

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 664**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2009 E 09742120 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 2288807**

54 Título: **Pala seccional**

30 Prioridad:

07.05.2008 DK 200800649
07.05.2008 US 126998 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HANCOCK, MARK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 436 664 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 seccional

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una pala modular para una turbina eólica, comprendiendo la pala al menos una primera y una segunda porciones de la pala que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta.

Antecedentes de la invención

Las turbinas eólicas modernas comprenden una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica, típicamente tres palas, teniendo cada pala un peso de hasta 15 toneladas y una longitud de hasta 55 metros.

10 Tradicionalmente, una pala comprende dos partes de carcasa, una que define una parte de la carcasa del lado de barlovento y otra que define una parte de la carcasa del lado de sotavento. Cada una de las partes de la carcasa tradicionalmente está fabricada en una sola pieza. Para reforzar dicha pala, un elemento longitudinal y tubular con forma cuadrangular o de brazo, esto es, un larguero, puede actuar como un brazo de refuerzo que discorra en sentido longitudinal, esto es, en la dirección longitudinal de la pala. El larguero está situado en la cavidad dispuesta entre las dos partes de la carcasa de la turbina eólica y se extiende sustancialmente a todo lo largo de la cavidad de
15 la carcasa con el fin de incrementar la resistencia y la rigidez de la pala de turbina eólica. Una pala también puede estar reforzada con dos o más largueros situados en sentido longitudinal lado con lado.

Dado que el tamaño de las turbinas eólicas y por tanto de las palas de las turbinas eólicas sigue aumentando, las instalaciones de fabricación y los medios de transporte también deben incrementarse para manejar palas del tamaño requerido. Ello también incrementa la exigencia de factores logísticos e incrementa los costes asociados.

20 El documento DE 10 2007 020439 divulga una pala que presenta partes de pala que están dispuestas de tal manera que quedan firmemente conectadas entre sí mediante un conector y unos elementos de conector. El conector presenta una barra de conexión, y un casquillo de retención que está adaptado para retener la barra la conexión. La barra de conexión y el casquillo de retención presentan una sección transversal rectangular, una sección transversal elíptica y una pared de separación. El conector se fabrica mediante infusión al vacío.

25 El documento WO 2008/012615 divulga un sistema de generación de energía en el que una turbina está montada encima de una torre o amarrada bajo el agua. La turbina incluye un rotor que incorpora una pala principal conectada a un buje del rotor y una sección de expansión. Un dispositivo de ajuste sitúa la pala de expansión entre una posición retraída dentro de la pala principal y una posición extendida para exponer una parte mayor o menor del rotor al flujo de fluido. Una estructura de la pala de rotor extensible proporciona un soporte para una carcasa de
30 superficie aerodinámica mediante la extensión de un brazo estructural de una porción de base de la pala de dicha pala de rotor a través de un módulo telescópico de dicha pala, ambos cuando una porción de la pala de extensión de dicha pala de rotor se retrae y se extiende.

El documento US 2005/011394 divulga una pala de rotor principal que incluye una sección de la punta que incorpora una tapa de empalme, un larguero estructural de la punta, un núcleo y unos revestimientos superior e inferior de la
35 punta. La sección de la punta está montada sobre una sección central de la pala mediante el montaje del larguero de la punta sobre un larguero de la pala principal. El larguero de la punta incluye una primera superficie sustancialmente paralela a una segunda superficie. Las primera y segunda superficies se extienden cada una a partir de una banda de cizalla entre una y otra para definir la forma genérica de C en sección transversal. La banda de cizalla generalmente soporta las cargas torsionales de la pala del rotor y elimina el núcleo estructural hasta ahora necesario. Una sección del larguero de la punta se superpone a una sección del larguero principal de la pala. La
40 sección de la punta transfiere así las cargas soportadas mediante la interacción entre las secciones del larguero superpuestas. El núcleo de la sección de la punta y los revestimientos no necesitan ser elementos estructurales dado que el larguero de la punta soporta las cargas torsionales de la sección de la punta de la pala del rotor.

Sumario de la invención

45 Es un objetivo de las formas de realización de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica mejorada que comprenda al menos dos porciones y que proporcione un procedimiento mejorado de fabricación de dicha pala.

En un primer aspecto, la invención proporciona una pala modular para una turbina eólica, comprendiendo la pala al menos una primera porción de la pala y una segunda porción de la pala que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta, donde cada porción de la pala comprende una sección de larguero que forma un miembro
50 estructural de la pala y que discurre en sentido longitudinal, estando la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero que se extiende por dentro de ambas porciones de la pala para facilitar la unión de dichas porciones de la pala, y donde el puente del larguero une las secciones del larguero.

Las secciones del larguero pueden cada una reforzar una porción de la pala, como un larguero tradicional que actúa como brazo de refuerzo en una pala de turbina eólica tradicional.

5 En una forma de realización preferente, la junta entre las dos porciones de la pala puede ser transversal con respecto a la longitud de la pala, permitiendo así que una pala comprenda unas secciones más pequeñas en comparación con una pala tradicional fabricada con partes de carcasa de tamaño natural.

Las porciones de la pala pueden ser más pequeñas que las carcasas de la pala normales, y las porciones de la pala pueden ser más fáciles de transportar desde un emplazamiento de fabricación hasta un emplazamiento de ensamblaje para ser ensambladas, en comparación con las palas de una sola pieza. Así mismo, el emplazamiento de ensamblaje puede estar situado cerca del lugar donde la pala de la turbina va a ser utilizada.

10 Mediante la fabricación de la pala con partes diferentes, estas partes pueden ser transportadas no ensambladas, facilitando con ello el transporte con la posibilidad de reducir los costes asociados.

15 La junta puede estar dispuesta aproximadamente en la parte media de la pala, proporcionando porciones de la pala de aproximadamente la misma longitud. Sin embargo, las porciones de la pala pueden también tener una longitud diferente. A modo de ejemplo, la primera porción de la pala puede definir una primera porción principal de la pala, mientras que una segunda porción de la pala puede definir una porción de la punta.

20 En una forma de realización de la invención la segunda porción de la pala puede formar una punta alar. Las puntas alares pueden disponerse en diferentes configuraciones tales como, por ejemplo, una punta doblada muy apuntada en un ángulo de unos pocos grados hasta 90° con respecto a la dirección longitudinal de la pala, o de forma que la punta se doble gradualmente. De esta forma se consigue que la pala pueda ser transportada por partes que pueden ser, por ejemplo, relativamente planas en comparación con una pala tradicional con la punta alar, facilitando con ello el transporte con la posibilidad de reducir los costes asociados.

25 La punta de la pala repercute en el rendimiento de la pala de la turbina eólica así como la emisión de ruido. Mediante el montaje separable de punta alar del resto de la pala, se consigue, por ejemplo, que la punta de la pala pueda ser intercambiada con las turbinas eólicas existentes para de esta manera ajustar el rendimiento o la emisión de ruido de la turbina eólica mediante la fijación de unas puntas que se extiendan en ángulos diferentes con respecto al sentido longitudinal de la pala o a puntas de diferentes tamaños y / o formas. Así mismo, dado que la punta de la pala a menudo es vulnerable a los daños durante su transporte, manejo o funcionamiento, una punta de la pala separable o una punta alar de acuerdo con lo anterior también puede ser ventajosa en el sentido de facilitar el intercambio de la punta dañada de la pala.

30 Así mismo, la pala puede comprender más de una junta, y, por tanto, comprender más de dos porciones de la pala y más de un puente de larguero para cada junta.

Cada porción de la pala puede comprender dos partes de carcasa, una que defina una parte de carcasa del lado de barlovento y otra que defina parte de la carcasa del lado de sotavento. Estas partes de la carcasa pueden ser ensambladas antes de unir las primera y segunda porciones de la pala.

35 La primera porción de la pala y la segunda porción de la pala están estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero que se extiende por el interior de ambas porciones de la pala para facilitar la unión de ambas porciones de la pala.

40 El puente de larguero puede ser un elemento longitudinal que puede presentar una configuración de forma cuadrangular, cilíndrica, o cualquier otra configuración, como por ejemplo una configuración de viga doble T. puede formar parte del refuerzo longitudinal de la pala de la turbina eólica convirtiéndose así en parte del refuerzo de la pala.

45 Así mismo, el puente de larguero puede ser un elemento macizo o parcialmente macizo, o un elemento tubular. Se debe entender que el término "elemento tubular" de acuerdo con lo expuesto significa un elemento hueco con una configuración alargada. La configuración puede ser no uniforme. La configuración geométrica externa puede tener forma rectangular, una forma parcialmente circular, una forma ovalada o cualquier otra forma. La configuración geométrica interna (en caso de que exista) puede ser diferente de la configuración externa, definiendo con ello un elemento tubular en forma de anillo alargado con una configuración arbitraria.

50 Las secciones de larguero pueden presentar una forma alargada y pueden ser huecas lo que facilita que el puente de larguero pueda ser alojado en las secciones de larguero. A modo de ejemplo, el puente de larguero puede estar insertado parcialmente en ambas secciones de larguero permitiendo que las secciones de la pala sean unidas alrededor del puente de larguero, esto es, una o ambas de las secciones de larguero pueden formar una cavidad, y el puente de larguero se puede extender por el interior de la cavidad.

55 En otra forma de realización, el puente de larguero puede superponerse parcialmente sobre cada una de las secciones de larguero sin que quede alojada en las secciones de larguero y facilitando así la unión de dos porciones de la pala adyacentes.

5 En una forma de realización, el puente de larguero puede formar parte de las porciones de la pala y por tanto pueden no constituir un elemento separado. Así mismo, el puente de larguero puede comprender una extensión que sobresalga sobre una de las secciones de larguero y con ello puede formar una sección de larguero extendida y la otra de las secciones de larguero puede estar adaptada para recibir la sección y, de esta manera, puede formar una sección de larguero de recepción.

10 Las secciones de larguero pueden ser sustancialmente rectangulares o en forma de viga doble T, por ejemplo, con esquinas redondeadas. En consecuencia, una sección de larguero de recepción puede comprender dos tapas de larguero de recepción unidas con dos o más bandas de recepción. Dado que la sección de larguero extendida puede ser recibida en la sección de larguero de recepción, las tapas de larguero extendidas y las tapas de larguero de recepción pueden superponerse entre sí en al menos una parte de la longitud de la sección de larguero extendida. Para limitar el grosor del material de las tapas de larguero superpuestas, el grosor de las tapas de larguero de recepción puede estar ahusado hacia abajo en dirección a la junta, esto es a lo largo de al menos una parte de la longitud de la sección de larguero de recepción.

15 Para facilitar que la sección de larguero extendida pueda ser recibida dentro de la sección de larguero de recepción, el puente de larguero puede terminar axialmente en un extremo en el que presente una sección transversal menor con respecto al de la sección media de la junta.

20 Así mismo, el puente de larguero puede comprender dos tapas de larguero extendidas unidas con una o más bandas extendidas. Las tapas de larguero extendidas pueden formar unas superficies inferior y superior de forma sustancialmente rectangular, o las bridas de una viga doble T. Estas tapas de larguero extendidas pueden por tanto estar unidas con las una o más bandas extendidas que estén situadas sustancialmente en posición vertical para formar las secciones de larguero sustancialmente rectangulares o con forma de viga doble T.

25 Para limitar el grosor del material, las tapas de larguero de extensión y recepción en el punto en que se superponen entre sí, el grosor de algunas tapas, por ejemplo las tapas de larguero extendidas, puede estar ahusado hacia abajo lejos de la junta, esto es, a lo largo de al menos una parte de la longitud de la sección de larguero extendida. "Ahusado" significa en el presente documento que el grosor se reduce ya sea gradualmente o por incrementos.

En una forma de realización específica, el grosor de las tapas de larguero de recepción se ahúsa hacia abajo mediante una superposición entre la sección de larguero de recepción y la sección de larguero extendida. El ahusamiento facilita la inserción y retirada y puede permitir que las cargas de flexión sean transmitidas con menos esfuerzo de cizalla sobre las bandas de conexión.

30 Al unir las dos porciones de la pala, pueden producirse fuerzas de cizalla entre estas porciones de la pala cuando la pala rota. Por tanto, puede ser una ventaja, si las secciones de larguero están dimensionadas unas con respecto a otras, de forma que las fuerzas de cizalla entre una de las secciones de larguero y el puente de larguero puedan ser directamente incluidas entre las bandas de recepción y las bandas de extensión. Las secciones de larguero pueden ser optimizadas para obtener un momento de flexión de plano dominante a partir de las cargas de empuje aerodinámicas respecto de las cargas menores oblicuas dominadas por la gravedad.

35 A modo de ejemplo, las fuerzas de cizalla pueden ser incluidas entre las bandas de recepción y las bandas de extensión por medio de unas configuraciones de interbloqueo y el contacto entre las bandas de recepción y las bandas de extensión. Las configuraciones de interbloqueo se debe entender que definen unas configuraciones que impidan o al menos reduzcan al mínimo el movimiento de las bandas de extensión y de las bandas de recepción unas con respecto a otras en un plano en sección transversal. De esta manera, las tapas de larguero pueden resistir fundamentalmente las cargas de flexión, mientras que las bandas pueden ofrecer fundamentalmente resistencia a la cizalla que se produzca fundamentalmente desde la dirección de plano.

40 En una forma de realización, las bandas de recepción y las bandas de extensión pueden tener una sección transversal en forma hexagonal, mientras que las bandas en una forma de realización alternativa pueden tener unos correspondientes salientes y unas indentaciones que faciliten que la sección de larguero de recepción y la sección de larguero de extensión estén bloqueadas una respecto de otra.

45 Para incrementar aún más el nivel de bloqueo de la sección de larguero extendida y de la sección de larguero de recepción una respecto de otra, una posición de las configuraciones de interbloqueo de las bandas de recepción y de las bandas de extensión una con respecto a otra, puede ser soportada por un miembro de soporte que se extienda en sentido transversal con respecto a la dirección longitudinal. A modo de ejemplo, el miembro de soporte puede ser uno o más montajes de perno y tuerca.

50 En una forma de realización, la sección de larguero de recepción puede formar una cavidad con una forma que se corresponda con la forma de la extensión de manera que el contacto entre una superficie interna de la cavidad y una superficie externa de la extensión se establezca en las inmediaciones de la junta y de forma que se establezca un espacio entre la superficie interna de la cavidad y la superficie externa de la extensión en la posición más alejada de la junta.

Cuando se establece el contacto entre la superficie externa de la extensión y la superficie interna de la cavidad en las inmediaciones de la junta, el desplazamiento de la extensión con respecto a la sección de larguero de recepción puede ser limitada o incluso evitada.

5 Por el contrario, un espacio entre la superficie interna de la cavidad y la superficie externa de la extensión más alejado de la junta puede dejar un espacio para un miembro de sujeción adicional que puede también facilitar la sujeción de la extensión con respecto a la cavidad de la sección de recepción.

A modo de ejemplo, el miembro de sujeción puede estar situado en un asiento que presente una forma interior que se corresponda con la forma exterior del extremo libre de la extensión. El miembro de sujeción puede formar parte del larguero de recepción y puede ser un elemento separado que pueda quedar sujeto al larguero de recepción.

10 Para facilitar el transporte de la pala modular, al menos una de las secciones de larguero puede comprender una superficie externa que forme parte de una superficie externa aerodinámicamente activa de la pala.

15 De esta manera, al menos una de las secciones de larguero puede no estar completamente encapsulada dentro de cada una de las partes de la carcasa de la pala de la turbina. Por tanto, el larguero puede ser más fácilmente transportado desde el emplazamiento de fabricación hasta un emplazamiento de ensamblaje en comparación con grandes carcasas de la palas o con las palas completas. El emplazamiento de ensamblaje puede estar situado próximo al lugar donde la pala de turbina va a ser utilizada.

20 La pala puede comprender también un miembro de fijación que esté adaptado para fijar el puente de larguero a al menos una de las secciones de larguero. A modo de ejemplo, el miembro de fijación puede comprender un perno, un remache o elemento similar, que se extienda en sentido transversal con respecto a la longitud de la porción de la pala y al puente de larguero, y a través de ambos para facilitar la fijación del puente de larguero a la porción de la pala en cuestión, por ejemplo mediante la unión de una tuerca a un extremo del perno. Dado que en algunas formas de realización un solo perno o remache puede no ser suficiente para fijar el puente de larguero a al menos una porción de la pala, el miembro de fijación puede comprender una pluralidad de pernos, remaches u otros elementos de fijación.

25 Como alternativa, o adicionalmente, el miembro de fijación puede comprender uno o más pernos, remaches o elementos similares que se extiendan en sentido longitudinal con respecto a la longitud de la porción de la pala y del puente de larguero.

Como otra alternativa, el miembro de fijación puede comprender un adhesivo adaptado para unir al menos una de las porciones de la pala y el puente de larguero entre sí.

30 También pueden ser utilizados otros miembros de fijación. Los ejemplos anteriores de miembros de fijación pueden ser utilizados separadamente o de forma combinada.

35 Los mismos miembros de fijación pueden ser utilizados para fijar el puente de larguero a las dos porciones de la pala. Como alternativa, puede ser utilizado un miembro de fijación común para fijar el puente de larguero a las dos secciones de larguero. En otra forma de realización alternativa, pueden ser utilizados miembros de fijación diferentes para fijar el puente de larguero a cada una de las secciones de larguero. Y como otra alternativa, el puente de larguero puede ser fijado sólo a una de las secciones de larguero, dado que el puente de larguero puede formar parte de otra porción de la pala.

40 La pala puede comprender un miembro de tensión dispuesto en sentido longitudinal para proporcionar tensión entre la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala para establecer una conexión pretensionada entre las porciones de la pala. El miembro de tensión puede formar parte del miembro de fijación o puede ser un elemento separado adicionado al miembro de fijación o como una alternativa al miembro de fijación.

45 El miembro de tensión puede extenderse a lo largo de la longitud del puente de larguero, por ejemplo a lo largo de la longitud total del puente de larguero o a lo largo de una parte de la longitud. A modo de ejemplo, el miembro de tensión puede ser una barra de acero o un perno, un cable de acero o un Kevlar, o un elemento en saliente o en general cualquier tipo de elemento que pueda proporcionar una fuerza de tensión mediante la que las porciones de la pala sean traccionadas una en dirección a otra. El miembro de tensión puede ser, por ejemplo, un miembro elásticamente deformable que, cuando se establece la tensión, proporciona una fuerza de resorte que mantiene las porciones de la pala unidas entre sí. El miembro de tensión puede ser pretensionado así para mantener la fuerza de tensión en la junta. Adicionalmente, de forma deliberada unos miembros de compresión más blandos, tales como
50 unas arandelas de resorte, pueden formar parte de la trayectoria de carga para mantener la tensión en otras partes, como por ejemplo barras o pernos. Esto reduce las cargas fluctuantes y la deformación a la fatiga en los miembros de tensión.

55 Al aplicar la tensión entre la primera y la segunda porciones de la pala, las porciones de la pala son presionadas una en dirección a la otra. Dado que cualquier tipo de movimiento, por ejemplo la rotación de una de las porciones de la pala con respecto a la otra porción de la pala o la deflexión de las porciones de la pala una con respecto a otra, sólo puede producirse bajo la elongación del miembro de tensión, y dado que el miembro de tensión ya está sometido a

tensión, dicho movimiento relativo de las porciones de la pala puede ser impedido o limitado o controlado en base al grado de tensión aplicado por el miembro de tensión.

5 La pala puede también comprender una estructura de ajuste de la tensión que facilite el reajuste de una tensión en el miembro de tensión. En una forma de realización, el miembro de tensión es mantenido en tensión mediante un elemento de sujeción roscado, por ejemplo mediante un elemento de perno y tuerca de forma que el medio de sujeción roscado, tras la rotación de una parte del elemento con respecto a la otra parte del elemento o con respecto al miembro de tracción traccione el miembro de tensión y proporcione tensión en esa parte en base al paso de la enroscadura.

10 Para acceder a la estructura de ajuste de tensión, una de las primera o segunda porciones de la pala puede comprender una portezuela que, una vez retirada, habilita una abertura en la porción de la pala que proporciona acceso a la estructura de ajuste de tensión para facilitar el reajuste de la tensión.

15 La pala también puede comprender una estructura de detección para detectar una tensión del miembro de tensión. A modo de ejemplo, la estructura de detección puede detectar una posición del elemento de sujeción roscado mencionado con anterioridad y con ello proporcionar un indicio de la tensión del miembro de tensión y, en otro ejemplo, la estructura de detección puede comprender unos medidores de la deformación o estructuras similares que sean capaces de detectar la elongación del miembro de tensión.

Cuando es posible detectar la tensión del miembro de tensión, la tensión puede ser ajustada si sobrepasa un nivel predeterminado.

20 El miembro de tensión puede comprender dos extremos libres opuestos, y al menos uno de los extremos libres puede estar fijado a una sección de larguero. Mediante la fijación de un extremo del miembro de tensión a una sección de larguero, el ensamblaje de la pala modular puede resultar facilitado ya que puede reducirse el número de partes que es necesario ensamblar.

25 Cuando la pala modular ha sido total o parcialmente ensamblada puede aplicarse una tensión entre las primera y segunda secciones de la pala, por ejemplo, mediante el uso de un elemento de sujeción roscado, proporcionado con ello una conexión pretensionada entre las porciones de la pala.

30 Para estabilizar la junta, al menos una de las porciones de la pala puede estar provista de una mampara al nivel de la junta. Dependiendo del tamaño de la porción de la pala y del tamaño del puente de larguero, puede ser utilizada una pluralidad de mamparas. La(s) mampara(s) puede(n) asegurar también que la al menos una porción de la pala esté al menos parcialmente cerrada, de manera que no se permita la entrada de elementos no deseados y de suciedad en el interior de la porción de la pala.

Dado que puede constituir una ventaja el hecho de que la primera y segunda porciones de la pala puedan ser separadas de nuevo después de unir las, la junta puede facilitar la separación no destructiva de las porciones de la pala una respecto de otra. Esto puede ser en especial una ventaja si una parte de la pala necesita ser reparada o ser sustituida, dado que solo la porción de la pala que comprende la parte en cuestión necesita ser sustituida.

35 De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona una pala modular para una turbina eólica, comprendiendo la pala al menos una primera porción de la pala y una segunda porción de la pala que se extienden en direcciones opuestas desde una junta, estando la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero que se extiende por el interior de ambas porciones de la pala para facilitar la unión de dichas porciones de la pala, donde dicha segunda porción de la pala forma una punta alar.

40 Las ventajas de este sistema consisten en facilitar el transporte y la posibilidad de reconversión o reparación de la punta de la pala según lo descrito con anterioridad.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un procedimiento de fabricación de una pala modular para una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- la provisión de una primera porción de la pala y de una segunda porción de la pala;
- 45 - la disposición de las porciones de la pala de manera que se extiendan en secciones opuestas desde una junta;
y
- la conexión de naturaleza estructural de las porciones de la pala mediante el empleo de un puente de larguero.

Se debe entender, que las características distintivas del primer aspecto de la invención descrito con anterioridad pueden ser aplicables en relación con las etapas del procedimiento del segundo aspecto de la invención.

50 En un tercer aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende una pala modular de acuerdo con el primer aspecto de la invención. La pala modular puede ser fabricada de acuerdo con el segundo aspecto de la invención. Se debe entender, que las características distintivas de los primero y segundo aspectos descritos con anterioridad pueden ser también aplicables al tercer aspecto de la invención.

La turbina eólica puede comprender un sistema de control conectado a una estructura de detección para detectar una tensión de un miembro de tensión dispuesto para proporcionar tensión entre la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala para establecer una conexión pretensionada entre las porciones de la pala.

5 A modo de ejemplo, la estructura de detección puede detectar una posición del elemento de sujeción roscado mencionado con anterioridad y puede con ello proporcionar una indicación de la tensión del miembro de tensión y, en otro ejemplo, la estructura de detección puede comprender unos medidores de la deformación o unas estructuras similares que sean capaces de detectar la elongación del miembro de tensión.

10 La estructura de detección puede dotar al sistema de control de la información relativa a la tensión del miembro de tensión. Y el sistema de control puede estar adaptado para proporcionar una alarma en base a la tensión, por ejemplo, si la tensión del miembro de tensión está por debajo de un nivel predeterminado.

15 Así mismo, la turbina eólica puede comprender una estructura de parada adaptada para detener el funcionamiento de la turbina eólica en base a la tensión, por ejemplo, si la tensión del miembro de tensión está por debajo de un nivel predeterminado. Este nivel predeterminado, esto es, un nivel de parada, puede ser equivalente al nivel predeterminado que provoca una alarma, esto es un nivel de alarma, pero puede también ser otro nivel predeterminado, dado que el nivel de alarma puede ser diferente del nivel de parada, por ejemplo más alto que el nivel de parada.

20 En un cuarto aspecto, la invención proporciona un procedimiento de funcionamiento de una turbina eólica de acuerdo con el tercer aspecto de la invención, comprendiendo el procedimiento una etapa de determinación de una tensión del miembro de tensión dispuesto para proporcionar una tensión entre la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala para establecer una tensión pretensionada entre las porciones de la pala.

Se debe entender, que las características distintivas de los primero y segundo aspectos de la invención descritos con anterioridad también pueden ser aplicables con relación a las etapas del cuarto aspecto de la invención.

25 El procedimiento puede comprender una etapa de ajuste de la tensión del miembro de tensión si la tensión determinada se sitúa fuera del margen de la tensión predeterminada. Dado que no son deseables ni un nivel de tensión demasiado elevado ni un nivel de tensión demasiado bajo, el margen de tensión predeterminado puede comprender unos niveles superior e inferior de la tensión.

30 El procedimiento también puede comprender una etapa en la que se detenga el funcionamiento de la turbina eólica si la tensión del miembro de tensión está por debajo de un nivel predeterminado. El funcionamiento por debajo de este nivel predeterminado puede ser peligroso, dado que un nivel de tensión demasiado bajo puede traducirse en una situación límite de separación de las primera y segunda porciones de la pala.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán formas de realización de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

La Fig. 1 ilustra una forma de realización de una pala modular que comprende una primera y una segunda porción de la pala,

35 la Fig. 2 ilustra un ejemplo de una junta entre dos porciones de la pala,

las Fig. 3, 4 y 5 ilustran diferentes vistas en sección de una forma de realización de una pala modular,

la Fig. 6 ilustra una vista en sección de otra forma de realización de una pala modular,

las Fig. 7a a 7d ilustran una vista en sección de diferentes formas de realización de una pala modular,

las Fig. 8a a 8d ilustran vistas en sección de formas de realización alternativas adicionales de una pala modular, y

40 la Fig. 9 ilustra una vista en sección de una forma de realización alternativa de una pala modular.

Descripción detallada de los dibujos

45 Otro alcance de aplicabilidad de la presente invención se pondrá de manifiesto a partir de la descripción detallada subsecuente y de unos ejemplos específicos. Sin embargo, se debe entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican formas de realización preferentes de la invención, se ofrecen solo a modo de ejemplo, dado que para los expertos en la técnica resultará evidente la posibilidad de efectuar diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención, a partir de la siguiente descripción detallada.

La Fig. 1 ilustra una forma de realización de una pala modular 1 para una turbina eólica. La pala 1 comprende al menos una primera porción de la pala 2 y una segunda porción de la pala 3 que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta 4. La primera porción de la pala 2 y la segunda porción de la pala 3 están

estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero 5 que se extiende por el interior de ambas porciones de la pala 2, 3 para facilitar la unión de dichas porciones de la pala 2, 3.

5 La flecha 6 ilustra que la pala modular 1 de la forma de realización ilustrada comprende dos secciones de la pala 2, 3 y que estas dos secciones de la pala 2, 3 están unidas mediante la inserción de un puente de larguero 5 por dentro de la primera porción de la pala 2.

El puente de larguero 5 ilustrado es un elemento longitudinal que presenta sustancialmente una forma cuadrangular. Forma parte de la resistencia longitudinal de la pala de la turbina eólica 1, formando así parte del refuerzo de la pala 1.

10 Como se ilustra en la Fig. 2 cada porción de la pala 2, 3 comprende una sección de larguero 7, 8 que forma un miembro estructural de la pala 1 y que discurre en sentido longitudinal. Las secciones de larguero 7, 8 están unidas por el puente de larguero 5. Debe entenderse que, con fines ilustrativos, solo se muestran partes de las porciones de la pala 2, 3.

15 En la forma de realización ilustrada, el puente de larguero 5 forma parte de una de las porciones de la pala 2, 3 y, en consecuencia, no es un elemento separado. Según se ilustra, el puente de larguero 5 forma parte de la segunda porción de la pala 3 y comprende una extensión que sobresale de las segundas secciones de larguero 8, formando de esta manera una sección de larguero extendida. La primera sección de larguero 7 está adaptada para recibir la sección 8, y con ello forma parte de una sección de larguero de recepción.

20 Ambas secciones de larguero 7, 8 tienen forma alargada y la primera sección de larguero 7 es hueca para facilitar que el puente de larguero 5 pueda ser recibido dentro de la primera sección de larguero 7. De esta manera el puente de larguero 5 puede ser insertado en la primera sección de larguero 7 permitiendo que las secciones de la pala sean unidas alrededor del puente de larguero 5, como se ilustra mediante la flecha 9. Esto es, la primera sección de larguero 7 forma una cavidad dentro de la que se extiende el puente de larguero 5 cuando las primera y segunda porciones de la pala 2, 3 quedan unidas.

25 La pala 1 comprende también un miembro de fijación 10 adaptado para fijar el puente de larguero 5 a la primera porción de la pala 2. En la presente forma de realización, el miembro de fijación 10 comprende una barra que se extiende en sentido longitudinal con respecto a la longitud de la primera porción de la pala 2 y respecto del puente de larguero 5. El extremo libre del miembro de fijación 10 está roscado permitiendo la fijación de una tuerca 11 (véase la Fig. 4) y fijando con ello el puente de larguero 5 a la primera porción de la pala 2.

30 En la forma de realización ilustrada, el miembro de fijación 10 es idéntico a un miembro de tensión 12 dispuesto para proporcionar tensión entre la primera porción de la pala 2 y la segunda porción de la pala 3 para establecer una conexión pretensionada entre las porciones de la pala 2, 3.

35 El miembro de tensión 12 se extiende a lo largo de la extensión del puente de larguero 5. El miembro de tensión 12 es una barra que puede proporcionar una fuerza de tensión mediante la que las porciones de la pala 2, 3 son traccionadas una en dirección a la otra. El miembro de tensión 12 es una barra elásticamente deformable que, cuando se establece la tensión, proporciona una fuerza de resorte que mantiene unidas las porciones de la pala 2, 3.

40 La pala 1 comprende también una estructura de ajuste de la tensión 11 (véase la Fig. 4) que facilita el ajuste de una tensión del miembro de tensión 12. En la forma de realización ilustrada, el miembro de tensión 12 es mantenido en tensión mediante un elemento de sujeción roscado, esto es, mediante la tuerca 11 de manera que el medio de sujeción roscado 11, tras su rotación con respecto al miembro de tensión 12 traccione el miembro de tensión 12 y proporcione tensión en aquél en base al paso de su enroscadura.

45 Para acceder a la estructura de ajuste de la tensión 11, la primera porción de la pala 2 comprende una portezuela de acceso 13 la cual cuando es retirada habilita una abertura 15 en la primera porción de la pala 2 que permite el acceso a una abertura 15 dispuesta en la primera sección de larguero 7 que permite el acceso a la estructura de ajuste de la tensión 11 (véase la Fig. 4), facilitando con ello el reajuste de la tensión. La flecha 16 ilustra la forma en que la portezuela de acceso 13 puede ser utilizada para cerrar la abertura 14.

Las Figs. 3, 4 y 5 ilustran diferentes vistas en sección de una forma de realización de una pala modular 1. La Fig. 3 ilustra una vista en sección transversal de una pala modular 1 a través de la primera sección de la pala 2. Las posiciones de las secciones BB y CC ilustradas en la Fig. 4 y en la Fig. 5 se pueden apreciar en la Fig. 3.

50 La Fig. 3 ilustra la manera en la que la sección de larguero extendida 8 (el puente de larguero 5) se extiende por el interior de la cavidad de la sección de larguero de recepción 7. Como se ilustra, la sección de larguero de recepción 7 comprende una tapa superior de larguero de recepción 17a y una tapa inferior de larguero de recepción 17b. Estas tapas de larguero de recepción 17a, 17b están unidas mediante unas bandas de recepción 17c, 17d. Así mismo, la sección de larguero extendida 8 comprende una tapa superior de larguero extendida 18a y una tapa inferior de larguero extendida 18b. Estas tapas de larguero extendidas 18a, 18b están unidas mediante unas bandas extendidas 18c, 18d.

55

En esta sección transversal, un espacio 19 está situado entre la sección de larguero de recepción 7 y la sección de larguero extendida 8. Entre las bandas de recepción 17a, 17b y las bandas extendidas 18c, 18d está situada una pluralidad de almohadillas de contacto 20 de un material resistente al desgaste para reducir la abrasión en las áreas cargadas por la presión de contacto y para mantener la posición de las secciones de larguero 8, una respecto de otra.

5 Para estabilizar la junta, la primera porción de la pala 2 está provista de una pluralidad de mamparas 21 al nivel de la junta.

La Fig. 4 ilustra la sección BB indicada en la Fig. 3 que ilustra una pluralidad de almohadillas de contacto 20 y una pluralidad de mamparas 21. Así mismo, se ilustra la portezuela de acceso 13. A través de la portezuela de acceso 13 es posible acceder a la estructura de ajuste de la tensión 11. La junta 4 está cerrada herméticamente con un cierre elastomérico 22.

La Fig. 5 ilustra la sección CC indicada en la Fig. 3 que ilustra también las mamparas 21 y el miembro de fijación 10 y la tuerca 11.

Así mismo, se ilustra la forma en que el grosor de las tapas de larguero de recepción 17a, 17b y las tapas de larguero extendidas 18a, 18b se ahúsa hacia abajo y se superpone entre la sección de larguero de recepción 7 la sección de larguero extendida 8.

La Fig. 6 ilustra una vista en sección de una forma de realización alternativa de una pala modular 101. La pala modular 101 comprende al menos una primera porción de la pala 102 y una segunda porción de la pala 103. La primera porción de la pala 102 comprende una primera sección de larguero 107 que presenta una cavidad y de esta forma define una sección de larguero de recepción 7. La segunda porción de la pala 103 comprende una segunda sección de larguero 108 la cual se extiende desde la segunda porción de la pala 103 y de esta manera define una sección de larguero extendida 108. De esta manera el puente de larguero 105 forma parte de la segunda sección de larguero 108.

La pala 101 comprende un miembro de tensión 112 dispuesto para proporcionar tensión entre la primera porción de la pala 102 y la segunda porción de la pala 103 para establecer una conexión pretensionada entre las primera y segunda porciones de la pala 102, 103.

El miembro de tensión 112 se extiende a lo largo de la total extensión del puente de larguero 105. En la forma de realización ilustrada, el miembro de tensión 112 es una barra susceptible de proporcionar una fuerza de tensión mediante la cual las porciones de la pala 102, 103 son traccionadas una en dirección a la otra.

Un miembro de ajuste de la tensión 111 está dispuesto en un extremo del miembro de tensión 112. En el otro extremo está situado un miembro de sujeción adicional que comprende una tuerca 123 y un asiento 124. El asiento 124 presenta una configuración interna que se corresponde con la configuración externa del extremo libre del puente de larguero 105, esto es, el extremo libre de la sección de larguero extendida 108.

La junta 104 está provista de una pluralidad de mamparas 121 y está cerrada herméticamente con un cierre elastomérico 122.

35 Las Figs. 7a a 7d ilustran vistas en sección de diferentes formas de realización de una pala modular 201, 301, 401, 501. Las formas de realización muestran diferentes opciones para la transferencia de la cizalla entre las bandas.

Al unir las dos porciones de la pala, pueden producirse fuerzas de cizalla entre estas porciones de la pala cuando la pala rote. En consecuencia, las palas seccionadas 201, 301, 401, 501 ilustran diferentes formas de dimensionamiento de las secciones de larguero unas respecto de otras de manera que las fuerzas de cizalla entre una de las secciones de larguero y el puente de larguero puedan ser incluidas directamente entre las bandas de recepción y las bandas extendidas.

En las formas de realización ilustradas, las fuerzas de cizalla son asumidas entre las bandas de recepción 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d y las bandas extendidas 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d por medio de las configuraciones de interbloqueo y contacto entre las bandas de recepción 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d y las bandas extendidas 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d. Las secciones de larguero están potenciadas al máximo para el momento de tensión de plano dominante a partir de las cargas de empuje aerodinámicas con respecto a las menores cargas de gravedad oblicuas. De esta manera, las tapas de larguero ofrecen resistencia fundamentalmente a las cargas de flexión, mientras que las bandas ofrecen fundamentalmente resistencia a la cizalla procedente fundamentalmente de la dirección de plano.

50 En la Fig. 7a, las bandas de recepción 217c, 217d y las bandas extendidas 218c, 218d, tienen una sección transversal de forma hexagonal, mientras que las bandas de recepción 317c, 317d y las bandas extendidas 318c, 318d de la Fig. 7b presentan una forma sustancialmente alargada con una parte entrante situada en su parte media.

En la Fig. 7c las bandas de recepción 417c, 417d y las bandas extendidas 418c, 418d presentan unos correspondientes salientes e indentaciones que facilitan que la sección de larguero de recepción 407 y la sección de larguero extendida 408 queden bloqueadas entre sí.

5 En la Fig. 7d las bandas de recepción 517c, 517d y las bandas extendidas 518c, 518d tienen una forma sustancialmente alargada. Estas correspondientes formas de interbloqueo son soportadas por un miembro de fijación 510 bajo la forma de un perno que se extiende en sentido transversal con respecto a la longitud de la pala y que se extiende a través de la sección de larguero de recepción 507 y de la sección de larguero extendida 508.

10 Las Figs. 8a a 8d ilustran vistas en sección de diferentes formas de realización de una pala modular 601, 701, 801, 901. Cada una de las palas seccionadas 601, 701, 801, 901 comprende una primera porción de la pala 602, 702, 802, 902 y una segunda porción de la pala 603, 703, 803, 903 que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta 604, 704, 804, 904. Las formas de realización muestran diferentes opciones para la constricción de las fuerzas de separación longitudinales de la junta.

La primera porción de la pala 602, 702, 802, 902 y la segunda porción de la pala 603, 703, 803, 903 están estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero 605, 705, 805, 905.

15 La pala 601, 701, 801, 901 comprende también un miembro de fijación 610, 710, 810, 910 adaptado para fijar el puente de larguero 605, 705, 805, 905 a la primera porción de la pala 602, 702, 802, 902. En las formas de realización actuales, el miembro de fijación 610, 710, 810, 910 comprende uno o más pernos que se extienden en sentido longitudinal con respecto a la longitud de la pala 601, 701, 801, 901. El extremo libre del miembro de fijación 610, 710, 810, 910 está roscado permitiendo la fijación de una tuerca 611, 711, 811, 911 y la fijación de esta manera del puente de larguero 605, 705, 805, 905 con la primera porción de la pala 602, 702, 802, 902.

20 La Fig. 9 ilustra una forma de realización de una pala modular 1001 para una turbina eólica. La forma de realización ejemplifica una opción para la transferencia de cizalla al nivel de la junta. La pala 1001 comprende al menos una primera porción de la pala 1002 y una segunda porción de la pala 1003 que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta 1004. La primera porción de la pala 1002 y la segunda porción de la pala 1003 están estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero 1005.

El puente de larguero 1005 es un elemento longitudinal que forma parte de la resistencia longitudinal de la pala de turbina eólica 1001, formando así parte del refuerzo de la pala 1001.

30 Cada porción de la pala 1002, 1003 comprende una sección de larguero 1007, 1008 que forma un miembro estructural de la pala 1001 y que discurre en sentido longitudinal. Las secciones de larguero 1007, 1008 están unidas por el puente de larguero 1005. Se debe entender que, por razones únicamente ilustrativas, solo se muestran partes de las porciones de la pala 1002, 1003.

35 El puente de larguero 1005 forma parte de la segunda sección de larguero 1008 y de esta manera forma una sección que sobresale desde aquí, formando de esta manera una sección de larguero extendida 1008, mientras que la primera sección de larguero 1007 comprende una cavidad adaptada para recibir la extensión, formando de esta manera una sección de larguero de recepción 1007.

Así mismo, el puente de larguero 1005 comprende dos extensiones de larguero 1025 adaptadas para ser recibidas en dos indentaciones de larguero 1026 para facilitar aún más la fijación de la primera porción de la pala 1002 y de la segunda porción de la pala 1003 una con respecto a otra.

40

REIVINDICACIONES

1. Una pala modular (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) para una turbina eólica, comprendiendo la pala al menos una primera porción de la pala (2, 602, 702, 802, 902, 1002) y una segunda porción de la pala (3, 603, 703, 803, 903, 1003) que se extienden en direcciones opuestas a partir de una junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004), donde cada porción de la pala comprende una sección de larguero que forma un miembro estructural de la pala y que discurre en sentido longitudinal, estando la primera porción de la pala y la segunda porción de la pala estructuralmente conectadas por al menos un puente de larguero (5, 105, 605, 705, 805, 905, 1005) que se extiende por el interior de ambas porciones de la pala para facilitar la unión de ambas porciones de la pala, al menos una sección de larguero forma una cavidad, y el puente de larguero se extiende por el interior de dicha cavidad, el puente de larguero comprende una extensión que sobresale de una de las secciones de larguero y de esta manera forma una sección de larguero extendida (8, 108, 408, 508, 1008), y la otra de las secciones de larguero está adaptada para recibir la extensión y de esta manera forma una sección de larguero de recepción (7, 107, 407, 507, 1007), el puente de larguero une las secciones de larguero,

5

10

15

caracterizada por que la sección de larguero de recepción comprende dos tapas de larguero de recepción (17a, 17b) unidas con dos o más bandas de recepción (17c, 17d, 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d), y en la que un grosor de las tapas de larguero de recepción está ahusado hacia abajo en dirección a la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).
2. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el puente de larguero (5, 105, 605, 705, 805, 905, 1005) termina axialmente en un extremo en el que presenta una sección transversal pequeña con respecto al de una sección media situada en la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).

20
3. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en la que el puente de larguero (5, 105, 605, 705, 805, 905, 1005) comprende dos tapas de larguero extendidas (18a, 18b) unidas con una o más bandas extendidas (18c, 18d, 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d), en la que un grosor de las tapas de larguero extendidas está ahusado hacia abajo a distancia de la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).

25
4. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el grosor de las tapas de larguero de recepción (17a, 17b) está ahusado hacia abajo por encima de una superposición entre la sección de recepción (7, 107, 407, 507, 1007) y la sección de larguero extendida (8, 108, 408, 508, 1008).

30
5. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 4, en la que las secciones de larguero (7, 8, 107, 108, 407, 408, 507, 508, 1007, 1008) están dimensionadas unas con respecto a otras de manera que las fuerzas de cizalla entre una de las secciones de larguero y el puente de larguero (5, 105, 605, 705, 805, 905, 1005) pueden estar dispuestas directamente entre las bandas de recepción (17c, 17d, 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d) y las bandas extendidas (18c, 18d, 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d).

35
6. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que las fuerzas de cizalla están dispuestas entre las bandas de recepción (17c, 17d, 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d) y las bandas extendidas (18c, 18d, 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d) por medio de los perfiles de interbloqueo y contactan entre las bandas de recepción y las bandas extendidas.

40
7. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que una posición de los perfiles de interbloqueo de las bandas de recepción (17c, 17d, 217c, 317d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d) y las bandas extendidas (18c, 18d, 218c, 218d, 318c, 318d, 418c, 418d, 518c, 518d) unas con respecto a otras es soportada por un miembro de soporte que se extiende en sentido transversal con respecto a la dirección en sentido longitudinal.

45
8. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la sección de larguero de recepción (7, 107, 407, 507, 1007) forma una cavidad con un perfil que se corresponde con el perfil de la extensión de manera que se establece un contacto entre una superficie interna de la cavidad y una superficie externa de la extensión, en las inmediaciones de la junta y de manera que se establece un espacio entre la superficie interna de la cavidad y la superficie externa de la extensión más lejos de la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).

50
9. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que al menos una de las secciones de larguero forma parte de una superficie externa aerodinámica de la pala.

55
10. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende también un miembro de tensión (112) dispuesto en sentido

longitudinal para proporcionar una tensión entre la primera porción de la pala (2, 602, 702, 802, 902, 1002) y la segunda porción de la pala (3, 603, 703, 803, 903, 1003).

11. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende también una estructura de detección para detectar una tensión en el miembro de tensión.
- 5 12. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que al menos una de las porciones de la pala está provista de una mampara (121) al nivel de la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).
- 10 13. Una pala (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004) facilita una separación no destructiva de las porciones entre sí de la pala.
14. Un procedimiento de fabricación de una pala modular (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) para una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- la provisión de una primera porción de la pala (2, 602, 702, 802, 902, 1002) y una segunda porción de la pala (3, 603, 703, 803, 903, 1003), de la pala, comprendiendo cada porción de la pala una sección de larguero,
 - la disposición de las porciones de la pala de manera que se extiendan en direcciones opuestas a partir de una junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004); y
 - la conexión estructural de las porciones de la pala mediante el uso de un puente de larguero (5, 105, 605, 705, 805, 905, 1005) que se extiende por el interior de ambas porciones de la pala, al menos una sección de la pala forma una cavidad, y el puente de larguero se extiende por dentro de dicha cavidad, el puente de larguero comprende una extensión que sobresale desde una de las secciones de larguero y que forma de esta manera una sección de larguero extendida (8, 108, 408, 508, 1008), y estando adaptada la otra de las secciones de larguero para recibir la extensión y de esta manera forma una sección de larguero de recepción (7, 107, 407, 507, 1007), y en el que la sección de larguero de recepción comprende dos tapas de larguero de recepción unidas con dos bandas de recepción (17c, 17d, 217c, 217d, 317c, 317d, 417c, 417d, 517c, 517d), y en el que un grosor de las tapas de larguero de recepción está ahusado hacia abajo en dirección a la junta (4, 104, 604, 704, 804, 904, 1004).
- 15 20 25
15. Una turbina eólica que comprende una pala modular (1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701, 801, 901, 1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

30

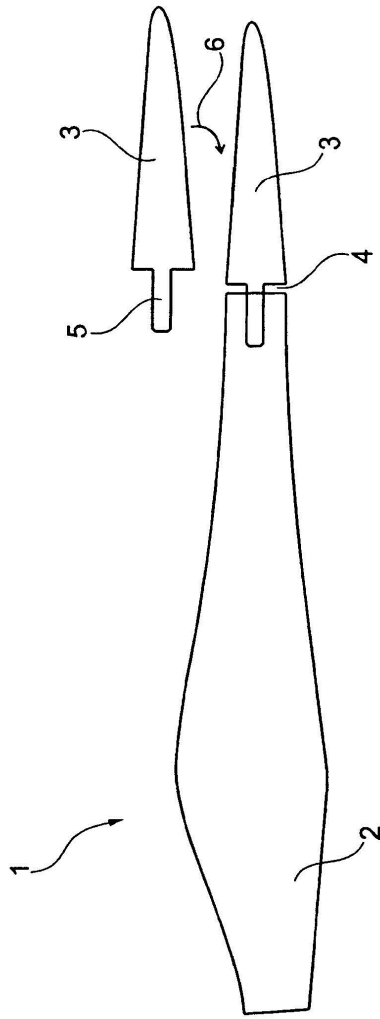


Fig. 1

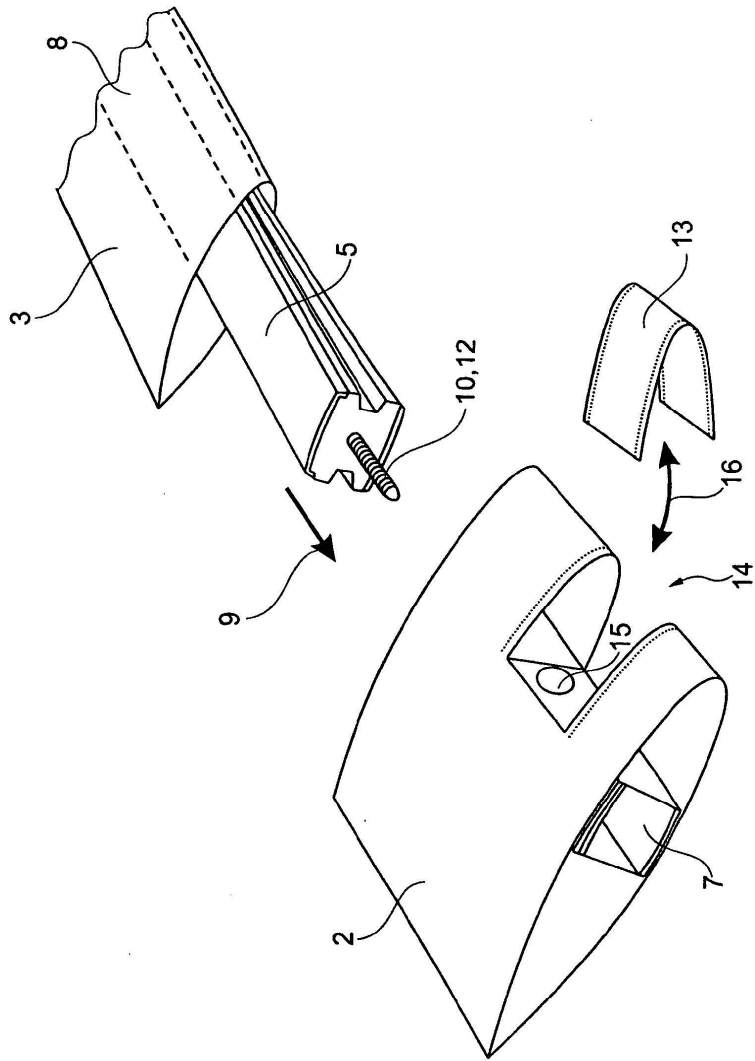


Fig. 2

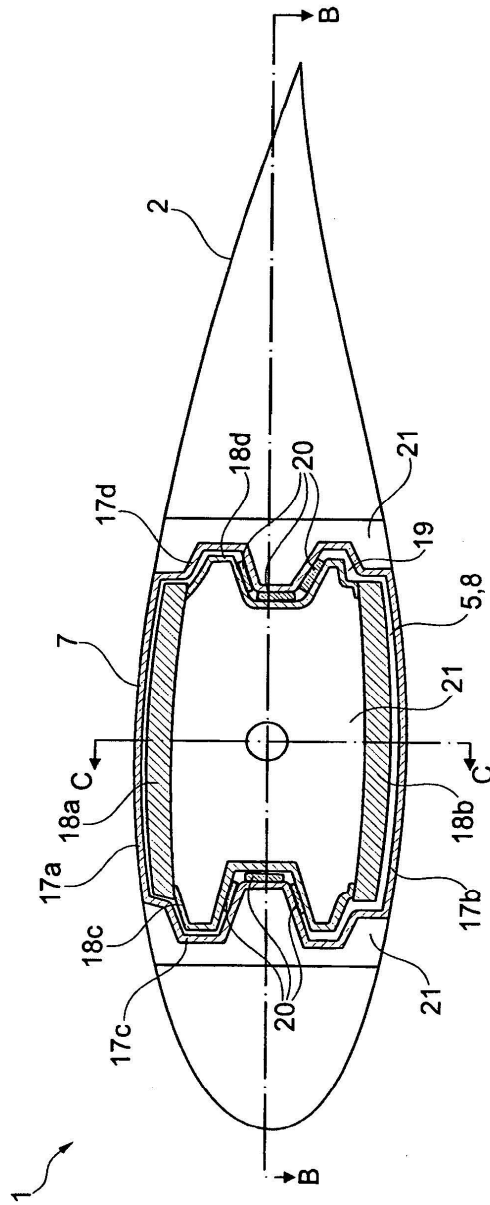
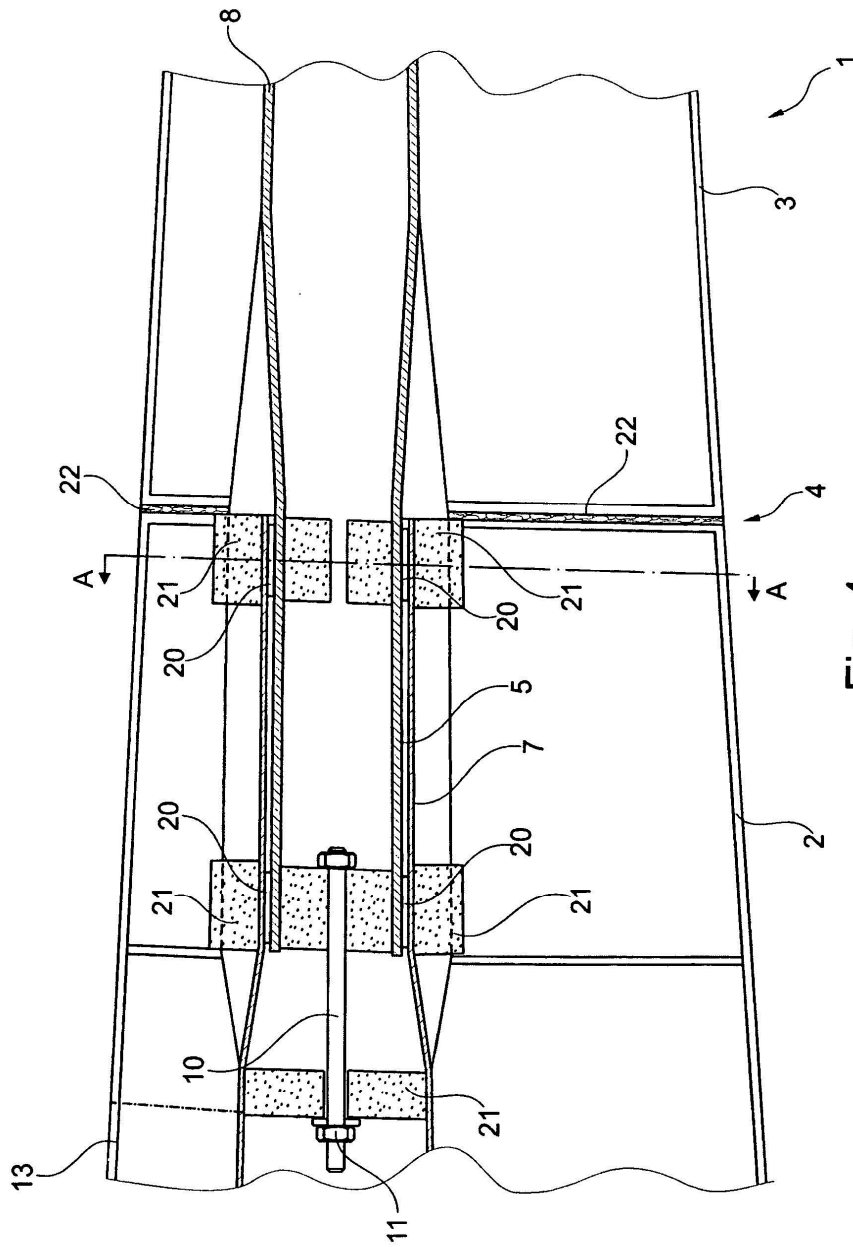


Fig. 3



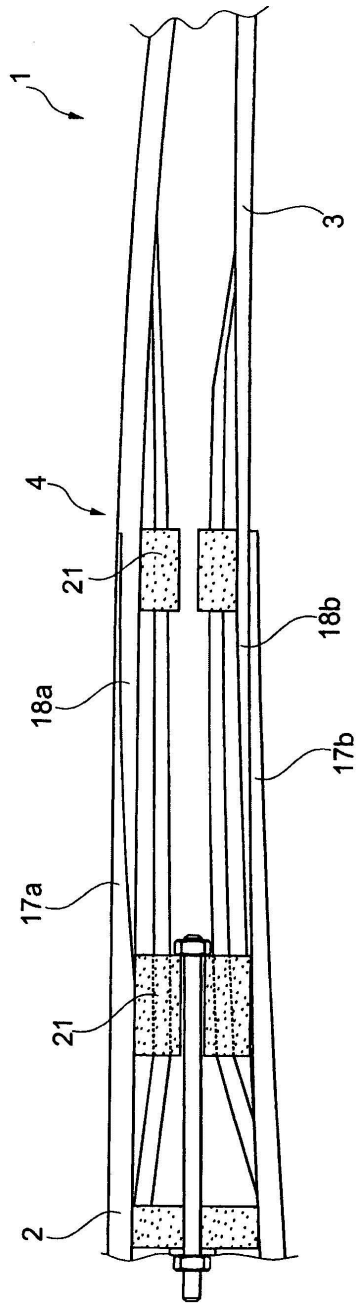


Fig. 5

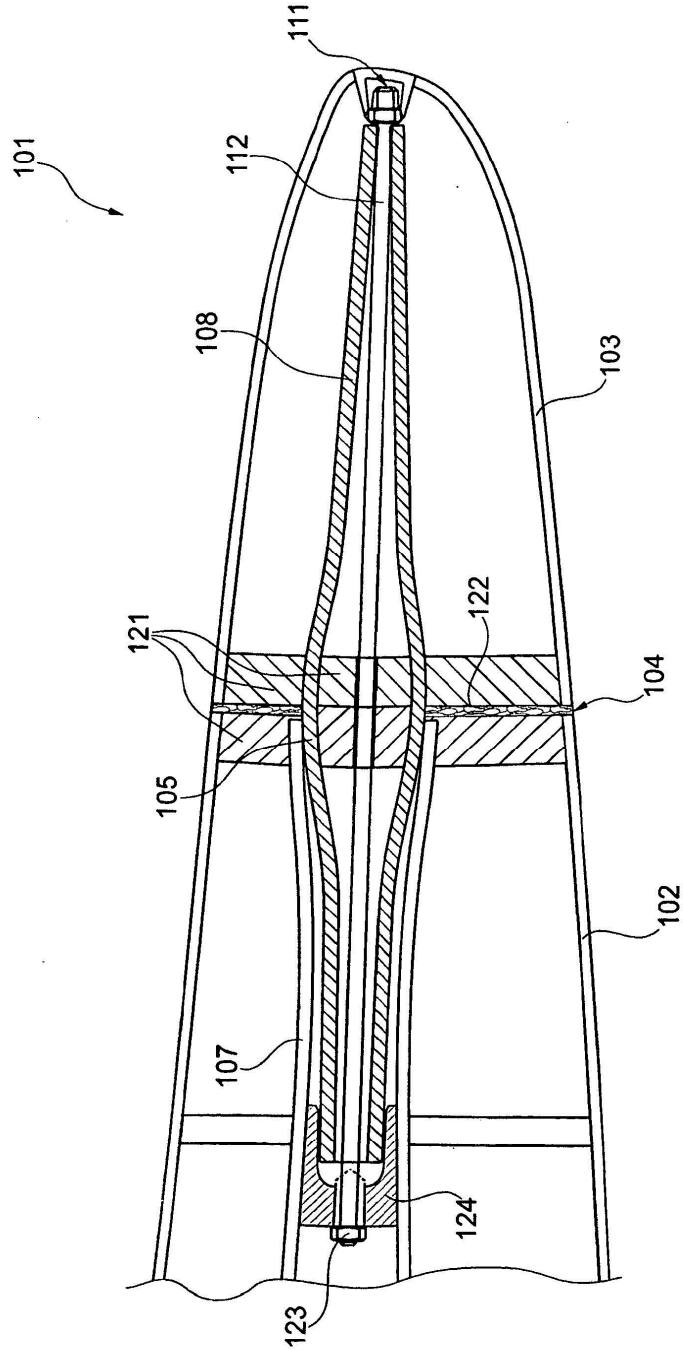


Fig. 6

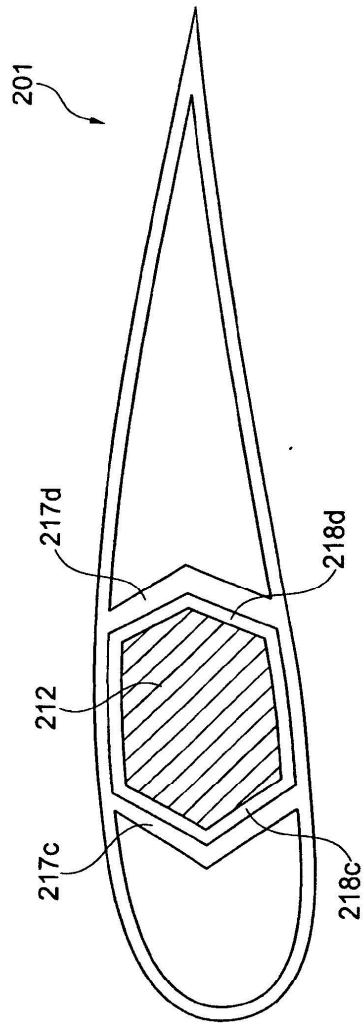


Fig. 7a

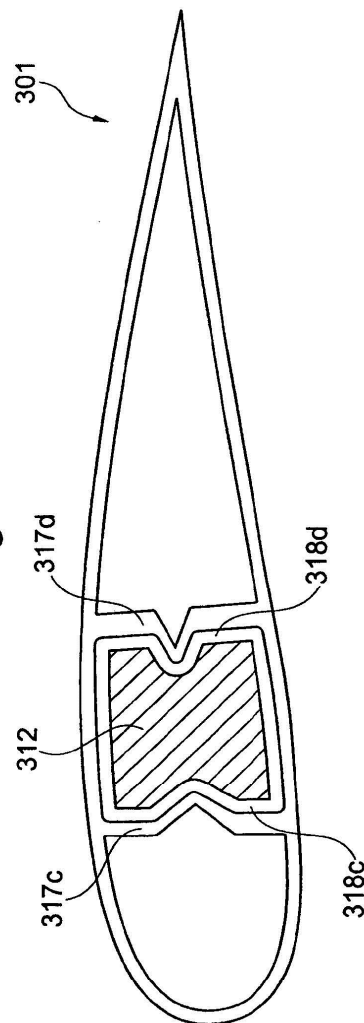


Fig. 7b

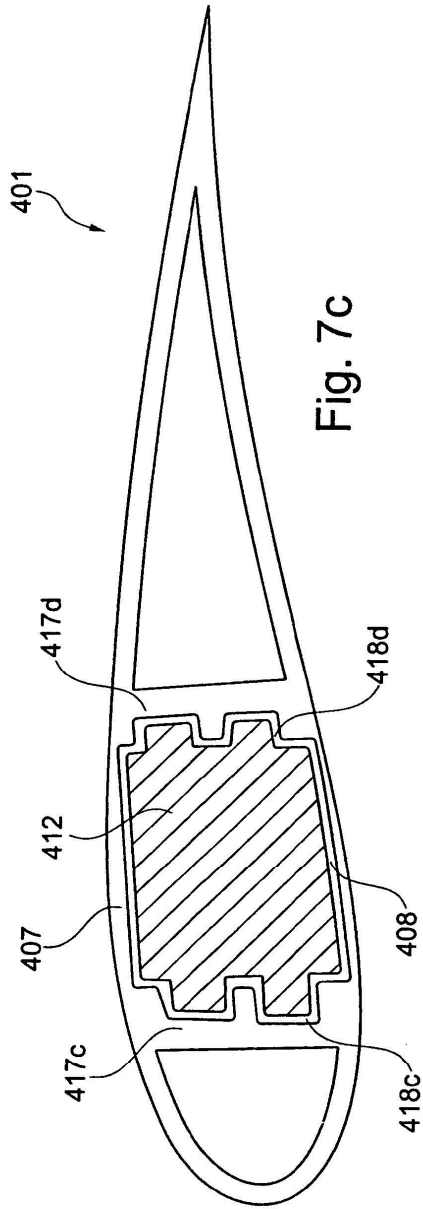


Fig. 7c

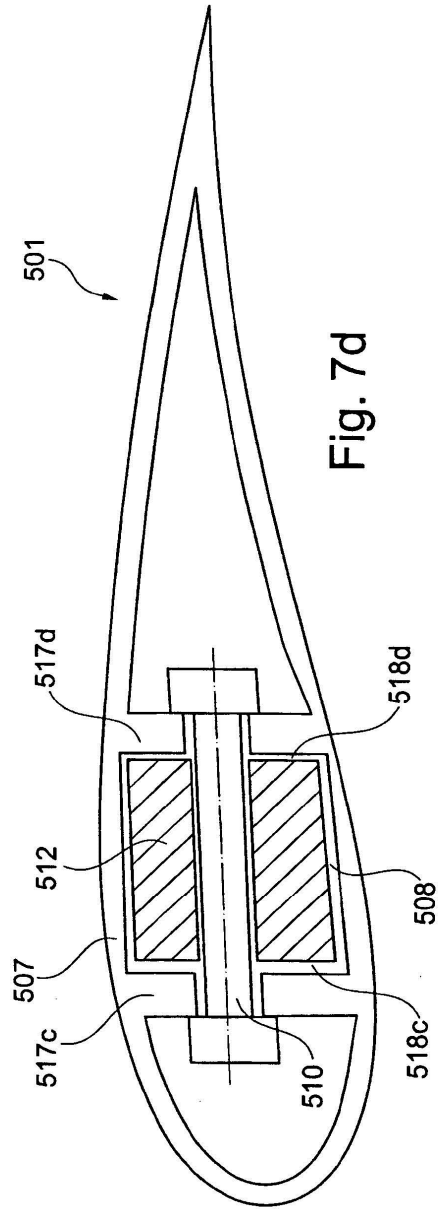


Fig. 7d

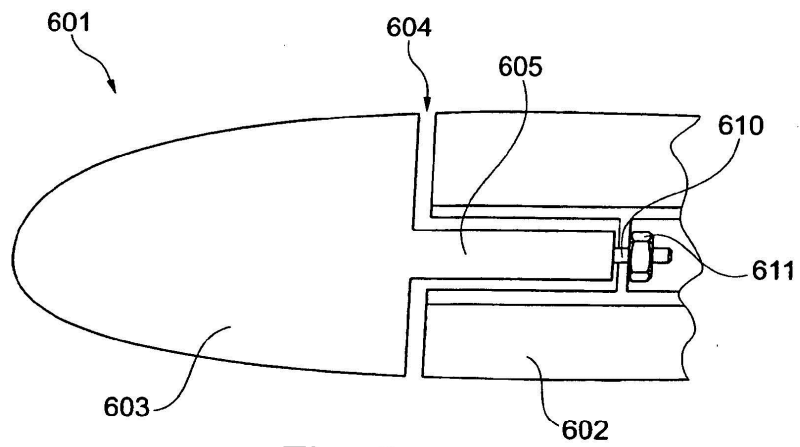


Fig. 8a

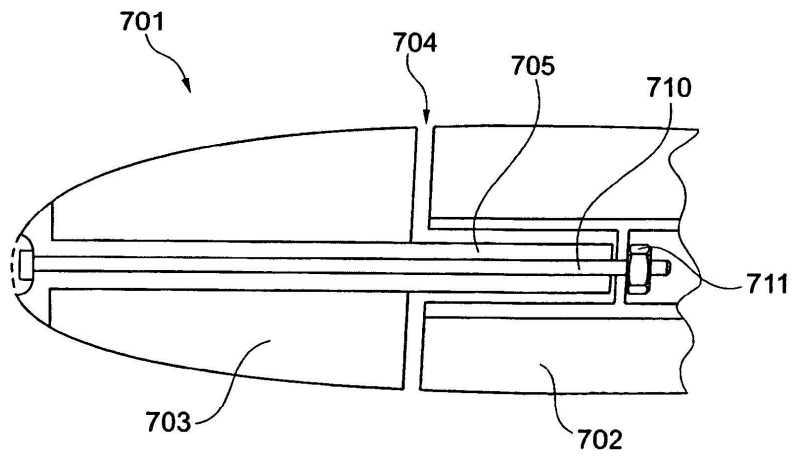


Fig. 8b

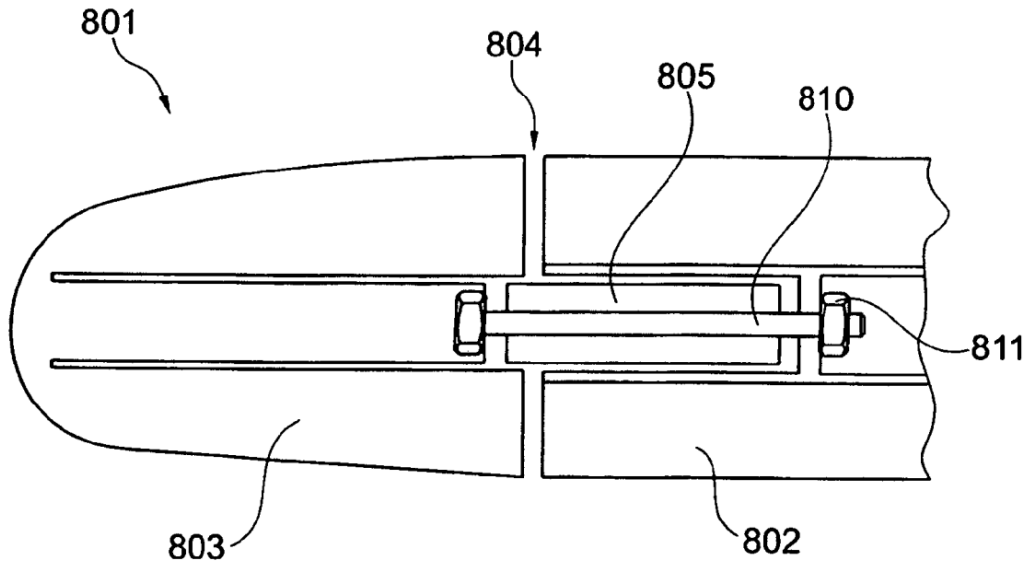


Fig. 8c

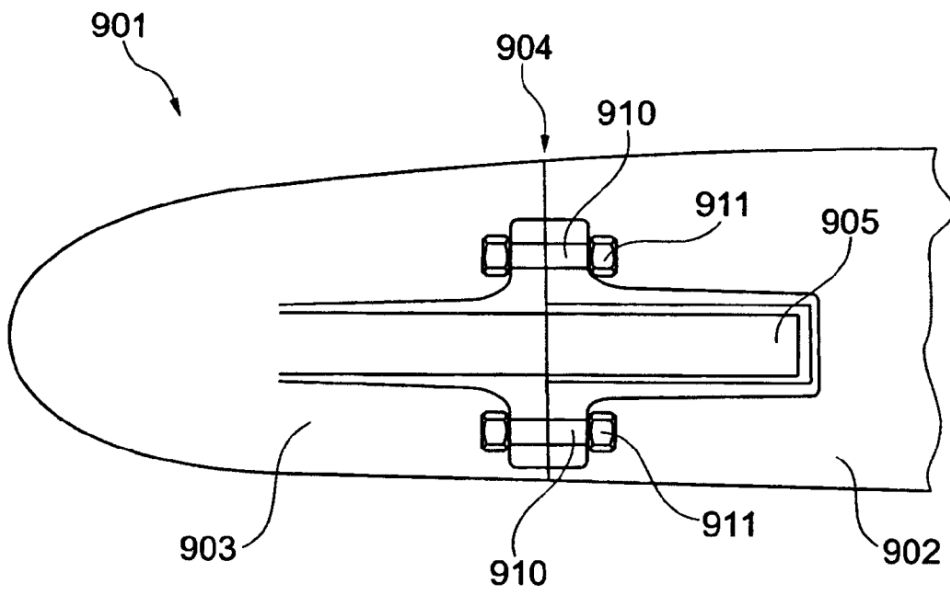


Fig. 8d

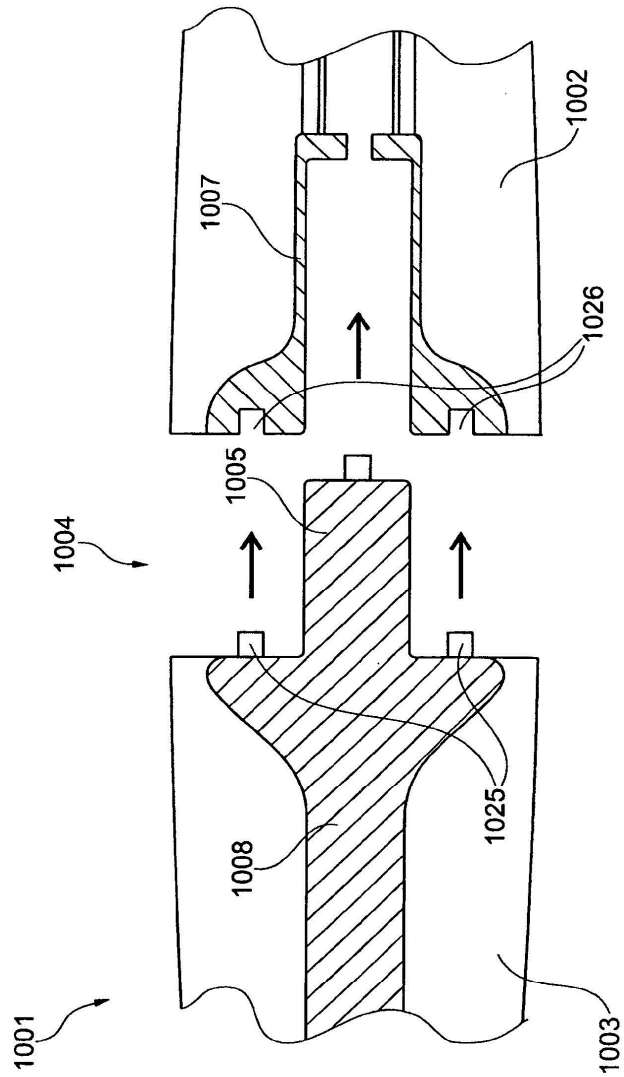


Fig. 9