

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 587**

51 Int. Cl.:

F03D 80/40 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.05.2012 PCT/FI2012/050531**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12164167**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2012 E 12793244 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2715128**

54 Título: **Pala de turbina eólica y procedimiento de fabricación relacionado**

30 Prioridad:

31.05.2011 FI 20115536

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

14.09.2017

73 Titular/es:

WICETEC OY (100.0%)

Kutomotie 16

00380 Helsinki, FI

72 Inventor/es:

PELTOLA, ESA;

VUOMAJOKI, PAULI;

WALLENIUS, TOMAS y

HUUHTANEN, RAIMO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 632 587 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de turbina eólica y procedimiento de fabricación relacionado

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere generalmente a turbinas eólicas. La invención se refiere, en particular, a la prevención de la formación de hielo y a la reducción de la formación de hielo en las palas de turbina eólica por medio de calentamiento.

Antecedentes

10 La congelación atmosférica tiene lugar cuando gotas de agua en la atmósfera se congelan sobre un objeto en contacto. Por ejemplo, en relación con aeronaves, el hielo puede aumentar el riesgo de entrada en pérdida aerodinámica. De este modo, el hielo acumulado debe detectarse del modo más precoz y fiable posible. Por ejemplo, puede proporcionarse una sonda electromecánica con un elemento oscilante (vibratorio) de detección en el morro de la aeronave, con lo cual el hielo acumulado acto seguido produce cambios en la frecuencia de oscilación dependiendo del grosor de la capa de hielo. La frecuencia de oscilación se monitoriza para estimar la cantidad de hielo.

15 Como otro escenario de uso, las turbinas eólicas de los parques eólicos pueden verse gravemente afectadas por hielo en las palas del rotor. Las palas pueden agrietarse y la eficiencia productiva puede disminuir drásticamente. El desgaste general de la turbina puede incrementarse también debido a desequilibrios de tipo másico y aerodinámico y por la fricción resultante provocada por el hielo. Se ha sugerido introducir la mencionada sonda oscilante en la góndola de una turbina eólica, al igual que usar diversos sensores basados en capacitancia, impedancia e inductancia que requieren la incorporación de sensores específicos en las palas del rotor. Además, se han descrito diferentes sensores ópticos que monitorizan el hielo acumulado sobre la superficie de un sensor basándose en, p. ej., los cambios en la reflexión lumínica de la superficie.

20 Para evitar o reducir la formación de hielo, se han descrito un número de procedimientos antihielo o deshielo tales como el calentamiento o la estimulación por microondas, para evitar, reducir o ralentizar la acumulación de hielo sobre superficies predeterminadas. El calentamiento puede implementarse soplando aire u otro gas caliente, canalizando cables calientes u otros elementos o, p. ej., líquido, un sistema de circulación de líquido hacia la(s) zona(s) afectada(s). Para uso contra la formación de hielo, las áreas objetivo pueden incluir un revestimiento repelente al hielo tal como la pintura de silicona, por ejemplo.

25 El documento US5971323A desvela un elemento calefactor resistivo para calentar una pala de helicóptero para combatir la formación de hielo en ella. Varias capas de fibras conductoras superpuestas están colocadas de tal forma que la energía térmica irradiada a través de ellas varía a lo largo del borde anterior de la pala.

El documento FR2779314A desvela una disposición en alguna medida similar diseñada para palas de helicópteros y alas de aeronaves. Las disposiciones duales en particular, una para el deshielo y la otra contra la formación de hielo, pueden implementarse en la misma ala.

35 Muchas disposiciones conocidas para evitar la formación de hielo siguen padeciendo problemas de fiabilidad, eficiencia y/o seguridad, por lo menos en determinado tipo de condiciones operacionales.

40 Por ejemplo, en el contexto de la aviación y de los parques eólicos, la capacidad de calentamiento requerida puede ser de alrededor de 10 kV/m² de magnitud. Si la conexión entre la superficie objetivo a calentar y el elemento calefactor aplicado es inadecuada y falla, tanto la superficie como el elemento pueden dañarse debido a sobrecalentamiento.

45 En algunos escenarios, los conductores metálicos extremadamente delgados, tales como los cables o, p. ej., las fibras metalizadas, se han laminado en epoxi y se han proporcionado sobre la superficie objetivo. Sin embargo, estas disposiciones son extremadamente proclives a una rotura mecánica debido a la fatiga provocada por diversos factores potenciales tales como la flexión repetida o la humedad entre las capas laminadas, lo cual conduce fácilmente a un fallo de funcionamiento del calentamiento tal como la reducción o el cese completo del calentamiento sin olvidar, por otro lado, el riesgo de sobrecalentamiento. Además, las soluciones contemporáneas pueden ser extremadamente complicadas de disponer sobre la superficie objetivo, tal como una pala de rotor, sin sacrificar algún requisito de diseño de la misma en cuanto al espesor, peso, aerodinámica, etc.

Sumario de la invención

50 De este modo, el objetivo es paliar uno o más de los problemas descritos anteriormente que no han sido abordados aún satisfactoriamente por las disposiciones actuales de calentamiento, y proporcionar una alternativa factible para calentar una superficie objetivo, tal como la superficie de una pala de rotor, ala de aeroplano, o alguna otra superficie vulnerable, sensible al hielo que potencialmente quede expuesta a condiciones de formación de hielo.

El objetivo se consigue mediante las realizaciones de una pala adecuada para su uso con un rotor de una turbina

eólica y un procedimiento de fabricación relacionado de acuerdo con la presente invención.

En consecuencia, en un aspecto de la presente invención una pala para un rotor de una turbina eólica comprende:

- 5 - un elemento de cuerpo de pala, que opcionalmente comprende fibra de vidrio tal como un material compuesto reforzado de fibra de vidrio, que comprende una superficie portadora para acomodar un elemento calefactor;
- 10 - un elemento calefactor, conductor de electricidad, alargado y preferentemente plano, preferentemente un elemento que incluya fibra de carbono, tal como una malla de fibra de carbono o similar, dispuesto encima de la superficie portadora para extenderse longitudinalmente esencialmente a lo largo de por lo menos el borde anterior de la pala, preferentemente alrededor de por lo menos el 50 % de la longitud de la pala, más preferentemente alrededor de por lo menos el 60 % y lo más preferentemente alrededor de por lo menos el 70 % respectivamente, en el que el elemento calefactor comprende un tejido multiaxial de carbono;
- 15 - un elemento conductor que suministra energía eléctrica situado en un extremo del elemento calefactor alargado, extendiéndose el elemento conductor esencialmente a lo ancho del elemento calefactor sobre ambos lados opuestos y a lo largo de las superficies opuestas respectivas del mismo, y se acopla eléctricamente al mismo en dichos ambos lados y a través de dichas superficies respectivas; y
- 20 - una estructura de articulación que comprende por lo menos un elemento de articulación conductor de electricidad, cubriendo dicho al menos un elemento de articulación conductor de electricidad esencialmente, en dichos ambos lados del elemento calefactor, las secciones del elemento conductor de electricidad que se extienden a lo ancho del elemento calefactor.

Preferentemente, hay por lo menos dos elementos conductores anteriormente citados y opcionalmente también estructuras de articulación, una de ambos a cada extremo del elemento calefactor para permitir el flujo de corriente a través del elemento y el correspondiente calentamiento. Alternativamente, pueden aplicarse estructuras conductoras y/o de articulación con distinta configuración, p. ej., en cada extremo, además del elemento conductor preferido y/o estructura de articulación, respectivamente.

El elemento de articulación que forma o que por lo menos está incluido en la estructura de articulación, puede ser un elemento multisección que define, p. ej., dos capas, una por cada lado del elemento calefactor. Al menos dos de las secciones pueden conectarse entre sí. El elemento de articulación puede por tanto ser un elemento unitario tal como un elemento en forma de "u" con dos o más secciones integrales como las mitades de la "u", o se pueden utilizar en la estructura de articulación múltiples elementos de articulación tales como capas separadas por materiales intermedios. Un elemento de articulación, o una pluralidad de ellos, puede definir además al menos cuatro capas, dos en cada lado del elemento calefactor, preferentemente con las secciones del elemento conductor en medio. El elemento de articulación puede doblarse de forma que se extienda a lo largo de los dos lados del elemento conductor y/o del elemento calefactor.

En una realización, el elemento calefactor puede ciertamente ser esencialmente plano y tener, p. ej., una forma esencialmente rectangular o elíptica. Puede ser una lámina o similar. Adicionalmente o alternativamente, puede ser un elemento compuesto, o "conglomerado", que comprende múltiples secciones situadas en serie a lo largo de la longitud y/o anchura de la pala. Las secciones pueden acoplarse eléctricamente entre sí mediante conductores entre ellas.

Además, en dirección perpendicular, el elemento calefactor puede comprender múltiples secciones tales como capas con características potencialmente diferentes tales como los materiales y/o la orientación del ingrediente del material. Las capas pueden haberse laminado juntas. Preferentemente, una sección del elemento conductor puede extenderse entre las capas. El elemento calefactor incluye un material conductor de electricidad tal como una fibra adecuada de carbono o de grafito.

En otra realización, ya sea suplementaria o alternativa, el elemento calefactor puede situarse más cerca de la punta que de la sección de la raíz de la pala. En algunas realizaciones, el elemento calefactor puede estar curvado a lo largo de la punta y seguir esencialmente la forma de la misma. Por ejemplo, el elemento calefactor curvado puede extenderse desde el borde frontal al borde trasero y/o desde el lado de succión al lado de presión de la pala.

50 En una realización adicional, ya sea suplementaria o alternativa, el elemento calefactor puede tener al menos un extremo ahusado. El elemento calefactor puede estrecharse hacia la punta, por ejemplo.

En una realización adicional, ya sea suplementaria o alternativa, el elemento conductor puede ser alargado o al menos comprender una sección alargada. Este puede incluir una configuración de tira o de cable, p. ej., una cuerda cilíndrica.

55 En algunas configuraciones, el elemento conductor puede incluir una sección dividida con un nódulo y por lo menos dos ramificaciones para permitir la disposición del elemento en ambos lados (superior/inferior) del elemento calefactor. Una ramificación puede situarse en un lado y al menos otra ramificación en el lado opuesto. Adicionalmente o alternativamente, el elemento puede incluir una pluralidad de subelementos separados tales como

unos cables conductores que pueden dirigirse de manera independiente hacia cualquiera de los lados del elemento calefactor. El elemento puede incluir también un cable u otra estructura conglomerada, tal como unos embudos, que aloje de forma colectiva y aisle un número de subelementos tales como conductores trenzados fuera del área de confluencia con una cubierta común, por ejemplo.

- 5 En algunas de otras realizaciones, suplementarias o alternativas, el elemento conductor, tal como un cable individual, puede curvarse de forma que se extienda sobre el elemento calefactor a ambos lados del mismo. Una curva puede incluir, por ejemplo, una curva esencialmente semicircular o un pliegue agudo.

10 En una realización adicional suplementaria o alternativa, el elemento conductor puede estar tanto dividido como curvado. Por ejemplo, el elemento puede comprender un nódulo que lo divida en dos secciones de ramificación que se curvan después para alternar en uno o ambos lados del elemento calefactor.

En otra realización adicional, suplementaria o alternativa, dos o más elementos de la pala pueden construirse, conectarse, fijarse y/o extenderse en capas mediante laminación. Opcionalmente puede aplicarse un adhesivo.

15 Todavía en una realización adicional suplementaria o alternativa, el elemento calefactor puede constar de, o por lo menos comprender, un número de capas de material opcionalmente tejido a base de carbono tal como el tejido de fibra de carbono proporcionado adicionalmente de forma opcional con material de relleno. Opcionalmente, puede utilizarse tejido de carbono multiaxial, tal como biaxial, de múltiples capas.

En otro aspecto de la presente invención, un procedimiento para construir una pala para un rotor de una turbina eólica comprende:

20 - obtener un elemento de cuerpo de pala que comprende una superficie portadora para acomodar un elemento calefactor; y

25 - proporcionar un elemento calefactor, conductor de electricidad, alargado y preferentemente plano sobre la superficie portadora para extenderse longitudinalmente esencialmente a lo largo de por lo menos el borde frontal de la pala, preferentemente alrededor de por lo menos el 50 % de la longitud de la pala, más preferentemente alrededor de por lo menos el 60 % y lo más preferentemente alrededor de por lo menos el 70 %, respectivamente, en el que el elemento calefactor comprende un tejido multiaxial de carbono, y en el que la conexión que suministra energía eléctrica al elemento calefactor se proporciona por medio de un elemento conductor situado en un extremo del elemento calefactor alargado, extendiéndose el elemento conductor esencialmente a lo ancho del elemento calefactor sobre al menos dos lados opuestos del mismo y a lo largo de las respectivas superficies opuestas del mismo, y se acopla eléctricamente al mismo en dichos dos lados y a través de dichas superficies respectivas, y una estructura de articulación conductora de electricidad que comprende por lo menos un elemento de articulación conductor de electricidad, cubriendo dicho al menos un elemento de articulación conductor de electricidad esencialmente, en dichos dos lados opuestos del elemento calefactor, las secciones del elemento conductor de electricidad que se extienden a lo ancho del elemento calefactor.

35 Los diversos elementos enumerados anteriormente pueden unirse entre sí, por ejemplo, mediante laminación.

En una realización del procedimiento, se proporciona una capa adicional de material encima de los elementos, incluyendo dicha capa adicional de material de manera opcional fibra de vidrio. La capa adicional puede proporcionar aislamiento y/o protección a los elementos subyacentes además del efecto estético potencial. La aerodinámica de la pala también se puede optimizar y por tanto elevar la eficiencia de la pala con ello.

40 Las consideraciones expuestas anteriormente concernientes a las diversas realizaciones de la disposición pueden aplicarse de forma flexible a las realizaciones del procedimiento mutatis mutandis y viceversa, como puede apreciar una persona experta.

45 La utilidad de la presente invención proviene de una pluralidad de cuestiones dependiendo de cada realización particular. Primero de todo, el acoplamiento eléctrico entre el conductor y el elemento calefactor puede asegurarse a lo largo de todo el ancho del elemento calefactor mediante la configuración aplicada del propio conductor y la ya mencionada estructura de articulación, que eleva la eficiencia de calentamiento, proporciona un calentamiento uniforme y minimiza los riesgos de cortocircuitos o de interrupciones de contacto. En consecuencia, a partir de ahí puede impedirse que en la pala se deposite hielo o puede derretirse y eliminarse el hielo ya acumulado. Se puede alcanzar y mantener una temperatura deseada de la pala. Adicionalmente, la solución sugerida permite mantener la pala delgada y ligera. Aun así, su fabricación sigue siendo relativamente sencilla y rápida.

50 La expresión "un número de" se refiere en el presente documento a cualquier número entero positivo empezando por el uno (1), p. ej., a uno, dos, o tres.

La expresión "una pluralidad de" se refiere en el presente documento a cualquier número entero positivo empezando por el dos (2), p. ej., a dos, tres, o cuatro.

55 En las reivindicaciones dependientes se desvelan diferentes realizaciones de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se describe en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

la Fig. 1a ilustra un escenario de uso de una realización de la presente invención en un contexto de turbina eólica.

5 La Fig. 1b ilustra diferentes realizaciones de la estructura de la pala y elementos relacionados de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 2a ilustra una realización de la estructura de la pala con particular énfasis sobre el acoplamiento entre el elemento conductor eléctrico y el elemento calefactor en un extremo del último.

La Fig. 2b ilustra una sección transversal de otra realización de la pala.

La Fig. 2c ilustra una sección transversal de una realización adicional de la pala.

10 La Fig. 3 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de los dibujos

La Fig. 1a representa un escenario en el que puede aplicarse una realización de la presente invención. Un parque eólico puede incluir un número de turbinas 101 eólicas, cada una comprendiendo una torre 106, una góndola 102 y un buje de rotor con un número de palas 104a, 104b, y 104c. Una pala 104a, 104b, 104c puede comprender esencialmente una sección de la raíz con, p. ej., una sección transversal de forma cilíndrica para conectar la pala al buje, y una sección aerodinámica con una sección transversal con forma aerodinámica. La sección aerodinámica puede comprender un lado de succión y un lado de presión, conectados en sus bordes frontales y traseros.

La Fig. 1b ilustra diferentes realizaciones de la pala y elementos asociados. La pala 108, en la que en la figura se muestra un boceto transversal meramente ilustrativo de la misma, se proporciona con un elemento 110 calefactor alargado que generalmente puede tener, por ejemplo, una forma plana, rectangular. Preferentemente, el elemento 110 calefactor se extiende esencialmente por lo menos a lo largo del borde 108a frontal de la pala 108 a lo largo de una distancia que es por lo menos un 60 % de la longitud de la pala 108 para proporcionar un calentamiento uniforme al mismo. En la figura es visible cómo solamente la mínima sección de punta de la pala carece de elemento calefactor en la realización ilustrada. Preferentemente, la punta por tanto se calienta mediante la solución sugerida también.

Preferentemente, el elemento 110 calefactor se sitúa más cerca del extremo de la punta 108c que del extremo de la raíz ya que la punta 108c puede ser más proclive a la formación de hielo. Sin embargo, se pueden aplicar también posicionamientos simétricos u otras alternativas dependiendo de la realización.

30 En algunas realizaciones tales como en la representada, el elemento 110 calefactor tiene un extremo ahusado. Este puede, de manera especial, estrecharse hacia la punta 108c. En consecuencia, la disipación de calor cerca de la punta 108c puede mejorarse, que es lo que se prefiere ya que la demanda de calor puede ser mayor allí debido al aumento del enfriamiento de convección inducido por la mayor velocidad local. En el extremo de la raíz puede requerirse menos calentamiento.

35 De ese modo, el elemento calefactor puede cubrir ventajosamente la zona de la pala que es responsable de la mayoría de la generación de energía. Es decir, hacia la raíz, la contribución a la generación de energía puede disminuir y la pala también puede volverse menos proclive a la formación de hielo debido al efecto geométrico (el perfil aerodinámico es normalmente más denso) y al efecto aerodinámico (el enfriamiento de convección es normalmente más bajo). Por tanto, el extremo de la raíz de la pala 108 puede, en muchos escenarios, quedar desprotegido, o protegido menos eficazmente, contra la formación de hielo.

40 El elemento 110 calefactor puede situarse más cerca de un lado predeterminado deseado de la superficie de la pala 108, p. ej., la superficie de "succión" o la superficie de "presión", en relación al espesor de la pala 108. Las superficies pueden ser, por ejemplo, planas, curvadas o segmentadas. Alternativamente, el elemento 110 calefactor puede situarse simétricamente, p. ej., en el centro, en relación con las dos o más superficies de la pala 108. Como una alternativa adicional, pueden proporcionarse elementos calefactores específicos para múltiples superficies, tales como las superficies de succión y de presión. Preferentemente, el elemento 110 calefactor se sitúa más cerca del borde 108a frontal que del borde 108b trasero de la pala 108. Alternativamente, el elemento calefactor puede colocarse simétricamente, p. ej., en medio, en relación con los bordes frontal y trasero.

50 El elemento 110 calefactor puede comprender fibra tal como la fibra de carbono. Este puede incluir un polímero reforzado con fibra, por ejemplo, seleccionado de tal forma que se alcancen las cifras de calor y conductividad eléctrica deseadas.

55 El elemento 110 calefactor puede conectarse eléctricamente a la fuente de alimentación, que no se muestra en la figura, mediante un número de elementos 112a, 112b conductores de electricidad que se proporcionan por lo menos parcialmente dentro de la pala 108 y las articulaciones 114a, 114b, posicionados preferentemente en los extremos del elemento 108 calefactor alargado y lo más preferentemente también en ambos lados del elemento calefactor, p. ej., el lado orientado al observador de la figura y el lado opuesto.

El extremo del elemento calefactor generalmente puede referirse a una sección que cubre preferentemente menos

de alrededor del 20 %, más preferentemente menos de alrededor del 10 % y lo más preferentemente menos de alrededor del 5 % de la longitud total del mismo.

En 120, se muestra una realización del elemento calefactor en la que el elemento comprende, en dirección longitudinal, por lo menos dos secciones diferentes unidas entre sí. Alternativamente o adicionalmente, también en dirección lateral (a lo ancho) el elemento puede comprender múltiples secciones unidas. Las secciones pueden comprender diferentes materiales, orientaciones de materiales y/o diferentes dimensiones. En consecuencia, las propiedades de las secciones, tales como térmicas y/o de conductividad eléctrica, pueden diferir de manera mutua. En 122, una realización del elemento calefactor comprende dos secciones preferentemente conectadas entre sí por medio de los conductores eléctricos. Alternativamente, las secciones pueden conectarse de forma independiente a la fuente de alimentación o a algún elemento intermedio, por ejemplo. En 124, una realización del elemento calefactor comprende una sección de material (central) integrada en el material circundante. El material integrado puede tener una conductividad térmica y/o eléctrica diferente a la del material circundante, por ejemplo. En 126, una realización del elemento calefactor comprende un extremo curvado, o generalmente ahusado. En 128, una realización del elemento calefactor comprende un extremo ahusado que tiene una forma de contorno definida por una curva lineal a tramos.

En 130, una realización del elemento calefactor comprende una capa de material esencialmente plana. En 132, una realización del elemento calefactor comprende múltiples capas que se superponen tales como las capas 134, 136 apiladas de material en relación con el espesor del elemento.

La Fig. 2a muestra, no a escala, una realización de la estructura 201 de la pala y los acoplamientos eléctricos a la fuente de alimentación relacionados. En la figura, solo se muestra un extremo del elemento 208 calefactor. Este está situado en el elemento 218 de cuerpo de la pala y las líneas de puntos representan la parte no visible del mismo que se extiende en la dirección del eje longitudinal asociado. Un número de elementos 212 conductores de electricidad pueden situarse a lo largo de ambas superficies del elemento 208 calefactor que se sitúa en una posición predeterminada del material portador formando por lo menos una parte del cuerpo 218 de la pala. En el escenario representado, se han curvado dos conductores alrededor del elemento 208 para formar esencialmente por lo menos una vuelta en el extremo del mismo en dirección lateral (a lo ancho). El pliegue puede ser agudo, por ejemplo. El bucle formado por el elemento 212 conductor puede estar cerrado comprendiendo un punto de interconexión, o puede estar abierto (con forma de gancho). Un elemento 214 de articulación, tal como una tira, ha sido curvado de forma que se extiende a lo largo de ambos lados del elemento conductor y el elemento calefactor. El elemento 214 de articulación tiene forma de "u" en la figura para ilustrar este hecho. En escenarios reales la curva puede ser también relativamente de esquinas afiladas.

Alternativamente, uno o más elementos 214 de articulación pueden comprender múltiples secciones, al menos inicialmente separadas potencialmente, tales como una sección superior y una sección inferior que pueden posicionarse de forma independiente sobre cada superficie del elemento 208 calefactor de forma que cubran el conductor 212 intercalado entre ellas. Por lo menos dos extremos de las secciones pueden configurarse para hacer contacto, opcionalmente solaparse, entre sí tras la colocación.

Se ha proporcionado una capa funcional, tal como una capa 216 protectora que opcionalmente optimiza la aerodinámica, encima de la estructura construida intercalada. La capa 216 puede cubrir la totalidad de la pala 201 o solo secciones seleccionadas de la misma, tales como las secciones de articulación. Pueden proporcionarse capas adicionales, funcionales y/o estéticas sobre la misma.

La Fig.2b ilustra una sección transversal de otra realización de la pala. El elemento 208a calefactor comprende una pluralidad de secciones tales como capas. Este puede comprender, p. ej., tejido biaxial de carbono. El elemento 212a conductor mostrado situado en un extremo de la pala, tal como el extremo de la punta o el extremo de la raíz, comprende un nódulo que lo divide en múltiples ramificaciones, esencialmente en tres. La ramificación en el medio se extiende entre, o dentro de, dos secciones del elemento 208a calefactor, tales como capas. Una ramificación puede extenderse generalmente sobre un lado y otra ramificación sobre el lado opuesto del elemento 208a calefactor o una sección tal como una capa del mismo. En el caso representado, los elementos 214 de articulación se extienden sobre las ramificaciones más externas del elemento 212a conductor. Estas podrían alternativamente llevar los extremos unidos (no se muestra en la figura) para formar un elemento de articulación unitario con, p. ej., una sección transversal con forma de bucle o de "u".

La Fig.2c ilustra una sección transversal de una realización adicional de la pala. El elemento 208 calefactor puede situarse esencialmente en medio de la estructura apilada general formada sobre el elemento 218 de cuerpo de pala. El elemento 212b conductor incluye un nódulo que lo divide en dos ramificaciones. Cada ramificación está dirigida hacia un lado específico del elemento 208b calefactor. Adicionalmente, cada ramificación se configura, tal como una curva, de forma que se extiende sobre el ancho del elemento 208b calefactor varias veces, en la realización de la figura, esencialmente dos veces. Por lo menos una ramificación del elemento 212b conductor puede unirse de vuelta al nódulo (no se muestra en la figura) o a otra sección del elemento para formar un bucle. Se proporciona una pluralidad de capas 214 del elemento de articulación, esencialmente dos capas, en ambos lados del elemento 208b calefactor. La sección del elemento 212b conductor se configura para residir entre las dos capas 214 en cada lado. Por lo menos dos capas 214 de elemento de articulación podrían conectarse mutuamente en los extremos (no se

muestra en la figura) para formar, p. ej., una forma de “u”.

La Figura 3 desvela, solo a modo de ejemplo, un procedimiento de diagrama de flujo de acuerdo con una realización de la presente invención. En 302, pueden fabricarse, obtenerse y prepararse diferentes materiales y elementos de puesta en marcha. Por ejemplo, los materiales de la pala, cables eléctricos, cables de señalización, materiales del elemento calefactor, materiales del elemento de articulación, etc. pueden obtenerse y configurarse.

En 304, se obtiene por lo menos un elemento de cuerpo de pala. El elemento de cuerpo de pala puede incluir, por ejemplo, fibra de vidrio y de manera especial, p. ej., plásticos reforzados con fibra de vidrio tales como poliéster o epoxi. Este puede contener varias piezas tales como dos mitades que han de unirse entre sí. El elemento de cuerpo de pala puede asemejarse a la pala final o, p. ej., a la mitad de la pala en tamaño y/o forma. Análogamente, múltiples elementos de cuerpo, tales como dos, pueden unirse entre sí para construir la forma básica de la pala. Diferentes elementos suplementarios, tales como cables de señalización, sensores y también cables de suministro eléctrico aplicados para el calentamiento, pueden proporcionarse y de manera opcional fijarse tal como pegados al elemento de cuerpo de pala actuando como un portador de ello. Los elementos suplementarios pueden integrarse en el material del cuerpo.

En 306, ya se ha obtenido por lo menos un elemento calefactor y, de forma opcional, se ha situado en esta fase en el elemento de cuerpo de pala. Una tira de un material adecuado tal como una lámina de fibra de carbono puede cortarse y proporcionarse sobre el elemento de cuerpo de pala, por ejemplo. El elemento calefactor puede situarse de forma que cubra una sección predeterminada de un lado específico del elemento de cuerpo de pala correspondiente, p. ej., el lado de succión o de presión de la pala terminada. De forma opcional, el elemento calefactor puede cubrir, al menos parcialmente, por lo menos un borde del elemento de cuerpo de pala tal como el borde que esencialmente forma, o que por lo menos está en paralelo con el borde frontal de la pala. Preferentemente, el elemento calefactor se sitúa más cerca del borde frontal que del borde trasero a menos que, p. ej., se aplique un posicionamiento más centrado. El centrado puede aplicarse en relación con el morro del perfil aerodinámico y/o entre los bordes frontal y trasero, por ejemplo.

En algunas realizaciones el elemento calefactor puede extenderse longitudinalmente esencialmente a lo largo de por lo menos el borde frontal de la pala, preferentemente por lo menos alrededor del 60 % de la longitud de la pala, más preferentemente por lo menos alrededor del 70 % y lo más preferentemente por lo menos alrededor del 80 % o 90 % respectivamente, para ventajosamente proporcionar el calentamiento desviado por la punta o un calentamiento uniforme. Alternativamente, en algunas otras realizaciones, por ejemplo, con un escenario de uso y/o aerodinámica de pala diferentes, el alcance del elemento calefactor puede ser más pequeño.

La superficie del elemento de cuerpo que recibe el elemento calefactor puede limpiarse primero utilizando, p. ej., acetona. Sobre el elemento de cuerpo y el elemento calefactor puede proporcionarse una resina adecuada tal como una lámina que incluye fibra de carbono, que puede enrollarse después o si no proporcionarse encima de este. Las ubicaciones de las articulaciones preferentemente en los extremos del elemento calefactor pueden dejarse sueltas en esta fase para facilitar la subsiguiente construcción de la articulación en la que el material del elemento conductor y de articulación está configurado preferentemente para extenderse también entre el elemento de cuerpo y el elemento calefactor.

En 308, un número de elementos conductores que suministran energía eléctrica, tales como cables de cobre, se sitúan preferentemente en los extremos del elemento calefactor alargado, extendiéndose el elemento conductor esencialmente a lo ancho del elemento calefactor en por lo menos dos lados del mismo y acoplándose eléctricamente al mismo. Los elementos conductores pueden fijarse mediante una resina adecuada. Los elementos conductores están por lo menos acoplados eléctricamente a la fuente de alimentación y pueden conformar la parte interna del cableado eléctrico instalado en las palas, o estar por lo menos conectados al mismo. También se proporciona una estructura de articulación conductora de electricidad que incorpora un número de elementos de articulación y que cubre esencialmente las secciones del elemento conductor de electricidad que se extienden a lo ancho del elemento calefactor alargado en ambos lados del mismo. Una pluralidad de elementos de articulación puede proporcionarse inicialmente y por lo menos alguno de ellos opcionalmente conectarse entre sí durante la formación de las articulaciones dependiendo de la realización de la estructura de articulación como se ha contemplado anteriormente en el presente documento.

En una realización, los extremos del elemento calefactor pueden haberse dejado sueltos inicialmente en relación con el elemento de cuerpo durante el artículo 306 como se ha mencionado anteriormente, de forma que los elementos de articulación y conductores puedan situarse ahora entre ellos. Después de que las necesarias capas de elementos de articulación y conductores se han situado entre el elemento de cuerpo y el elemento calefactor o por lo menos la capa inferior de un elemento calefactor multicapa, también el extremo suelto del elemento calefactor o por lo menos la capa más inferior del mismo puede fijarse a la estructura conglomerada subyacente de los elementos de cuerpo, conductor y de articulación, y las capas restantes del elemento conductor, de articulación y también de forma opcional del calefactor (cuyo extremo opcionalmente puede curvarse) pueden proporcionarse encima. En el procedimiento debe aplicarse una resina adecuada.

En una realización alternativa, las articulaciones eléctricas pueden formarse en el elemento calefactor antes de

sitarlo en su ubicación final sobre el elemento de cuerpo, es decir, un número de elementos conductores y de elementos de articulación pueden situarse primero en el elemento calefactor tras lo cual la entidad conglomerada se sitúa en el elemento de cuerpo y se fija al mismo.

5 Las zonas laminadas pueden endurecerse aplicando, p. ej., una bolsa de vacío que les induzca presión y una manta eléctrica que les induzca calor. El tiempo de endurecimiento y la temperatura adecuada dependen ciertamente de la realización y de los materiales usados y sus cantidades pero, p. ej., en algunos escenarios pueden necesitarse varias horas y una temperatura elevada de alrededor de 70 grados centígrados.

10 En 310, una capa adicional que contiene, p. ej., fibra de vidrio puede proporcionarse para al menos cubrir parcialmente el conglomerado de elemento de cuerpo/elemento calefactor/articulación. Preferentemente, la fibra de vidrio o capa alternativa de protección está dispuesta tal como laminada sobre el elemento calefactor antes del curado del elemento calefactor. Un número de sensores tales como sensores térmicos pueden conectarse a la estructura con el cableado necesario (si lo hubiera, ya que también pueden aplicarse sensores inalámbricos). Estas acciones pueden haberse ejecutado por lo menos parcialmente anteriormente, en relación con el artículo 306, por ejemplo, siempre que el elemento calefactor haya sido situado en el elemento de cuerpo antes de finalizar las articulaciones.

15 En 312, el procedimiento de ejecución está terminado.

20 La ordenación mutua y la presencia general de los artículos del procedimiento de los diagramas del procedimiento desvelados anteriormente pueden cambiarse por una persona experta basándose en los requisitos establecidos para cada escenario de uso en particular. Por ejemplo, una pala puede incluir una pluralidad de elementos calefactores para calentar múltiples lados (p. ej., de succión y presión) y/o bordes tales como sus bordes frontales y traseros. De forma opcional, los elementos calefactores de los diferentes lados pueden incluso solaparse en el borde frontal.

25 Por consiguiente, una persona experta puede, sobre la base de la presente divulgación y el conocimiento general, aplicar las enseñanzas proporcionadas a fin de implementar el alcance de la presente invención según se indica en las reivindicaciones adjuntas en cada caso particular de uso con las necesarias modificaciones, eliminaciones e incorporaciones, de haberlas. Por ejemplo, en vez de una pala de rotor para una turbina eólica, la superficie objetivo a calentar puede referirse a un aerogenerador, una aerobomba, un ala de aeroplano, un ala de misil, etc. En muchas aplicaciones es ventajoso proporcionar el objeto a calentar con por lo menos un elemento calefactor como se desvela en el presente documento complementado por un ejemplo del elemento conductor de electricidad sugerido y de la estructura de articulación esencialmente en ambos extremos del elemento calefactor. Sin embargo, las disposiciones del conductor y/o las articulaciones pueden también diferir entre los extremos. En algunas realizaciones, una disposición de conductor y/o articulación puede estar situada incluso en la parte central alejada del extremo del elemento calefactor.

REIVINDICACIONES

1. Una pala (104a, 104b, 104c, 108, 201) para un rotor de una turbina (101) eólica, comprendiendo dicha pala:
 - un elemento (218) de cuerpo de pala que comprende una superficie portadora para acomodar un elemento calefactor,
 - 5 - un elemento (110, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 208, 208a, 208b) calefactor conductor de electricidad, alargado y esencialmente plano, dispuesto sobre la superficie portadora para extenderse longitudinalmente esencialmente a lo largo de por lo menos el borde (108a) frontal de la pala, en el que el elemento calefactor comprende un tejido multiaxial de carbono.
 - 10 - un elemento (112a, 112b, 212, 212a, 212b) conductor que suministra energía eléctrica, situado en un extremo del elemento calefactor; extendiéndose el elemento conductor esencialmente a lo ancho del elemento calefactor en ambos lados opuestos y a lo largo de sus superficies opuestas respectivas, y se acopla eléctricamente al mismo en dichos ambos lados y a través de dichas superficies respectivas, y
 - 15 - una estructura de articulación que comprende por lo menos un elemento (114a, 114b, 214) de articulación conductor de electricidad, en la que por lo menos un elemento de articulación conductor de electricidad cubre esencialmente, en dichos ambos lados del elemento calefactor, las secciones del elemento conductor de electricidad que se extienden a lo ancho del elemento calefactor.
2. La pala de la reivindicación 1, que comprende por lo menos una capa (216) protectora y aerodinámicamente optimizada dispuesta en el elemento calefactor y también en la estructura de articulación, dicha al menos una capa comprendiendo fibra de vidrio.
- 20 3. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (110) calefactor se sitúa más cerca de la punta (108c) que de la raíz de la pala.
4. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (110, 126, 128) calefactor tiene un extremo ahusado, en el extremo situado más cerca de la punta (108c) de la pala.
- 25 5. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento calefactor comprende un tejido biaxial de carbono.
6. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento calefactor comprende fibra de grafito.
7. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento calefactor comprende una pluralidad de capas apiladas.
- 30 8. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (212) conductor tiene una curva para extenderse sobre ambos lados del elemento calefactor.
9. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (212a, 212b) conductor comprende un nódulo que divide el elemento conductor en por lo menos dos ramificaciones dirigidas hacia lados diferentes del elemento calefactor.
- 35 10. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento conductor comprende por lo menos dos subelementos separados que están dirigidos hacia lados diferentes del elemento calefactor.
11. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (212b) conductor tiene una curva para extenderse de forma repetida sobre un lado predeterminado del elemento calefactor.
12. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que el elemento (208) calefactor comprende dos capas (208a) entre las que se extiende por lo menos una sección del elemento (212a) conductor.
- 40 13. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que la estructura de articulación incluye un elemento (214) de articulación curvado de forma que se extiende sobre ambos lados del elemento (208) calefactor.
14. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que la estructura de articulación define por lo menos dos capas, una en cada lado del elemento (208a) calefactor y las secciones del elemento (212a) conductor residen entre las mismas.
- 45 15. La pala de cualquier reivindicación precedente, en la que la estructura de articulación incluye una pluralidad de elementos de articulación que definen por lo menos cuatro capas, dos en cada lado del elemento (208b) calefactor, de tal forma que la sección del elemento (212b) conductor se extiende entre las mismas.
- 50 16. Un procedimiento para la construcción de una pala para un rotor de una turbina eólica, que comprende:
 - obtener un elemento de cuerpo de pala que comprende una superficie portadora para acomodar un elemento (304) calefactor; y
 - proporcionar un elemento calefactor alargado, conductor de electricidad, en la superficie portadora para

extenderse longitudinal y esencialmente a lo largo de por lo menos el borde frontal de la pala (306), en el que el elemento calefactor comprende un tejido multiaxial de carbono; y

- 5 en el que la conexión que suministra energía eléctrica al elemento calefactor se proporciona por medio de un elemento conductor situado en un extremo del elemento calefactor alargado, extendiéndose el elemento conductor esencialmente a lo ancho del elemento calefactor sobre dos lados opuestos y a lo largo de sus respectivas superficies opuestas, y se acopla eléctricamente al mismo en dichos dos lados y a través de dichas superficies respectivas, y una estructura de articulación conductora de electricidad que comprende por lo menos un elemento de articulación conductor de electricidad, cubriendo dicho al menos un elemento de articulación conductor de electricidad esencialmente, en dichos dos lados opuestos del elemento calefactor, las secciones del elemento conductor de electricidad que se extienden a lo ancho del elemento (308) calefactor.
- 10

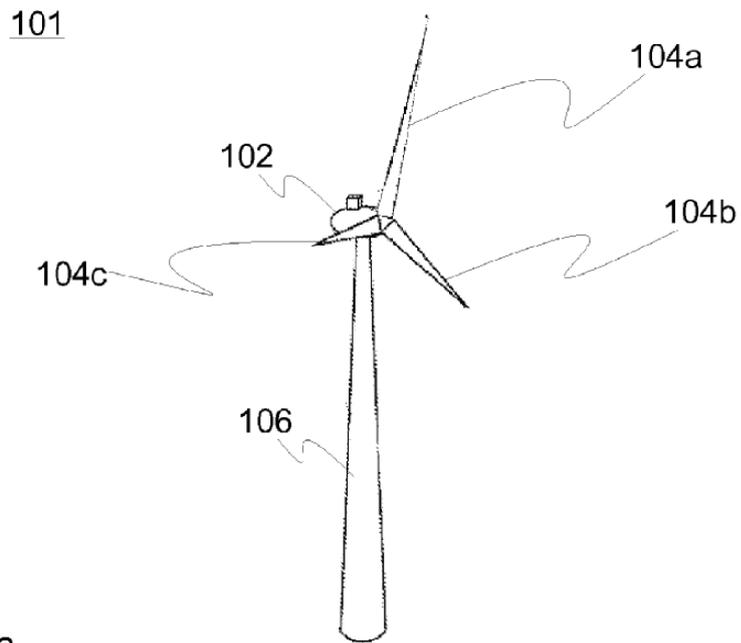


Figura 1a

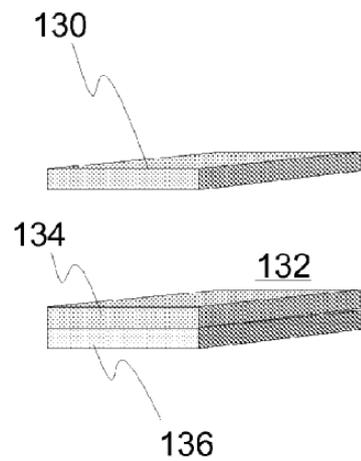
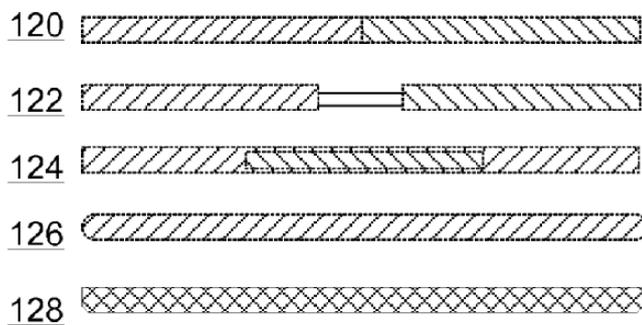
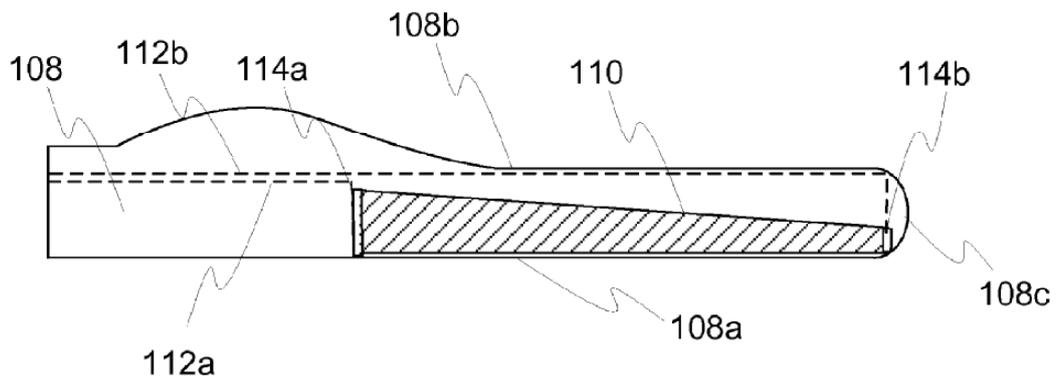


Figura 1b

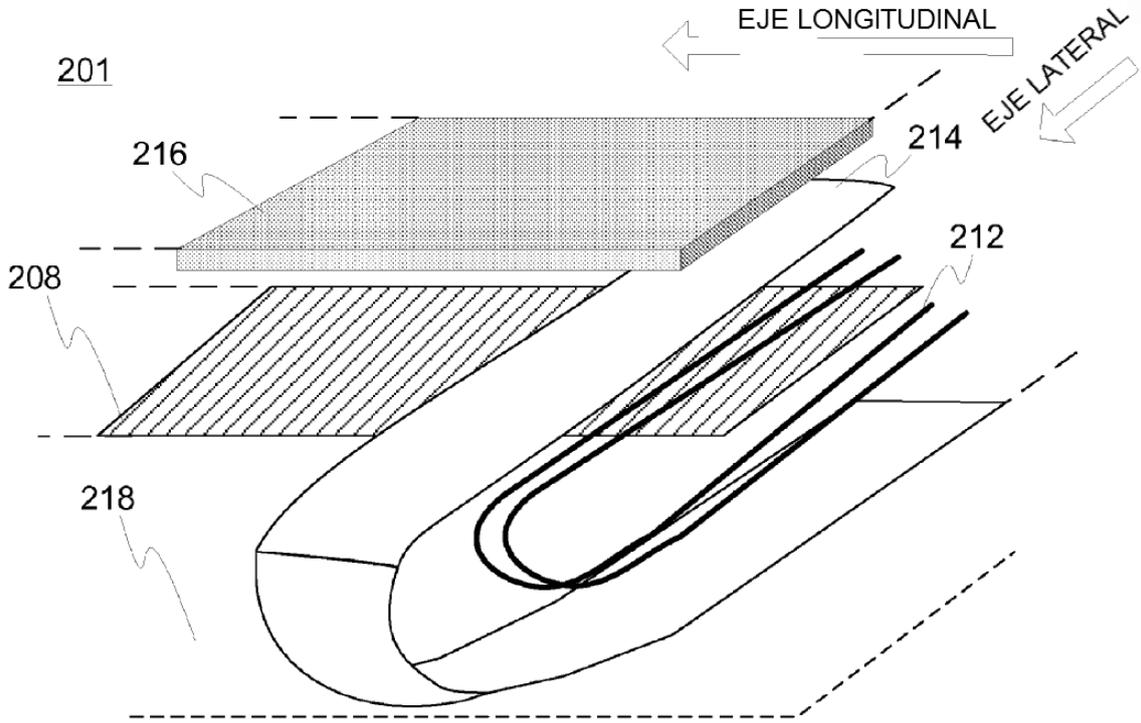


Figura 2a

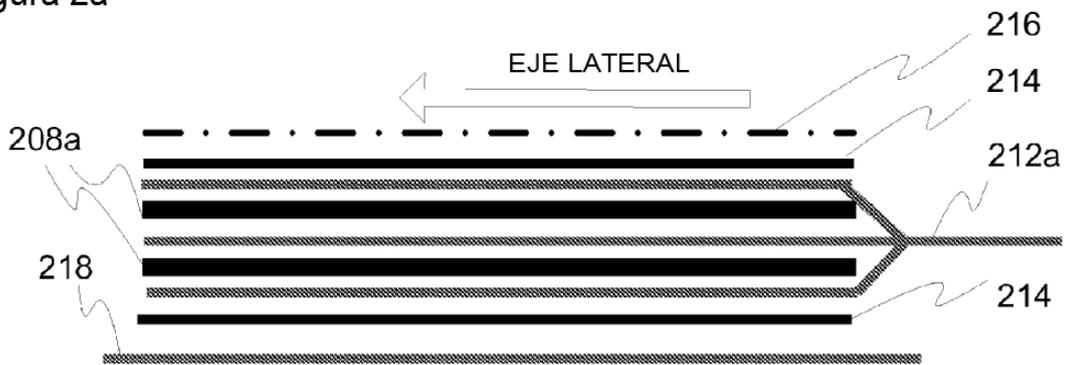


Figura 2b

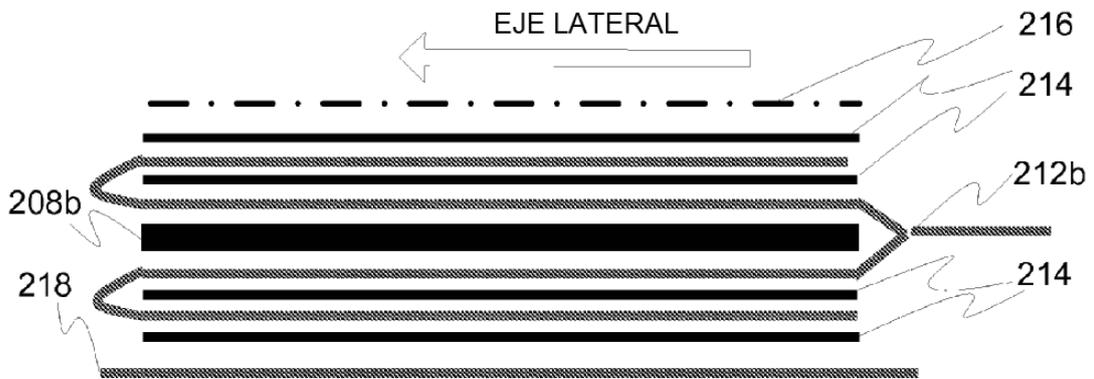


Figura 2c

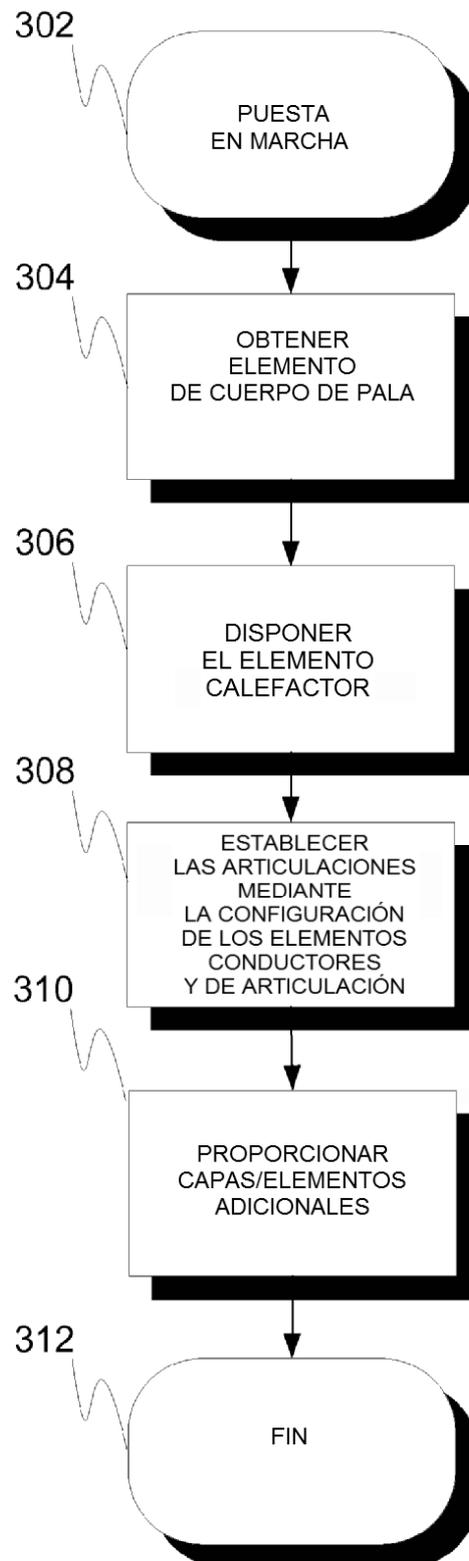


Figura 3