

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 889**

51 Int. Cl.:

F03D 80/40 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 80/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017 PCT/EP2017/074568**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18060299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017 E 17783781 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024 EP 3504429**

54 Título: **Sistema de cubierta protectora**

30 Prioridad:

27.09.2016 EP 16190944

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

05.12.2024

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)**

**Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**KRATMANN, KASPER KOOPS y
STEGE, JASON**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 991 889 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 cubierta protectora

- 5 La invención se refiere a un sistema de cubierta protectora para proteger contra la erosión a un borde de ataque de una pala de rotor de turbina eólica, a una pala de rotor de turbina eólica que comprende dicho sistema de cubierta protectora, y a un método para montar dicho sistema de cubierta protectora en una pala de rotor de turbina eólica.
- 10 En la actualidad palas de rotor o turbina, por ejemplo, palas para turbinas eólicas, de gas o de vapor están hechas de materiales compuestos de plástico reforzados con fibra. Se sabe que la erosión del borde de ataque de tales palas se produce en funcionamiento. La erosión del borde de ataque de una pala de turbina puede reducir la eficiencia de la pala y, por lo tanto, la potencia de salida por la turbina.
- 15 Las palas de rotor de turbina eólica, y en particular las de las turbinas eólicas en alta mar, se ven especialmente afectadas por el desgaste que se produce cuando la interacción con partículas o gotas provoca la degradación de su borde de ataque. La erosión del borde de ataque de las palas de turbina eólica debido el desgaste por el impacto de las gotas puede reducir la eficiencia aerodinámica de las palas y, por lo tanto, la potencia máxima de salida de la turbina eólica.
- 20 La erosión sobre una pala de turbina puede penetrar en el laminado reforzado con fibra estructural, lo ocasiona un fallo severo de la pala de la turbina que requiere reparación, lo que puede resultar muy costoso para los operadores de turbina. Esto es especialmente cierto para turbinas eólicas en alta mar porque sus costes de mantenimiento son extremadamente altos.
- 25 Esta es la razón por la que, en general, se prevé un sistema de superficie en el borde de ataque de una pala de turbina eólica.
- 30 Procedimientos de reparación incluyen típicamente un restablecimiento de los sistemas de superficie que comprenden principalmente la carga y la pintura. En caso de degradación severa, puede ser necesaria una laminación. Se utilizan diferentes soluciones para proteger y/o reparar los bordes de ataque de las palas compuestas, incluyendo cintas de plástico adhesivas.
- 35 El documento EP2497943 A1 describe una pala de turbina eólica con una superficie mejorada, en donde una cinta de plástico está dispuesta en ubicaciones específicas de la pala para reforzar la superficie de la pala.
- 40 El tiempo de vida de las cintas de protección contra la erosión durará aproximadamente entre 5 y 8 años, dependiendo de las condiciones ambientales de la ubicación de la turbina eólica, así como de las condiciones operativas de la turbina. En general, una cinta de protección contra la erosión se romperá debido a una gran erosión, haciendo que la capa que queda sobre la pala del rotor pueda agitarse libremente en el viento. Esta agitación dará como resultado una pérdida del rendimiento aerodinámico de la pala, así como en la generación de ruido aerodinámico adicional.
- 45 Otras soluciones sugieren recubrimientos de protección contra la erosión aplicados por cepillo, rodillo, espátula o pulverización. Generalmente, dichos recubrimientos deben aplicarse a un cierto nivel de humedad y dentro de una ventana de temperatura especial, por ejemplo, 20 y 25 grados Celsius. Por lo tanto, estas soluciones no pueden usarse en el campo, p. ej., en parques eólicos en alta mar.
- 50 Soluciones adicionales sugieren fijar durante la fabricación de la pala una tapa protectora hecha de un material polimérico en la parte frontal de una pala de turbina eólica. Un inconveniente de estas soluciones es que, debido a la longitud de la tapa protectora necesaria para una pala de turbina eólica más grande, el montaje de dicha tapa protectora en el campo es imposible o, al menos muy difícil, especialmente en alta mar. El transporte y el montaje de tales tapas protectoras son extremadamente costosos.
- Otro documento que representa la técnica anterior es US-2007/036659 A1.
- 55 Un objeto de la presente invención es superar los inconvenientes anteriormente mencionados. Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una solución que permita reducir significativamente el mantenimiento requerido de la turbina eólica y, por lo tanto, reducir los costes de mantenimiento en comparación con las soluciones protectoras conocidas.
- 60 Estos objetos se resuelven mediante las características de las reivindicaciones independientes. Otros desarrollos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.
- 65 La invención se refiere a un sistema (10) de cubierta protectora para proteger contra la erosión a un borde (59) de ataque de una pala (55) de rotor de turbina eólica, que comprende una primera cubierta protectora (1) y una segunda cubierta protectora (2). La primera cubierta protectora (1) y la segunda cubierta protectora (2) comprenden un material polimérico. Ambas cubiertas protectoras (1, 2) están preformadas en una forma curvada para alojar al menos parte de

una pala (55) de turbina eólica. Cada una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene un extremo (3) de punta y un extremo (4) de raíz.

5 La primera cubierta protectora (1) comprende una primera parte (4a) de solapamiento en el extremo (4) de la raíz, y la segunda cubierta protectora (2) comprende una segunda parte (3a) de solapamiento en el extremo (3) de la punta.

10 La forma de la primera parte (4a) de solapamiento en el extremo (4) de la raíz de la primera cubierta protectora (1) es sustancialmente complementaria a la forma de la segunda parte (2) de solapamiento en el extremo (3) de la punta de la segunda cubierta protectora (2), de modo que cuando se solapen estas primera y segunda partes (4a, 3a) de solapamiento, la sección transversal resultante de las partes (4a, 3a) de solapamiento solapadas corresponda sustancialmente a las secciones transversales de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) fuera de las partes (4a, 3a) de solapamiento.

15 La sección transversal resultante de las partes (4a, 3a) de solapamiento solapadas tiene y asegura un desarrollo sustancialmente continuo de la sección transversal a lo largo de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2). Como resultado de ello, las propiedades aerodinámicas de una pala de turbina eólica que comprende esta disposición corresponden sustancialmente a las que comprenden una única cubierta protectora con un desarrollo continuo de sección transversal entre sus extremos de punta y de raíz.

20 Las transiciones suaves entre la primera (1) y la segunda cubierta protectora (2) se logran cuando el sistema (10) de cubierta protectora se monta en el borde de ataque de una pala (55).

25 Una ventaja de esto es que el sistema (10) de cubierta protectora no se desprende, y puede que no se produzca en la pala erosión, o esta sea extremadamente limitada, cuando las cubiertas protectoras (1, 2) se solapen.

30 Ventajosamente, el sistema de cubierta protectora según la presente invención, cuando se monta en una pala de turbina eólica, evita que se reponga repetidamente la protección del borde de ataque de la pala de turbina eólica durante la vida operativa de la pala. Las pruebas han demostrado que el sistema de cubierta protectora según la invención puede durar en una pala de turbina eólica toda la vida útil de la pala.

35 A diferencia de otros protectores de protección contra la erosión, como cintas o revestimientos, una cubierta protectora (1, 2) del sistema (10) de cubierta protectora según la presente invención, no solo se adapta a la forma curvada del borde de ataque de una pala cuando está unida a la pala, sino que ya tiene la forma curva antes de montarse en una superficie curva. Por lo tanto, la manipulación de las cubiertas protectoras (1, 2) durante la reparación o fabricación de las palas (55) es más fácil que la manipulación de otros elementos o protectores contra la erosión, como cintas o revestimientos. Además, una cinta podría tener el mismo módulo de Young, pero no el mismo elongación a la rotura que una cubierta protectora 1, 2 según la presente invención.

40 Las formas de la primera y la segunda partes (3a, 4a) de solapamiento son sustancialmente complementarias, de modo que el sistema (10) de cubierta protectora tiene una superficie sustancialmente cerrada incluso si las partes (3a, 4a) de solapamiento no se acoplan entre sí, sino que solo se tocan entre sí. Por lo tanto, en caso de que la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) se dispongan una al lado de la otra y sus partes (3a, 4a) de solapamiento se dispongan una encima de la otra, pero no lo más cerca posible, surgirá un hueco muy pequeño en la superficie del sistema de cubiertas protectoras. Sin embargo, debido a las formas sustancialmente complementarias de las partes (3a, 4a) de solapamiento, el sistema (10) de cubierta protectora no tiene interrupciones y seguirá protegiendo la pala (55) subyacente.

50 En una realización de la invención, la primera parte (4a) de solapamiento se estrecha, al menos parcialmente, hacia el extremo (4) de la raíz de la primera cubierta protectora (1), y la segunda parte (2) de solapamiento se estrecha, al menos parcialmente, hacia el extremo (3) de la punta de la segunda cubierta protectora (2). Una parte de solapamiento cónica de este tipo perdonará más fácilmente cualquier variación de montaje.

55 En una realización adicional de la invención, cada una de la primera parte (1) de solapamiento y la segunda parte (2) de solapamiento comprenden al menos un escalón (5).

En otra realización de la invención, el escalón (5) es al menos parcialmente redondeado.

60 Según otra realización de la invención, una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) comprende un elemento saliente (6) en la primera o la segunda parte (4a, 3a) de solapamiento respectiva, y la otra de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) comprende un rebaje (7) en la otra primera o segunda parte (4a, 3a) de solapamiento respectiva, en donde el rebaje (7) está dispuesto para alojar el elemento saliente (6). Permite guiar las cubiertas durante el montaje.

65 Según otra realización de la invención, el rebaje (7) puede ser un orificio y el elemento saliente (6) puede tener forma de tetón.

Según la invención, al menos una de las cubiertas protectoras (1, 2) comprende un elastómero, p. ej., que comprende poliuretano o polietileno, preferiblemente un elastómero a base de poliuretano.

5 Cada una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene cuatro esquinas (8). Al menos una de estas esquinas (8) puede ser redondeada. Una esquina redondeada evita que la esquina de la cubierta protectora correspondiente se desprenda.

10 Según otra realización de la invención, la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) están preformadas en una forma curvada en una dirección lateral, y se extienden desde su extremo (3) de punta hasta su extremo (4) de raíz en una dirección longitudinal, en donde al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene una línea central (C) que discurre en la dirección longitudinal, y esta línea central está curvada de tal modo que la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tenga una altura de sagita (Hp).

15 Según otra realización de la invención, la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) están preformadas en una forma curvada en una dirección lateral, y se extienden desde su extremo (3) de punta hasta su extremo (4) de raíz en una dirección longitudinal, en donde cada una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene una línea central (C) que discurre en la dirección longitudinal, y un primer borde exterior (9a) y un segundo borde exterior (9b), discurrendo ambos en paralelo a la línea central (C). La primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tienen un grosor a lo largo de su línea central (C) que se estrecha hacia los respectivos bordes exteriores primero y segundo (9a, 9b).

Evitando que se desprendan las cubiertas.

25 Según otra realización de la invención, la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) están preformadas en una forma curvada en una dirección lateral, y se extienden desde su extremo (3) de punta hasta su extremo (4) de raíz en una dirección longitudinal, en donde al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) está curvada en la dirección longitudinal y/o se estrecha en la dirección longitudinal, preferiblemente hacia su extremo (3) de punta. Ventaja: Esto evita que las cubiertas protectoras se arruguen cuando se monten en una pala. El estrechamiento también evita que la cubierta protectora se desprenda, y proporciona una transición continua entre las cubiertas protectoras.

30 Según otra realización de la invención, la longitud de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) asciende a aproximadamente 2000 mm como máximo, preferiblemente a aproximadamente 1000 mm. Ventaja: Esto evita que las cubiertas protectoras se arruguen cuando se monten en una pala. El estrechamiento también evita que la cubierta protectora se desprenda, y proporciona una transición continua entre las cubiertas protectoras.

35 Según otra realización de la invención, al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) comprende una línea central (C) impresa en su superficie exterior (11) para facilitar el montaje sobre un borde (59) de ataque de una pala (55) de turbina eólica. Esto facilita la alineación de las carcasas y permite comprobar la calidad mediante medios ópticos, así como documentar la información relacionada con la calidad, p. ej., fotografías. La pala (55) de turbina eólica según la presente invención comprende un sistema (10) de cubierta protectora que está conectado a la pala (55) de turbina eólica a lo largo de un borde (59) de ataque de la pala (55). Una ventaja de esto es que se necesitan menos trabajos de reparación y se reducen los costes de mantenimiento. Además, es posible combinarlo con un sistema deshielo o un sistema de protección contra rayos (LPS, por sus siglas en inglés) debido a la propiedad de aislamiento eléctrico de las cubiertas 1, 2.

El método para montar un sistema (10) de cubierta protectora según la presente invención comprende las etapas de:

- 50 – proporcionar una pala (55) de turbina eólica, el sistema (10) de cubierta protectora según una de las reivindicaciones 1 y 2, y un adhesivo;
- 55 – aplicar el adhesivo sobre la pala (55) de la turbina eólica y/o sobre una superficie interior (12) de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2);
- 60 – colocar la primera cubierta protectora (1) sobre la pala (55) de la turbina eólica; y
- colocar la segunda cubierta protectora (2) sobre la pala (55) de la turbina eólica, donde la primera y la segunda partes (4a, 3a) de solapamiento de las cubiertas protectoras (1, 2) están dispuestas de tal modo que la primera y la segunda partes (3a, 4a) de solapamiento se solapen;
- 65 – opcionalmente, aplicar adhesivo adicional entre la primera y la segunda partes (4a, 3a) de solapamiento; y
- permitir que el adhesivo conecte firmemente la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) a la pala (55) de la turbina eólica.

Una realización de la invención comprende un sistema (10) de cubierta protectora según la reivindicación 1, que comprende, además

- 5 - un primer conjunto de cubiertas protectoras, cada una de las cubiertas protectoras del primer conjunto de cubiertas protectoras corresponde a una copia fiel de dicha primera cubierta protectora (1),
- un segundo conjunto de cubiertas protectoras, cada una de las cubiertas protectoras del segundo conjunto de cubiertas protectoras corresponde a una copia fiel de dicha segunda cubierta protectora (2),
- 10 - una cubierta protectora para la punta, y
- una cubierta protectora para las raíz.

15 Otra realización de la invención comprende un sistema de cubierta protectora según la reivindicación 6, en donde el radio del borde de ataque (LE, por sus siglas en inglés) de la primera cubierta protectora (1) es diferente del radio del LE de la segunda cubierta protectora (2).

20 Otra realización de la invención comprende un sistema de cubierta protectora según las reivindicaciones 6 o 7, en donde la primera cubierta protectora (1) tiene una longitud de cuerda de entre 0,5 (2 m desde la punta, de 1m a 3 m) y 1,3 (12 m desde la punta, preferiblemente de 9 a 24 m, más preferiblemente de 10m a 14 m) metros, y la segunda cubierta protectora (2) tiene una longitud de cuerda de aproximadamente 1,3 metros o más.

1/3 (-1/2 a) exterior de la longitud del LE: 50 % / 50 % para diferentes conjuntos de carcasas

25 Otra realización de la invención comprende un sistema de cubierta protectora según la reivindicación 6, en donde la primera cubierta protectora (1) tiene una longitud de cuerda de entre 0,5 y 1,3 metros, y la segunda cubierta protectora (2) tiene una longitud de cuerda de aproximadamente 1,3 metros o más.

30 Otra realización de la invención comprende un sistema de cubierta protectora según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en donde la cubierta protectora de la punta tiene un extremo barrido para cubrir y ajustarse la punta de la pala.

Precurvado - más curvado que otras carcasas

35 no es una copia exacta de la punta de la pala, pero está más curvada, por lo que se estira cuando se monta en la pala
Válido para todas las carcasas, pero más exagerado para la carcasa de la punta Punta cubierta o no cubierta/
punta abierta - ajuste más fácil a todas las variaciones de las puntas de las palas, pero tiene un menor rendimiento de protección contra la erosión que una punta cerrada - mejor protección, pero requiere poca variación en las puntas de las palas, por lo que se necesitan más variantes de carcasa

40 Otra realización de la invención comprende un sistema de cubierta protectora según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en donde la cubierta protectora de la raíz presenta una transición suave hacia el borde de ataque del lado de la raíz.

- extremo de raíz sin parte de solapamiento, sin orificio de pasador

45 transición suave hacia el borde de ataque en el lado de la raíz Opción: la carcasa de la raíz es la misma que el primer conjunto de carcasas

Ventajas:

50 En comparación con una carcasa de protección rígida, que solo puede montarse en una parte predefinida de la superficie delantera, el material con el que están construidas las cubiertas protectoras según la presente invención, tiene una cierta flexibilidad que permite su montaje a lo largo de una superficie mucho mayor a lo largo del borde de ataque. Como resultado, el número total de cubiertas protectoras diseñadas individualmente puede reducirse a un mínimo estricto. Las ventajas económicas resultantes con respecto a los costes de producción y la logística son bastante obvias e importantes. Dado que, en muchos casos, la forma de la superficie a lo largo del borde de ataque de una pala de turbina eólica solo cambia de manera suave, incluso es posible utilizar solo dos conjuntos diferentes de cubiertas protectoras, además de una cubierta protectora para la punta y una cubierta protectora para la raíz. Incluso es posible realizarlo con solo dos conjuntos de cubiertas protectoras, además de una cubierta protectora en la punta.

60 Como se indicó anteriormente, la forma de la superficie y, más precisamente, el radio del borde de ataque, a lo largo del borde de ataque de una pala de turbina eólica, cambia solo suavemente. Por lo tanto, se puede utilizar el mismo proceso de fabricación para construir las cubiertas protectoras de los diferentes conjuntos. Se puede utilizar el mismo molde 3D para múltiples tipos de palas. Esto se puede utilizar ventajosamente para reducir adicionalmente los costes de producción asociados.

65

La Figura 1 muestra una turbina eólica (técnica anterior)

La Figura 2 muestra una vista en planta de una pala de turbina eólica (técnica anterior)

5 La Figura 3 muestra el perfil de una pala de turbina eólica junto con el sistema de cubierta protectora según la invención

La Figura 4 muestra una vista en sección transversal de una cubierta protectora según una realización

10 Las Figuras 5 a 22 muestran otras realizaciones de la invención.

La Figura 23 muestra qué tan flexibles pueden ser las cubiertas protectoras 1 y 2

15 Una “pala de rotor de turbina eólica” también puede denominarse “pala de turbina eólica”. Una “cubierta protectora” para proteger un borde de ataque de una pala de turbina eólica contra la erosión, también puede denominarse “carcasa” o “escudo”.

20 La “cubierta protectora” según la presente invención está preformada. A la cubierta protectora se le otorga una forma curvada antes de montarla. Puede mecanizarse. Preferiblemente, está premoldeada. El término “preformada” también puede denominarse como preconformada. Según la presente invención, la “cubierta protectora” está preconformada en una forma curvada para adaptarse al menos a una parte de una pala (55) de turbina eólica. La “forma curvada” a la que se hace referencia en la reivindicación 1, también puede describirse como una forma similar a un canal o como un canal sustancialmente parabólico.

25 Es conocido en la técnica moldear una parte macho sobre la pala mediante el uso de un molde macho. La adhesión resultante puede ser de calidad superior. En contraste con este concepto, se puede utilizar un molde hembra, además del molde macho, para premoldear la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2), en lugar de moldearlas sobre la pala (55) con una o más cubiertas protectoras (1, 2).

30 Se prefieren las cubiertas de un poliuretano elastomérico. Este puede ser un material gomoso, elástico y flexible para permitir que la carcasa protectora se adapte fácilmente a la superficie de una pala de turbina eólica y para proporcionar suficiente elasticidad como para amortiguar el impacto de las influencias erosivas.

35 La cubierta superior puede ser horizontal. En otras palabras, puede tener cierta flexibilidad. Esto significa que la cubierta protectora puede ser flexible de tal manera que sea menos flexible que una cinta, pero más flexible que un componente rígido. La ventaja de una cubierta protectora preformada, pero flexible, es, por un lado, una forma curvada que facilita la manipulación de la cubierta y proporciona un buen ajuste a una superficie curvada y, por otro lado, el hecho de que la cubierta protectora puede adaptarse fácilmente a una gama de superficies curvadas diferentes, p. ej., en diferentes ubicaciones a lo largo de un borde de ataque de una pala de turbina eólica. En otras palabras, una cubierta protectora preformada y flexible, p. ej. hecha de un elastómero a base de poliuretano, puede adaptarse a diferentes superficies curvadas que tengan un intervalo de diferentes tasas de curvatura (ángulo) en un intervalo predeterminado de tasas de curvatura.

45 Con el fin de mantener las cubiertas protectoras (1, 2) en la pala 55 incluso después de ser golpeadas por un objeto extraño relativamente grande, tal como un ave o un fragmento de hielo, sin que se desprenda una cubierta protectora (1, 2), el sistema (10) de cubierta protectora está adherido a la pala (55), p. ej., mediante un adhesivo termoactivable. Al hacerlo, el adhesivo puede calentarse, p. ej., mediante una manta calefactora o una manta calefactora al vacío.

50 La Figura 1 muestra una típica turbina eólica (51) que comprende una torre (52), una góndola (53), un generador (56) y palas (55). Las palas (55) están fijadas a un buje (54). Captan la energía del viento, haciendo girar un generador (56) en la góndola (53). La torre (52) comprende los conductos eléctricos, soporta la góndola (53), y proporciona acceso a la góndola (53) para su mantenimiento.

55 La Figura 2 muestra una vista en planta de una pala (55) de rotor de turbina eólica que comprende una punta (57) y una raíz (58), un borde (59) de ataque y un borde (60) de salida. La pala (55) del rotor comprende, además, un hombro (61) cerca de la raíz (58) de la pala y una parte aerodinámica (62).

60 La Figura 3 muestra el perfil de una pala (55) de rotor de turbina eólica que incluye un borde (59) de ataque, un borde (60) de salida, así como los lados (65, 64) de succión y presión entre los bordes (59, 60) de ataque y de salida. El perfil mostrado en la Figura 3 comprende, además, un sistema (10) de cubierta protectora según la presente invención, que se coloca a lo largo del borde (59) de ataque de la pala (55) del rotor.

65 Figura 4 El sistema (10) de cubierta protectora para proteger contra la erosión un borde (59) de ataque de una pala (55) de turbina eólica, comprende una primera cubierta protectora (1) y una segunda cubierta protectora (2). La primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) comprenden un material polimérico. Las cubiertas (1, 2) están preformadas en una forma curvada para adaptarse al menos una parte de una pala (55) de turbina eólica, especialmente a lo largo del borde (59) de ataque de la pala (55).

Figura 5 Cada una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene un extremo (3) de punta y un extremo (4) de raíz. La primera cubierta protectora (1) comprende una primera parte (4a) de solapamiento en el extremo (4) de la raíz, y la segunda cubierta protectora (2) comprende una segunda parte (3a) de solapamiento en el extremo (3a) de la punta. La forma de la primera parte (4a) de solapamiento en el extremo (4) de la raíz de la primera cubierta protectora (1) es sustancialmente complementaria a la forma de la segunda parte (3a) de solapamiento en el extremo (3) de la punta de la segunda cubierta protectora (2), de modo que cuando se solapan estas primera y segunda partes (4a, 3a) de solapamiento, la sección transversal resultante de las partes (4a, 3a) de solapamiento solapadas corresponda sustancialmente a las secciones transversales de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras fuera de las partes de solapamiento.

La pala de turbina eólica comprende un sistema de cubierta protectora según la invención, en donde el sistema de cubierta protectora está conectado a la pala de turbina eólica a lo largo de un borde de ataque de esta pala.

El método para montar un sistema protector contra la erosión en un borde de ataque de una pala de rotor de turbina eólica, el método comprende las etapas de:

- proporcionar una pala de turbina eólica, una primera y una segunda cubiertas protectoras según la invención, y un adhesivo;
- aplicar el adhesivo sobre la pala de la turbina eólica y/o sobre una superficie interior de la primera y la segunda cubiertas protectoras;
- colocar la primera cubierta protectora sobre la pala de la turbina eólica;
- colocar la segunda cubierta protectora sobre la pala de la turbina eólica, en donde la etapa de colocar la segunda cubierta protectora sobre la pala de la turbina eólica implica disponer la primera y la segunda partes de solapamiento de tal modo que estas primera y segunda partes de solapamiento se solapen;
- opcionalmente, aplicar adhesivo adicional entre la primera parte de solapamiento y la segunda parte de solapamiento; y
- permitir que el adhesivo conecte firmemente la primera y la segunda cubiertas protectoras a la pala de la turbina eólica.

La invención se dirige a tener una carcasa 1, 2 de plástico que esté adherida a la superficie exterior de la pala 55, más específicamente al borde 59 de ataque. La carcasa 1, 2 se denomina en la presente memoria cubierta protectora 3. Puede tener una anchura W de +/- 100 mm con respecto al borde 59 de ataque de la pala 55 de la turbina eólica, véase la Figura 3.

La cubierta puede estar hecha de un polímero que comprenda poliuretano y un componente adicional. La carcasa es una placa protectora curvada en forma de canal parabólico. Está diseñado para montarse longitudinalmente a lo largo del borde de ataque de una pala de turbina eólica. La carcasa está moldeada en un proceso de moldeo. La carcasa está premoldeada, siendo aún así lo suficientemente flexible como para proporcionar un ajuste perfecto a la pala de la turbina.

El sistema de carcasa comprende una primera carcasa y una segunda carcasa. Cada carcasa tiene dos bordes cortos, en la presente memoria también denominados extremo (3) de punta y extremo (4) de raíz, y dos bordes largos, en la presente memoria también denominados bordes exteriores. Los bordes largos son más largos que los bordes cortos. El primer borde corto 4 está ubicado en un extremo del canal parabólico, y el segundo borde corto 3 está ubicado en el extremo opuesto del canal parabólico. Los dos bordes largos 9 son perpendiculares a los dos bordes cortos 3, 4.

La carcasa tiene una línea central C que se extiende longitudinalmente a lo largo del canal sustancialmente parabólico, en paralelo a los bordes largos 9. El grosor Tn de la carcasa es mayor a lo largo de la línea central C, y disminuye gradualmente hacia los dos bordes largos 9. El grosor Tn puede ser de 3 mm en la línea central C, véase la Figura 4

Sección de solapamiento: Un sistema de carcasa comprende al menos dos de las carcasas 1, 2 mencionadas anteriormente, que se tocan entre sí en sus bordes cortos 3, 4. Las carcasas pueden estar conectadas entre sí o interconectadas por diversos medios, p. ej., mediante un chaflán de borde y un tetón guía 6, véase la Figura 5.

Las partes 3a, 4a de solapamiento pueden tener una longitud Lo de 30 mm en la dirección longitudinal de la cubierta protectora 1, 2. El saliente 6 puede tener un diámetro Dp de 2 mm, y el rebaje 7 también puede tener un diámetro Dr de 2 mm. La longitud Lp del saliente puede ser de 3 mm, véase la Figura 7.

Las carcasas pueden estar interconectadas por medio de los elementos 5, 20, 21 de conexión, que sirven para guiar/conectar las dos carcasas 1, 2. El enclavamiento mecánico entre las carcasas 1, 2 se logra al tener elementos 5, 20, 21 de conexión que tienen forma de tetón. Esta forma reduce la concentración de tensión para el elemento 5, 20, 21 de conexión.

5 Consideración de transición: Parte interna biselada - sin exposición de la pala. Transición escalonada decreciente - proporciona grosor y resistencia que prolongan la vida útil.

10 Son posibles diferentes transiciones decrecientes en diferentes posiciones del borde de ataque, p. ej., los elementos 5 de conexión escalonados en el borde de ataque (es decir, en la línea central C) de la carcasa 1, 2, los elementos 20 de conexión escalonados que tienen bordes redondeados en un ancho de la carcasa de +/- 50 mm desde el borde de ataque (línea central C) y los elementos 21 de conexión cónicos desde +/- 50 mm hasta un ancho de +/- 100 mm (es decir, hasta los bordes exteriores 9, 9a, 9b), véanse la Figura 5 y la Figura 6.

15 La longitud de la cuerda de la pala es decisiva para la propiedad aerodinámica, por lo que debe ser lo más delgada posible. El grosor Tne en un extremo 4 de la carcasa puede ser de aproximadamente 0,05 mm. El redondeo de esquina de la esquina 8 con un radio R5, ayuda a evitar que la carcasa se desprenda, véase la Figura 7a

20 En un extremo 3, 4 en la dirección longitudinal de la carcasa, el área 3a, 4a de solapamiento puede tener una longitud de 20 a 40 mm, preferiblemente 30 mm. El grosor de la carcasa puede disminuir en la zona de solapamiento hasta alcanzar un grosor muy pequeño, en el intervalo de 0,03 mm a 0,07 mm, preferiblemente hasta aproximadamente 0,05 mm.

25 La carcasa puede tener una altura de desprendimiento Hp, denominada en danés Peelhejde (en español, altura de sagita). Esto significa que la carcasa 1, 2 puede estar curvada con un radio R2, es decir, la línea central C está curvada. Véase la Figura 8.

30 Es de otra tecnología para extruir elementos plásticos. Esta invención se dirige a superar la desventaja de tener un elemento de extrusión.

Tener una altura de sagita Hp permite que las carcasas sean moldeables. La diferencia de altura entre un extremo exterior de la carcasa y una posición en la línea central en el centro de la carcasa, puede ser de 3 a 7 mm, preferiblemente de aproximadamente 5 mm.

35 La altura de la sagita Hp se alcanza durante la fabricación de la carcasa. Cada una de las carcasas se moldeará como una sola pieza. Otra ventaja de moldear las carcasas es que cada carcasa puede hacerse a medida.

40 El sistema 10 de cubierta protectora que comprende una primera y una segunda cubierta protectora 1, 2 (primera y segunda carcasa) puede tener un ángulo abierto en el solapamiento OV. Esto significa que el ángulo entre la línea central C y el extremo 3, 4 de la raíz o la punta es inferior a 90 grados, y el ángulo entre el borde exterior 9 y el extremo 3, 4 de la raíz o la punta es superior a 90 grados. En el borde exterior 9, la distancia Dd puede ser de 3 mm, véase la Figura 9.

45 Cada solapamiento influye en el rendimiento aerodinámico de la pala. Es importante evitar el exceso de solapamiento y, por lo tanto, de material. Por lo tanto, el solapamiento es inferior a 30 mm.

50 Características de línea de adhesión: La hendidura, p. ej., con una separación de 20 mm entre las hendiduras, en la superficie interior asegura una mejor adhesión debido al hecho de que la hendidura atrapa el pegamento, véase la Figura 10

55 Una punta hecha a medida, tal como se muestra en la Figura 11, puede tener una longitud Lt en el intervalo de aproximadamente 530 mm a 630 mm, una anchura Wt1 de aproximadamente 50 mm en el extremo 3 de la punta de la carcasa 1, y una anchura Wt1 de aproximadamente 100 mm en el extremo 4 de la raíz de la carcasa 1. Además, en el extremo 3 de la punta de la carcasa 1, el Wt1 puede ser ligeramente mayor, de modo que se genere un radio R30 en el borde exterior de la carcasa. Por lo tanto, la punta de la pala está muy bien cerrada y, por lo tanto, protegida de la erosión, véase la Figura 11, que muestra una carcasa de punta (carcasa blanda de punta).

60 Cerrar la punta de la pala es una opción, como también se muestra en la Figura 12. Mejor transición de la punta. Se puede utilizar una única carcasa para el extremo de la punta.

65 Como alternativa, la carcasa 1 de la punta puede diseñarse para dejar la punta de la pala 30 al descubierto, es decir, sin cubrir, véase la Figura 12.

Ventajas

– En comparación con las soluciones de revestimiento y cinta, esta invención ofrece un método que se puede llevar a cabo en una sola etapa de trabajo

5 – Tener una altura de desprendimiento permite que las carcasas puedan moldearse. La altura de desprendimiento se consigue durante la fabricación de la carcasa. Cada carcasa se moldeará como una sola pieza.

– Otra ventaja de moldear las carcasas es que cada carcasa puede hacerse a medida

10 – Reducción de costos y reparaciones

Aspectos adicionales de la invención

La longitud de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) puede ascender a aproximadamente 2000 mm como máximo, preferiblemente a aproximadamente 1000 mm.

15 Ventaja: pala de buena longitud, a la vista de la ventana operativa (1,7 m), sin necesidad de reposicionar al propio trabajador.

Ventajas de la realización según la reivindicación 5:

20 En comparación con una carcasa de protección rígida, que solo puede montarse en una parte predefinida de la superficie delantera, el material con el que están construidas las cubiertas protectoras según la presente invención, tiene una cierta flexibilidad que permite su montaje a lo largo de una superficie mucho mayor a lo largo del borde de ataque. Como resultado, el número total de cubiertas protectoras diseñadas individualmente puede reducirse a un
25 mínimo estricto. Las ventajas económicas resultantes con respecto a los costes de producción y la logística son bastante obvias e importantes. Dado que, en muchos casos, la forma de la superficie a lo largo del borde de ataque de una pala de turbina eólica solo cambia de manera suave, incluso es posible utilizar solo dos conjuntos diferentes de cubiertas protectoras, además de una cubierta protectora para la punta y una cubierta protectora para la raíz. Incluso es posible realizarlo con solo dos conjuntos de cubiertas protectoras, además de una cubierta protectora en la
30 punta.

Ventajas de la realización según la reivindicación 6: Como se indicó anteriormente, la forma de la superficie y, más precisamente, el radio del borde de ataque, a lo largo del borde de ataque de una pala de turbina eólica, cambia solo suavemente. Por lo tanto, se puede utilizar el mismo proceso de fabricación para construir las cubiertas protectoras de los diferentes conjuntos. Se puede utilizar el mismo molde 3D para múltiples tipos de palas. Esto se puede utilizar ventajosamente para reducir adicionalmente los costes de producción asociados.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (10) de cubierta protectora para proteger contra la erosión un borde (59) de ataque de una pala (55) de rotor de turbina eólica,
- 5 el sistema (10) que comprende una primera cubierta protectora (1) y una segunda cubierta protectora (2), ambas comprenden un polímero y están preformadas en una forma curvada para alojar al menos una parte de una pala (55) de rotor de turbina eólica a proteger,
- 10 cada una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) tiene un extremo (3) de punta y un extremo (4) de raíz,
- en donde la primera cubierta protectora (1) comprende una primera parte (4a) de solapamiento en el extremo (4) de la raíz, y
- 15 la segunda cubierta protectora (2) comprende una segunda parte (3a) de solapamiento en el extremo (3) de la punta,
- en donde la forma de la primera parte (4a) de solapamiento es sustancialmente complementaria a la forma de la segunda parte (3a) de solapamiento, de tal modo que cuando se superponen las partes (4a, 3a) de solapamiento primera y segunda, la sección transversal resultante de las partes (4a, 3a) de solapamiento solapadas corresponde sustancialmente a las secciones transversales de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) fuera de las partes (4a, 3a) de solapamiento; y
- 20 **caracterizado porque**
- al menos una de las cubiertas protectoras (1, 2) comprende un elastómero, p. ej., que comprende poliuretano o polietileno.
- 25 2. El sistema (10) de cubierta protectora según la reivindicación 1, en donde la longitud de al menos una de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) asciende a aproximadamente 2000 mm como máximo, preferiblemente a aproximadamente 1000 mm.
- 30 3. La pala (55) de turbina eólica comprende un sistema (10) de cubierta protectora según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema (10) de cubierta protectora está conectado a la pala (55) de turbina eólica a lo largo de un borde (59) de ataque de la pala (55).
- 35 4. Método para montar un sistema (10) de cubierta protectora según una de las reivindicaciones 1 a 2, en un borde (59) de ataque de una
- pala (55) de turbina eólica,
- el método comprende las etapas de:
- 40 -proporcionar una pala (55) de turbina eólica, el sistema (10) de cubierta protectora según una de las reivindicaciones 1 a 2, y un adhesivo;
- aplicar el adhesivo sobre la pala (55) de la turbina eólica y/o sobre una superficie interior (12) de la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2);
- 45 -colocar la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) sobre la pala (55) de la turbina eólica, en donde la primera y la segunda partes (4a, 3a) de solapamiento de las cubiertas protectoras (1, 2) se disponen de tal modo que la primera y la segunda (3a, 4a) de solapamiento se superpongan;
- opcionalmente, aplicar adhesivo adicional entre la primera y la segunda partes (4a, 3a) de solapamiento; y
- 50 -permitir que el adhesivo conecte firmemente la primera y la segunda cubiertas protectoras (1, 2) a la pala (55) de la turbina eólica.
5. El sistema (10) de cubierta protectora según la reivindicación 1, que comprende además
- 55 -un primer conjunto de cubiertas protectoras, cada una de las cubiertas protectoras del primer conjunto de cubiertas protectoras corresponde a una copia fiel de dicha primera cubierta protectora (1),
- 60 -un segundo conjunto de cubiertas protectoras, cada una de las cubiertas protectoras del segundo conjunto de cubiertas protectoras corresponde a una copia fiel de dicha segunda cubierta protectora (2),
- una cubierta protectora para la punta, y
- una cubierta protectora para la raíz.
6. El sistema de cubierta protectora según la reivindicación 5, en donde el radio del borde de ataque (LE) de la primera cubierta protectora (1) es diferente del radio del LE de la segunda cubierta protectora (2).

ES 2 991 889 T3

7. El sistema de cubierta protectora según las reivindicaciones 5 o 6, en donde la primera cubierta protectora (1) tiene una longitud de cuerda de entre 0,5 y 1,3 metros, y la segunda cubierta protectora (2) tiene una longitud de cuerda de aproximadamente 1,3 metros o más.
- 5 8. El sistema de cubierta protectora según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en donde la cubierta protectora de la punta tiene un extremo barrido para cubrir y ajustar la punta de la pala.
9. El sistema de cubierta protectora según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en donde la cubierta protectora de la raíz presenta una transición suave hacia el borde de ataque del lado de la raíz.

Figura 1

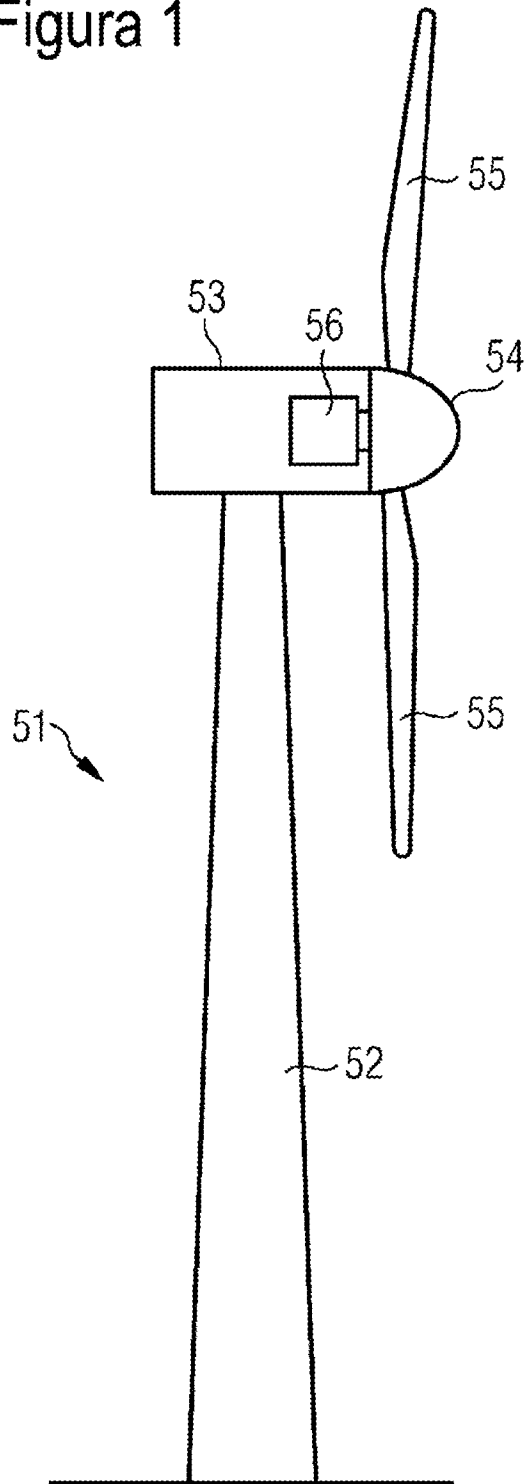


Figura 2

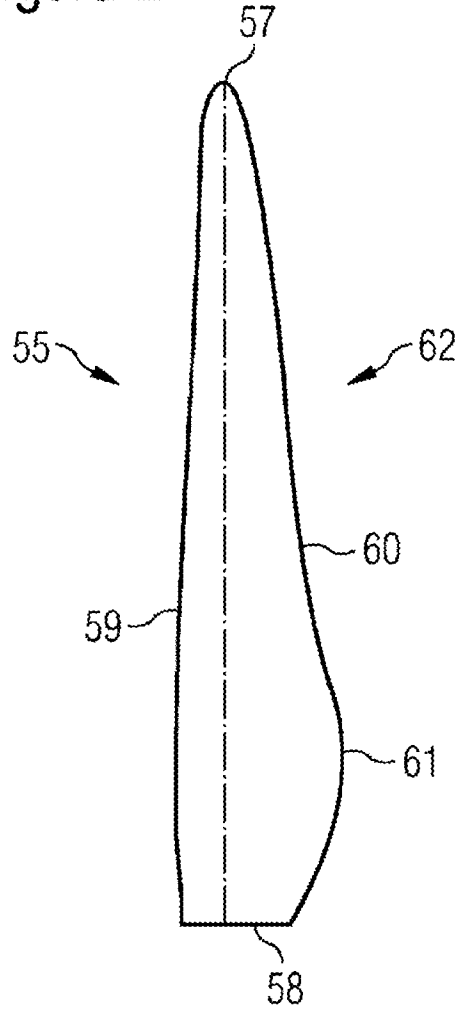


Figura 3

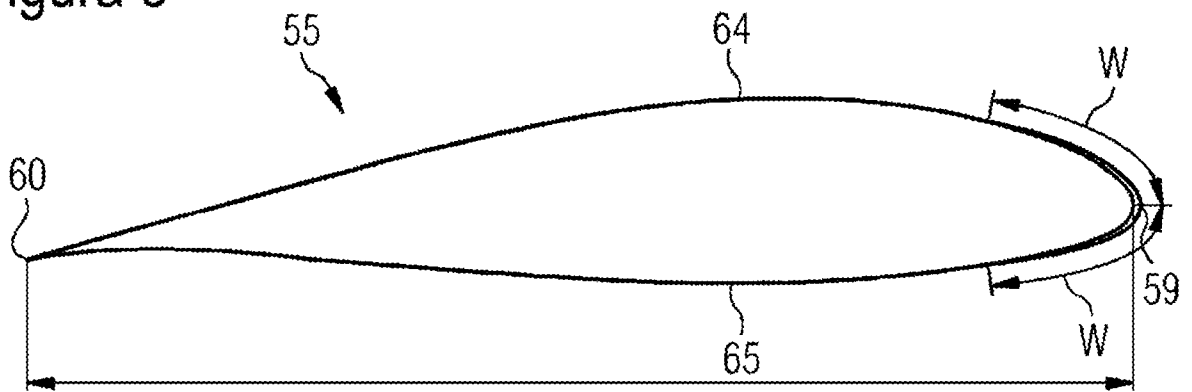


Figura 4

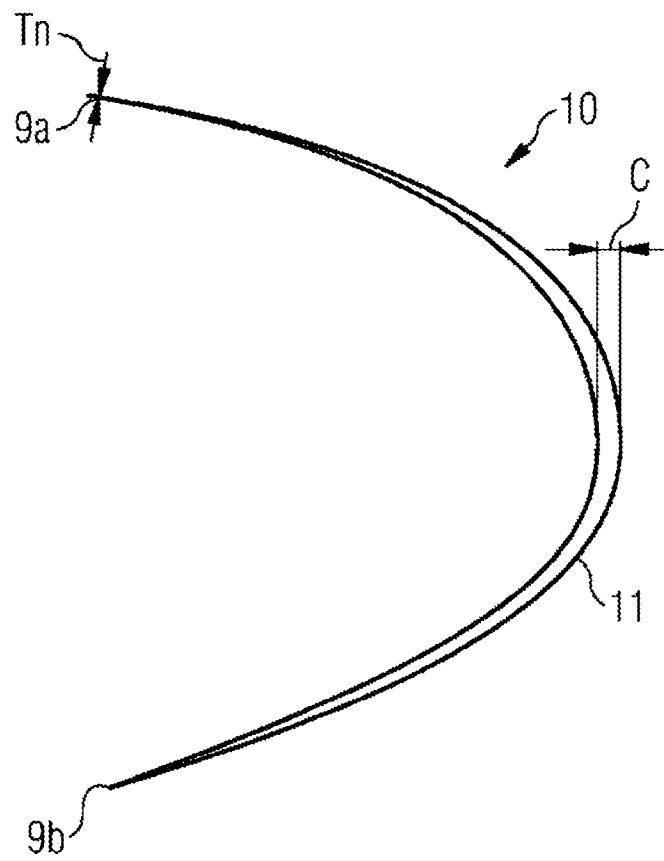


Figura 5

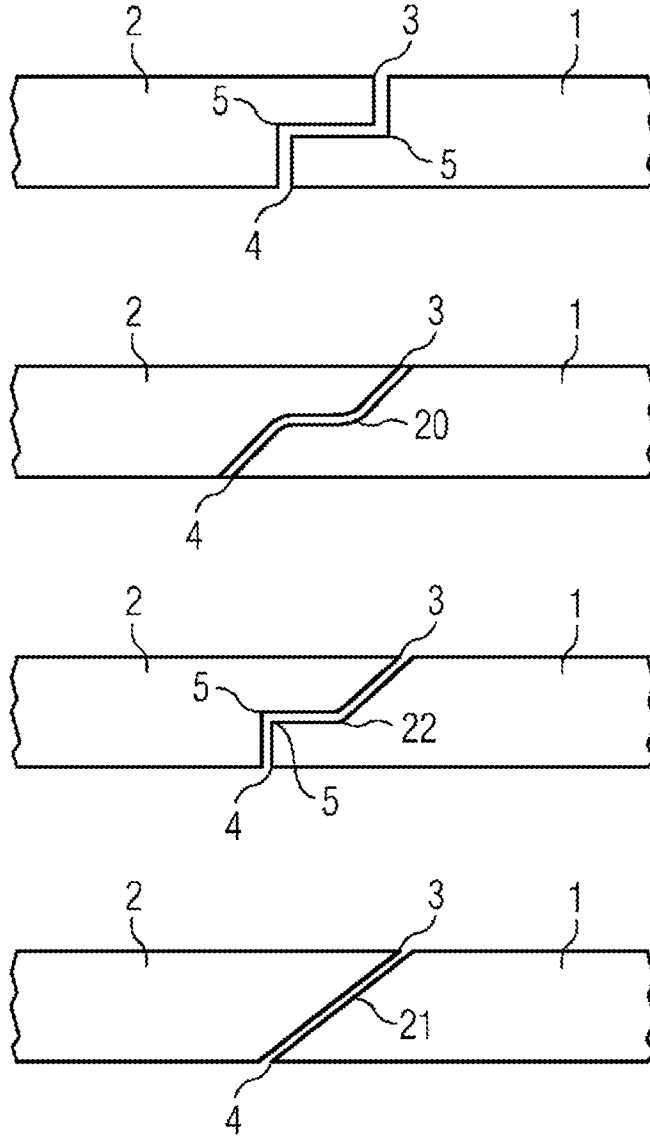


Figura 6

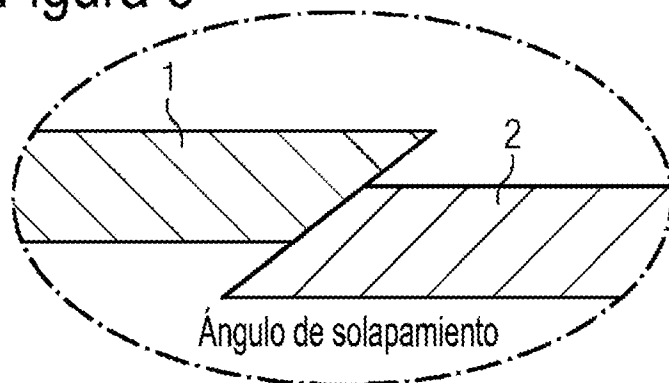


Figura 7

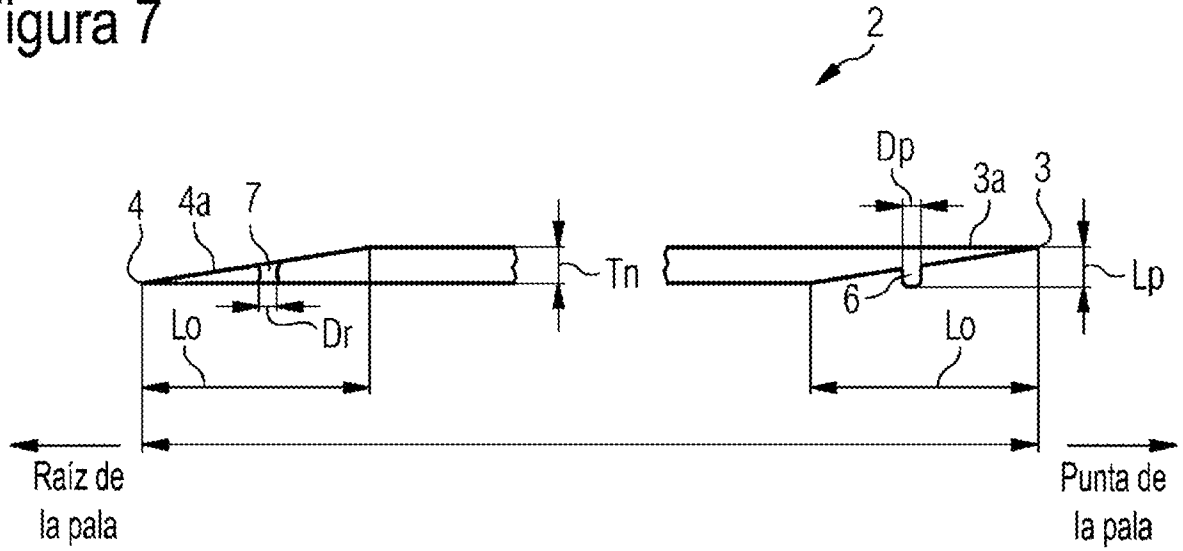


Figura 7A

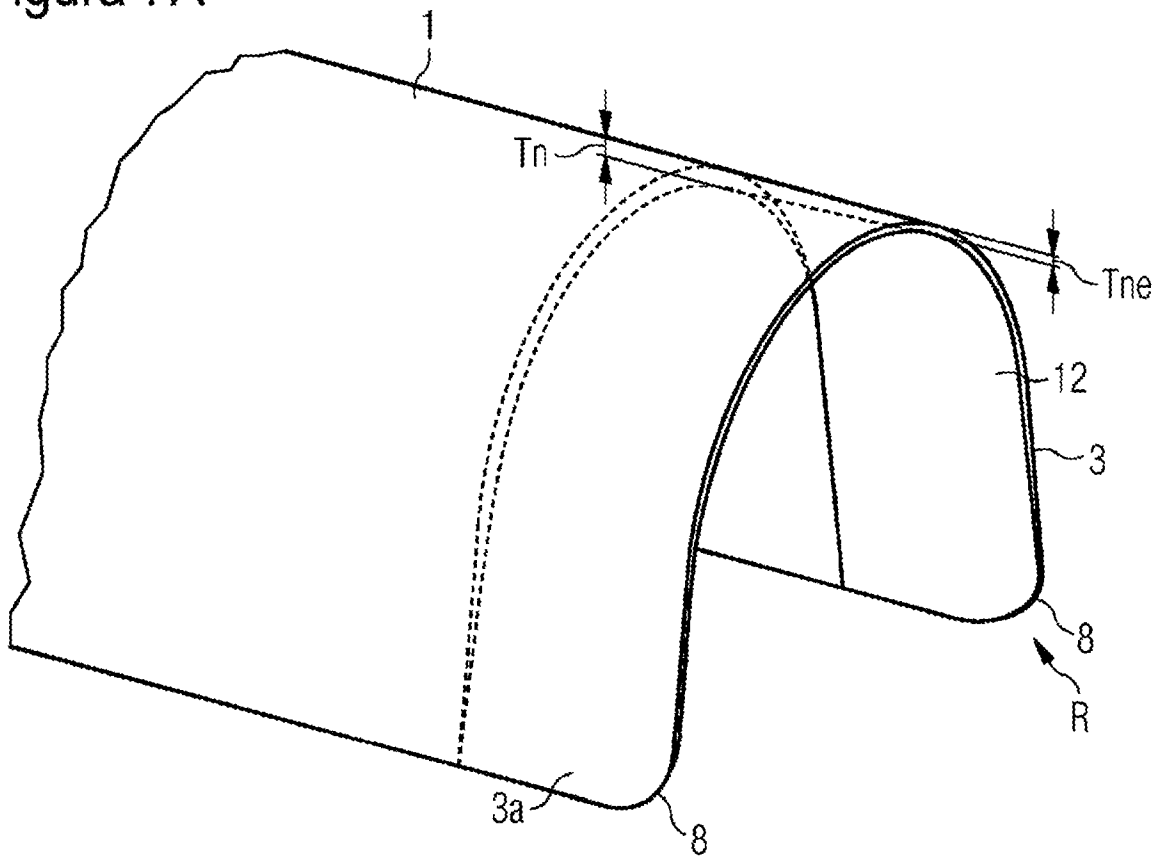


Figura 10

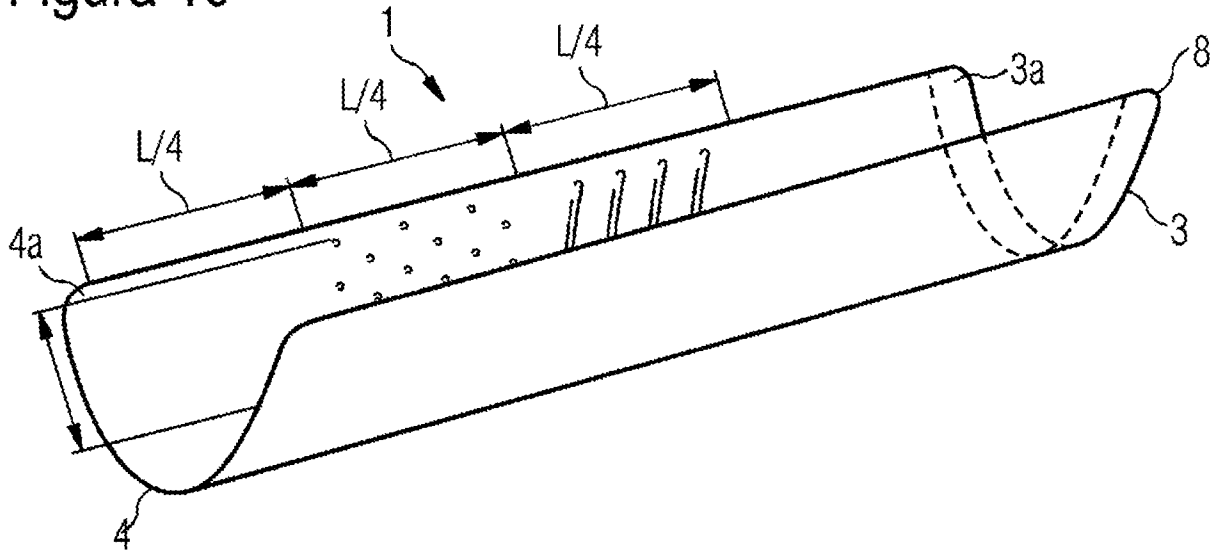
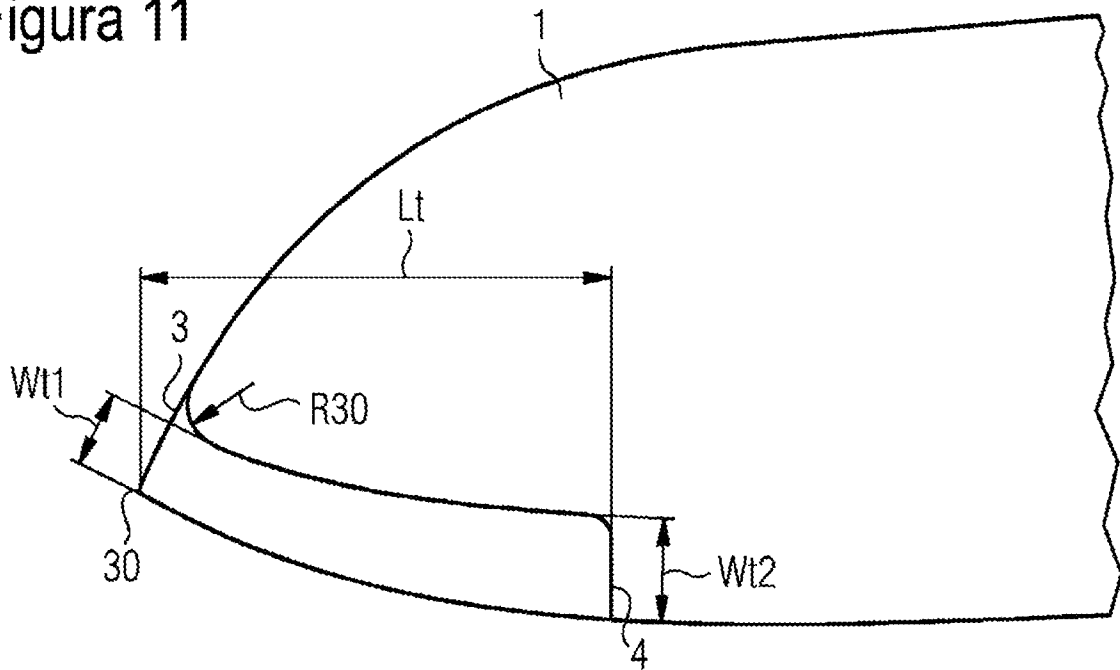


Figura 11



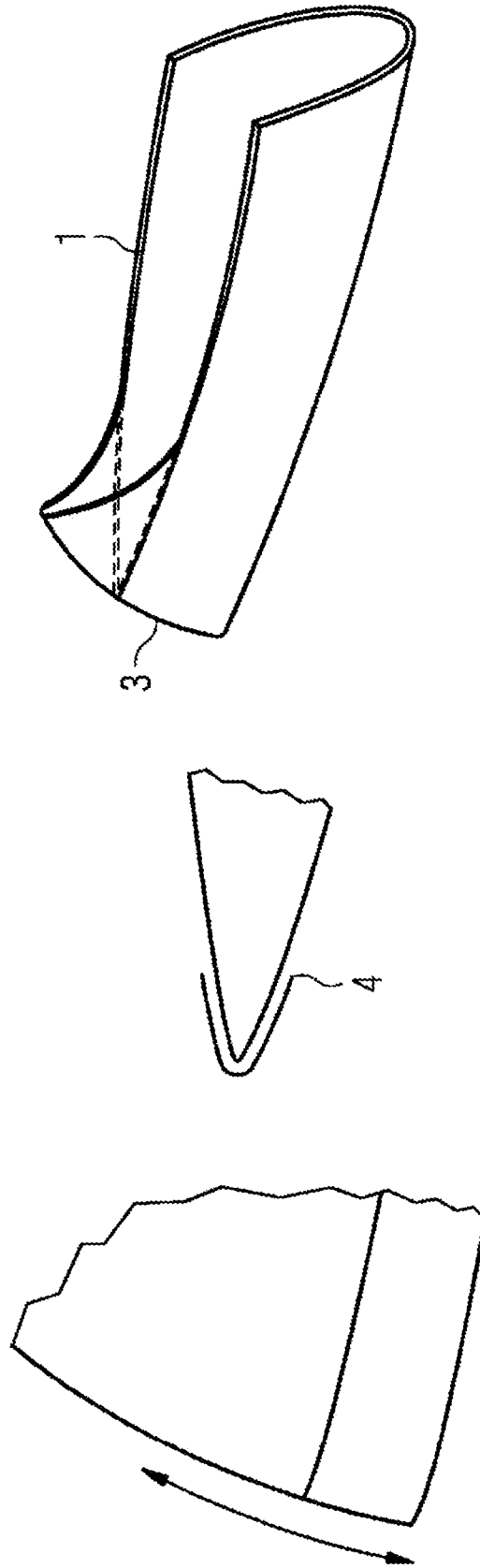


Figura 12

Figura 13

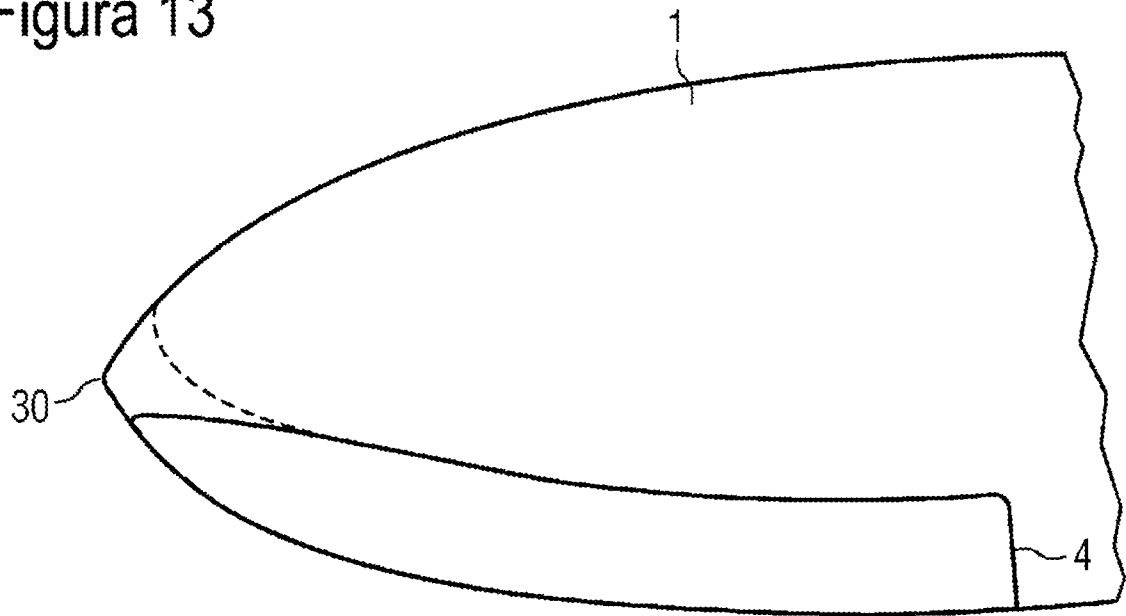


Figura 14

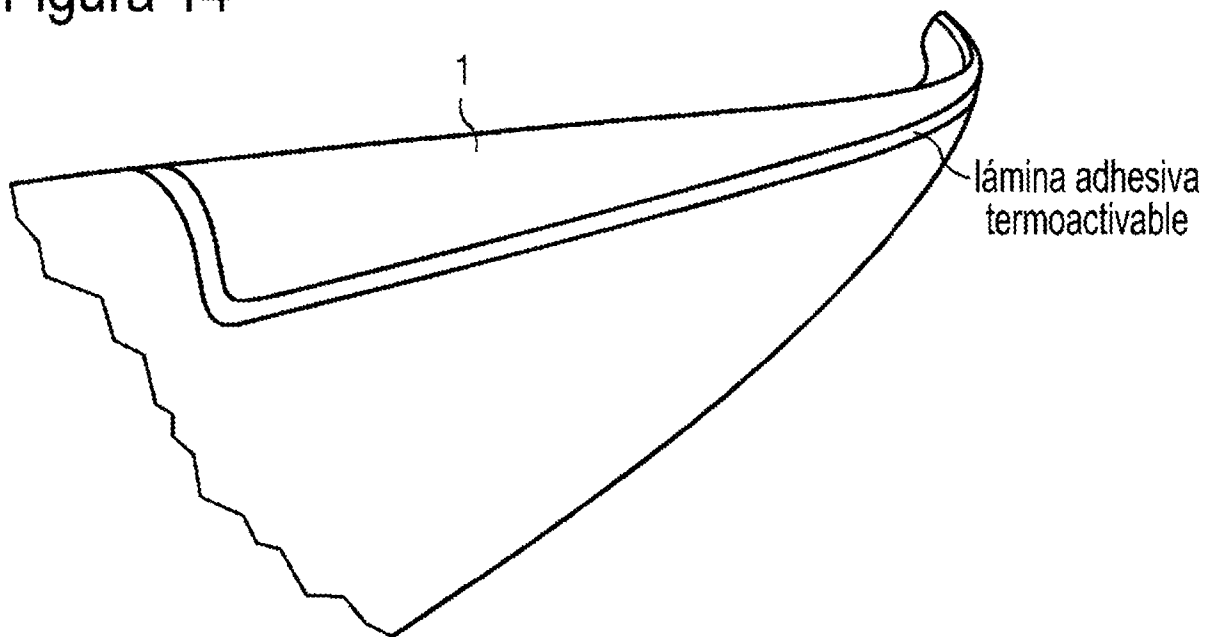


Figura 15

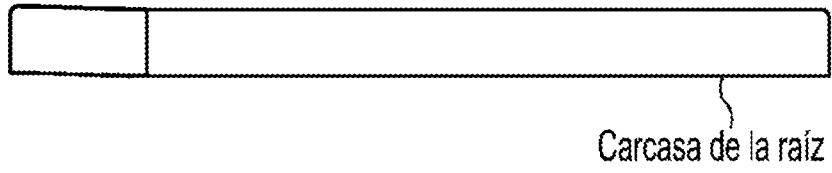


Figura 16



Figura 17

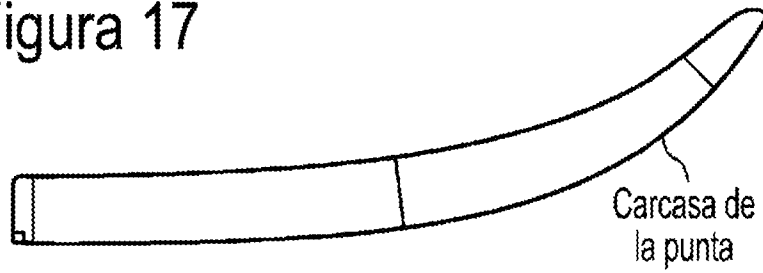


Figura 18



Figura 19

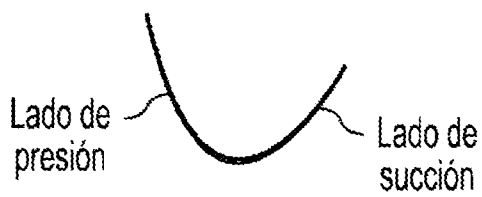


Figura 20

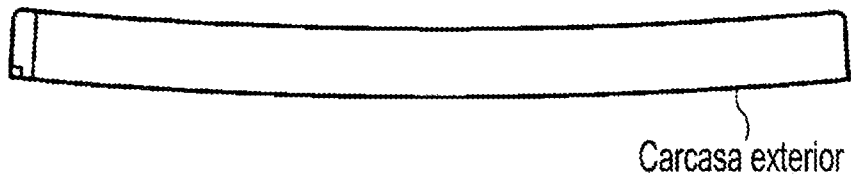


Figura 21

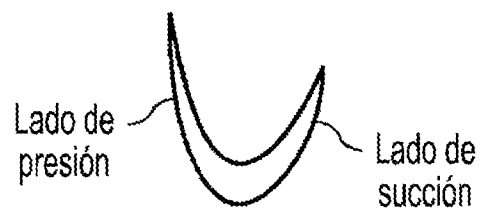


Figura 22

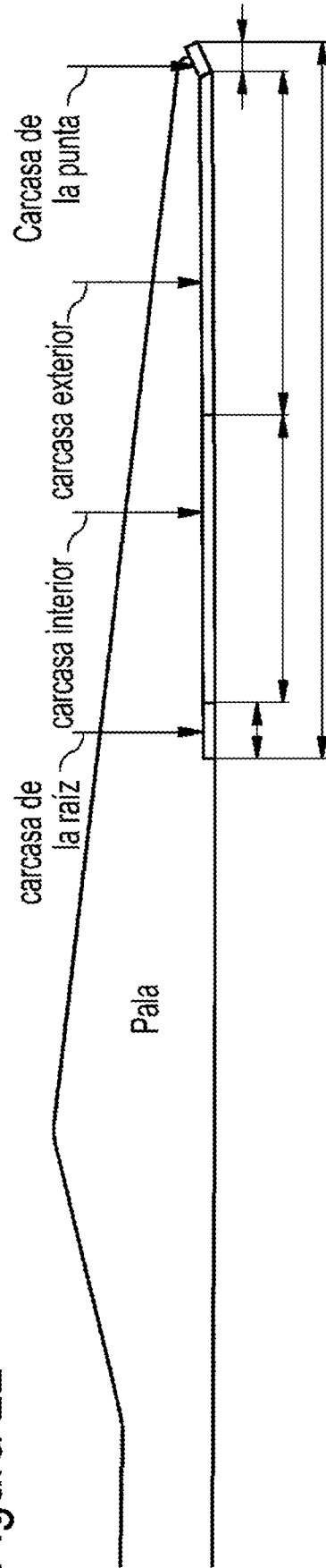


Figura 23

