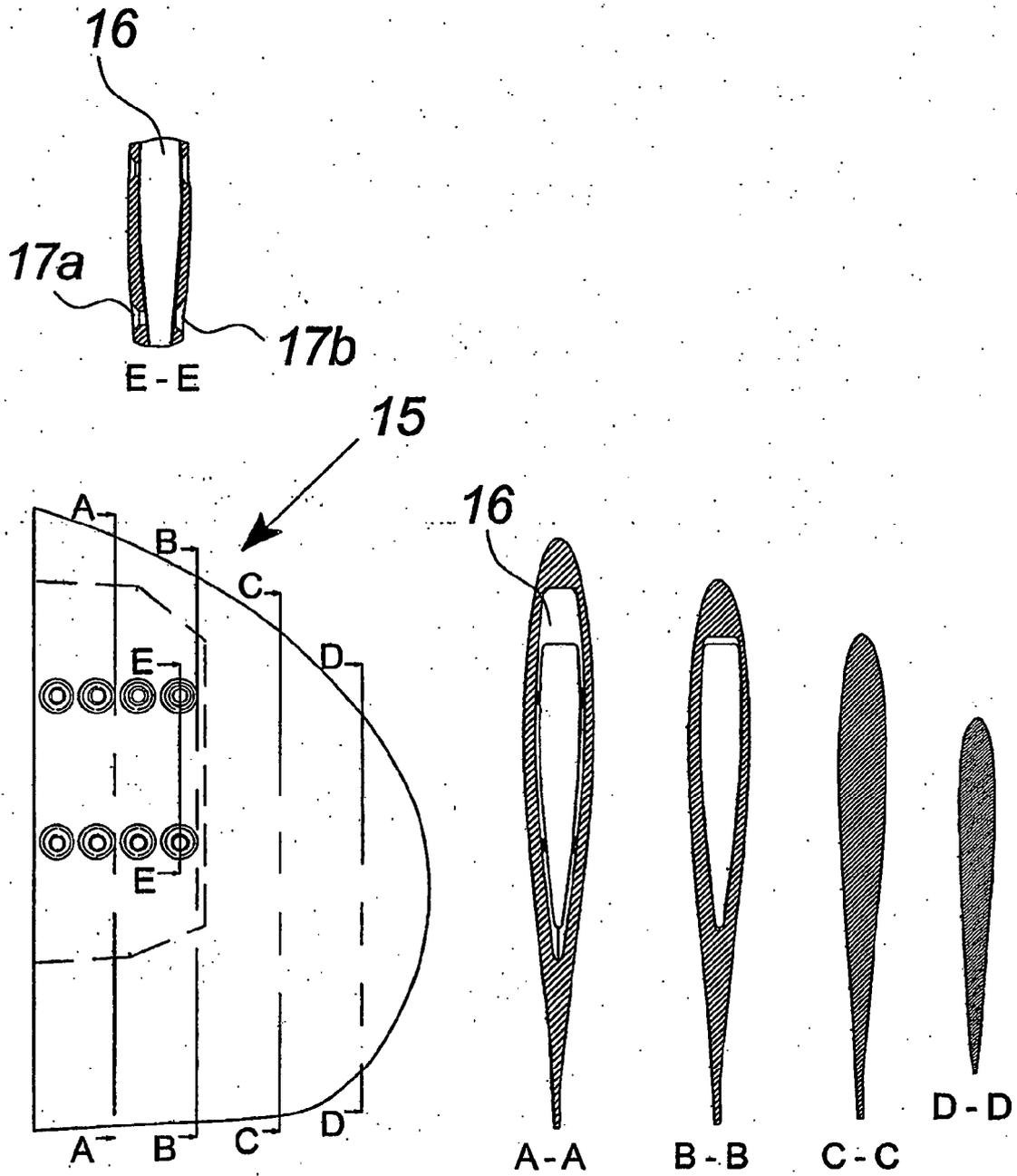
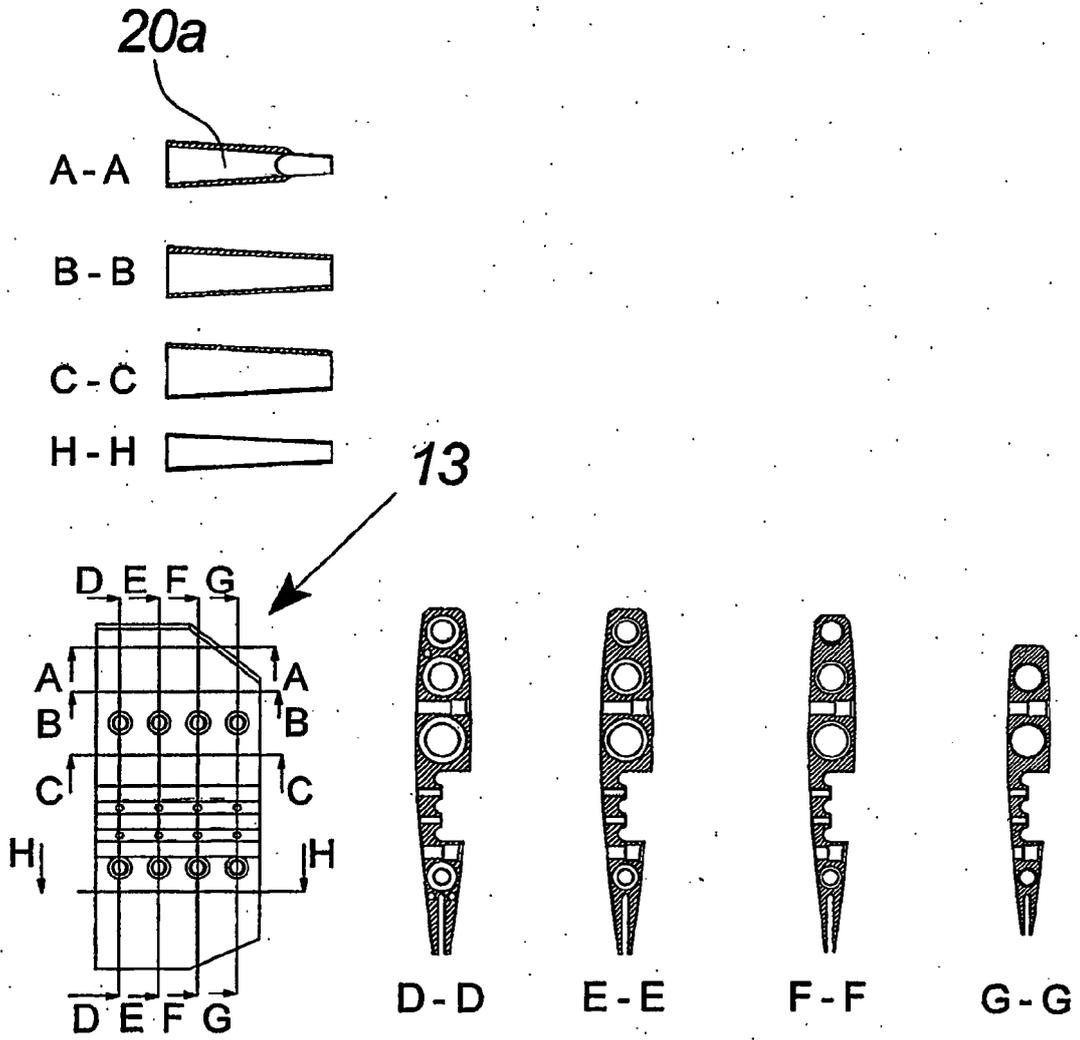
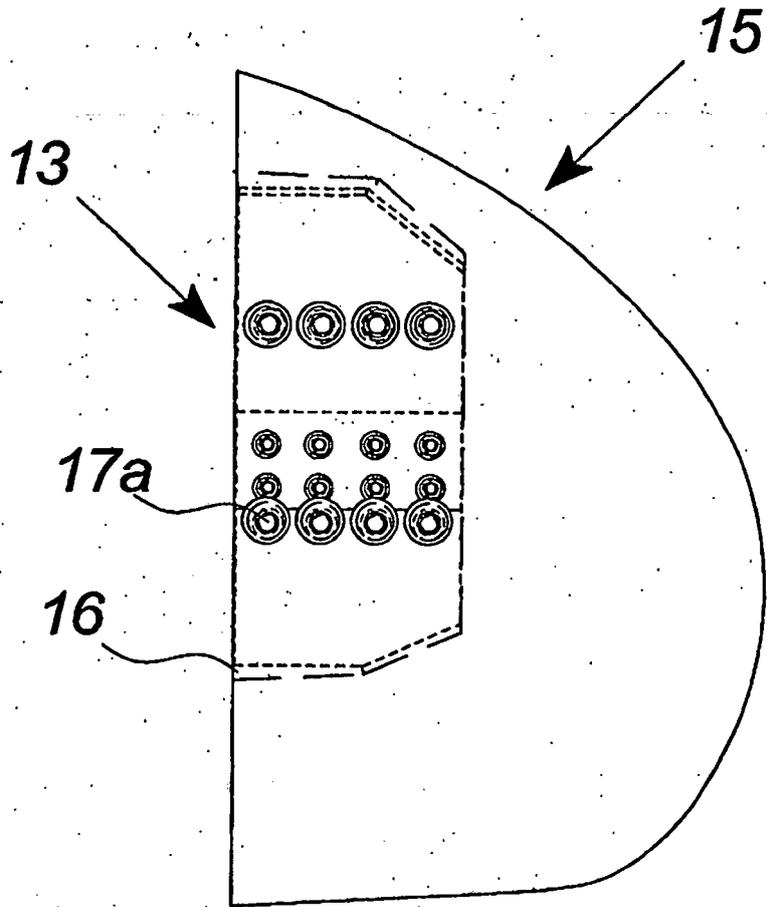


Fig. 8



*Fig. 9*



*Fig. 10*

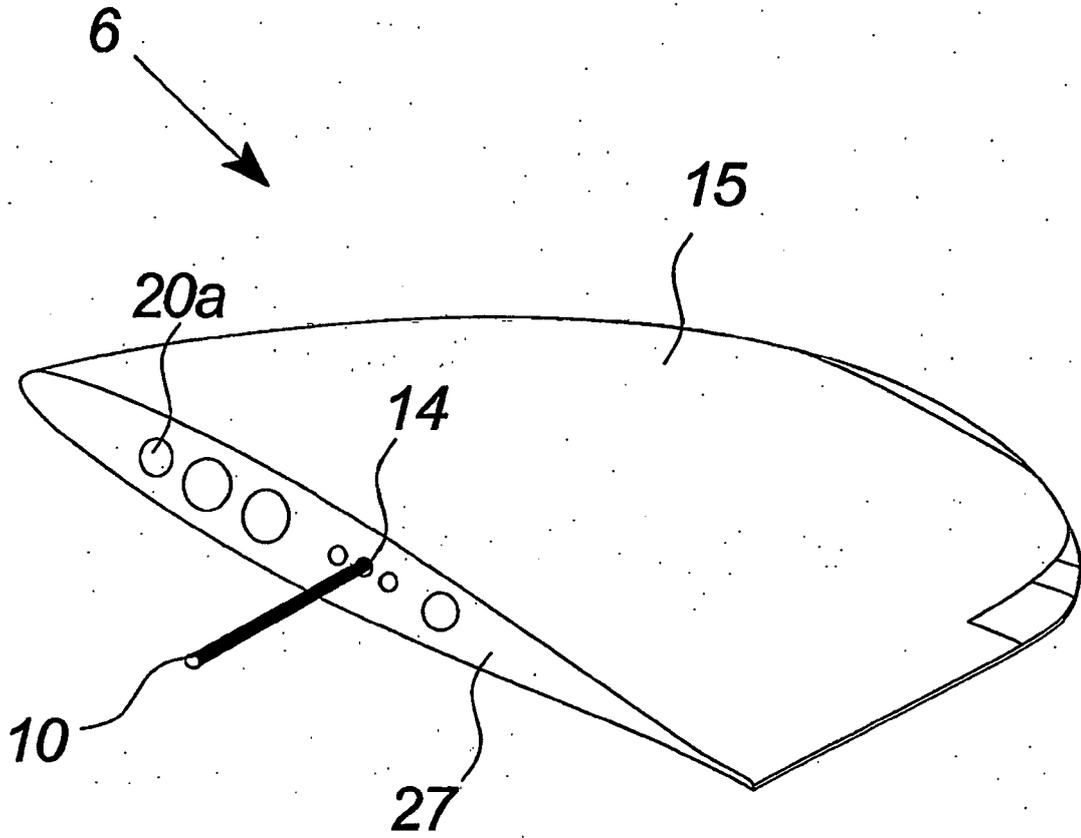


Fig. 11

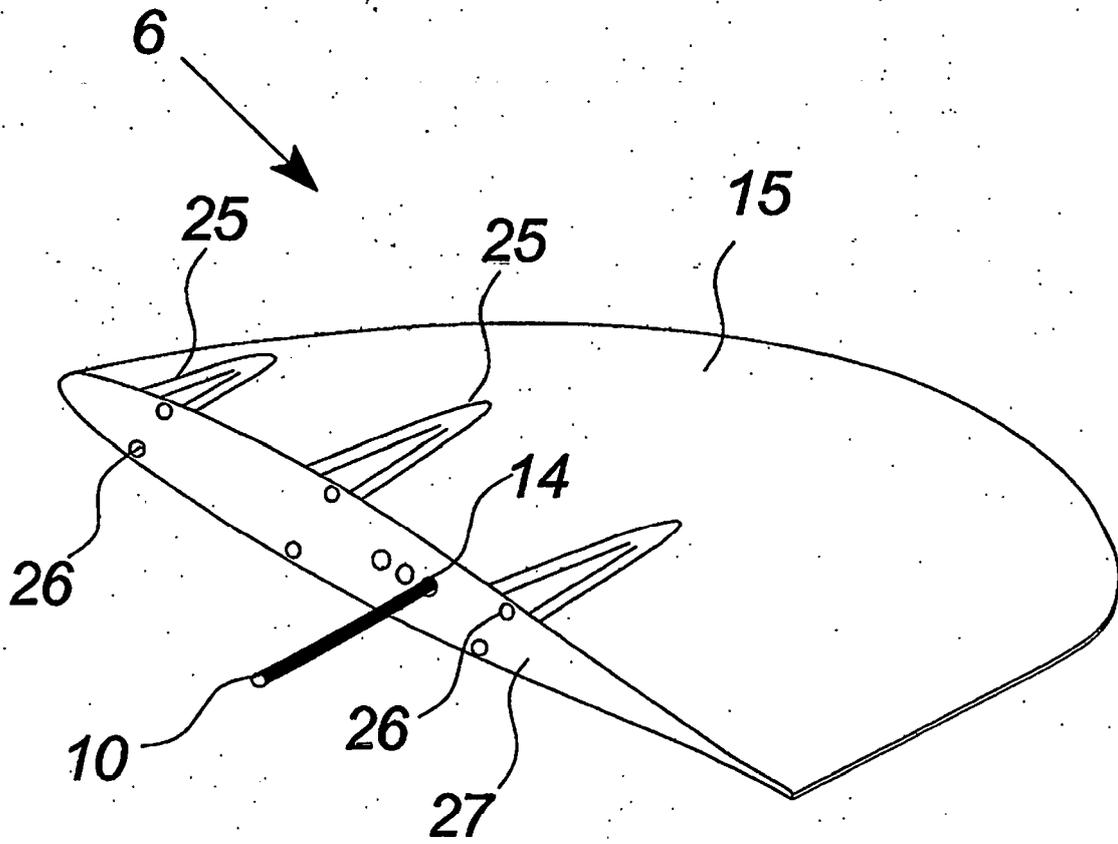


Fig. 12

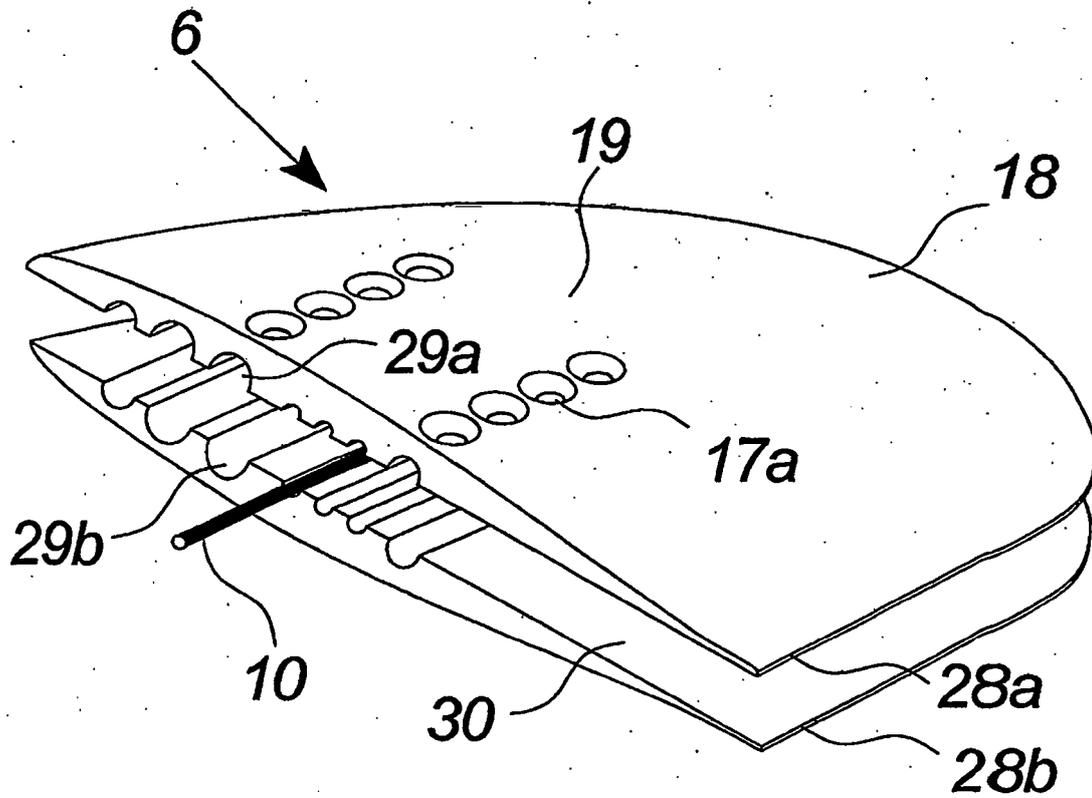


Fig. 13