

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 962**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/52** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.12.2013 PCT/EP2013/075213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14086703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2013 E 13798350 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2931498**

54 Título: **Método de fabricación de una pala de turbina de eólica**

30 Prioridad:

**03.12.2012 EP 12195249**

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

**30.04.2020**

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)**

**Jupitervej 6  
6000 Kolding , DK**

72 Inventor/es:

**NIELSEN, LARS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 757 962 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**

Método de fabricación de una pala de turbina de eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona con un método para la fabricación de una pala de turbina eólica, en particular con un método de fabricación para asegurar enlaces adhesivos adecuados entre los miembros de una pala de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas modernas a escala de utilidad utilizan palas de turbinas eólicas de tamaño relativamente grande, que a menudo superan los 40 metros de longitud. Dichas palas se fabrican principalmente con materiales compuestos de fibra, los cuales comprenden una fibra, por ejemplo, fibra de vidrio, fibras de carbono, sostenidas en una resina curada. Un proceso de fabricación común utilizado en la construcción de estas palas es el moldeo de secciones o carcavas separadas de una pala de turbina eólica en moldes separados, las diferentes secciones o carcava se ensamblan posteriormente para formar una pala de turbina eólica completa.

15 A menudo, dichas secciones de pala se ensamblarán teniendo un elemento de larguero interno, por ejemplo, una caja de larguero o una banda de corte, que se extiende entre secciones opuestas de la pala, el elemento de larguero que proporciona resistencia al corte y refuerzo a la estructura de la pala de turbina eólica.

20 Con referencia a la Figura 1, se proporciona una ilustración en sección transversal de una unión entre una porción de una carcava o sección 110 de pala y un elemento de larguero interno, en este caso una banda 112 de corte en forma de I. La banda 112 en I comprende una superficie 114 de unión la cual está dispuesta para unirse a una superficie 116 de unión correspondiente provista en la carcava 110 de pala. Se proporciona una porción de resina o adhesivo 118 en la superficie 114 de unión, y la banda 112 en I se aplica contra la superficie 116 de la carcava 110 de pala, de modo que el adhesivo 118 se extiende entre las dos superficies 114, 116 para unir la banda 112 de corte a la carcava 110 de pala.

25 Sin embargo, este enfoque a menudo puede presentar problemas posteriores durante el funcionamiento de la pala. Con referencia a la Figura 2, se ilustra un ejemplo del sistema de la Figura 1 después del curado del adhesivo 118 en una capa 120 de unión adhesiva entre la banda 112 en I y la carcava 110 de pala. En un primer aspecto, la capa 120 de unión es una de las ubicaciones más probables para la posterior falla de la pala, debido a la mayor posibilidad de formación de grietas en la interfaz entre la capa 120 de unión adhesiva y la carcava de pala, indicada en 122.

30 Un inconveniente adicional del enfoque adoptado en la Figura 1 es que es difícil garantizar que el adhesivo 118 se extienda uniformemente entre las superficies 114, 116 de unión. Esto puede ser el resultado de una aplicación inicial desigual de adhesivo a la primera superficie 114 de unión, y/o la primera superficie de unión presionada hacia la segunda superficie 116 de unión en un ángulo, dando como resultado una distribución desigual de las fuerzas de presión.

35 En el ejemplo que se muestra en la Figura 2, el adhesivo 118 no se ha extendido completamente entre las superficies 114, 116 de unión, dando como resultado la formación de una capa 120 de unión adhesiva la cual no se extiende a través de la extensión total del espacio entre las superficies 114, 116 de unión, indicado por el espacio 124 vacío definido entre las superficies 114, 116 de unión. Como resultado, se reduce la resistencia de la unión adhesiva entre las superficies 114, 116 de unión, lo cual puede conducir a una falla de unión entre los componentes 110, 112 de pala.

40 Para impedir dicha falla, los diseñadores de palas a menudo adoptan al menos uno de los siguientes enfoques. En primer lugar, el adhesivo 118 se puede aplicar en una cantidad considerablemente superior a lo que es suficiente para llenar el espacio entre las superficies 114, 116 de unión, con la esperanza de que una cantidad tan excesiva asegurará que el área entre las superficies 114, 116 de unión se llene de adhesivo. Sin embargo, este enfoque conduce a un uso derrochador de adhesivo durante la fabricación de palas. Además, cualquier exceso de adhesivo que se cure fuera del área entre las superficies 114, 116 de unión a menudo se desprenderá algún tiempo después del curado, dando  
45 como resultado residuos sueltos dentro del interior de una pala de turbina eólica. Finalmente, el uso de dicha cantidad excesiva de adhesivo no garantiza completamente que el área entre las superficies 114, 116 de unión se llene con adhesivo, como factores adicionales tales como la dirección en la cual se aplica presión a la banda 112 en I cuando se une a la carcava 110 de pala puede todavía dar como resultado una aplicación desigual de adhesivo entre las superficies 114, 116 de unión.

50 Un segundo enfoque es que los componentes de pala, en particular elementos de larguero tal como la banda 112 en I, están diseñados para sobredimensionarse, de tal modo que la integridad estructural de la pala de turbina eólica no se vea significativamente comprometida en el caso de que la capa 120 adhesiva no se extienda en toda la extensión del área entre las superficies 114, 116 de unión. Sin embargo, este enfoque de sobredimensionamiento resulta en un uso ineficiente de los recursos y aumenta el coste y el peso de la pala de turbina eólica.

- Finalmente, los fabricantes de turbinas eólicas pueden decidir inspeccionar la capa 120 adhesiva entre las superficies 114, 116 de unión después del curado del adhesivo 118, para asegurar que haya una unión adecuada entre los componentes 110, 112. En el caso de una unión incompleta, se puede realizar una operación de reparación posterior, mediante la aplicación de adhesivo adicional en el área afectada. Sin embargo, dicho enfoque puede ser relativamente costoso y lento, en particular cuando debe llevarse a cabo en una estructura de turbina eólica cerrada, donde las operaciones de inspección y posterior reparación deben llevarse a cabo a partir del exterior de la pala, por ejemplo, usando detección ultrasónica para identificar el tamaño de las capas 120 de unión adhesiva, y bombeando resina o adhesivo adicional a partir del exterior de la pala hacia el interior para proporcionar una unión adecuada.
- La publicación de solicitud de patente de los Estados Unidos número US 2012/0114497 divulga el uso de una barrera de resina aplicada a una superficie de unión entre miembros de una pala de turbina eólica, para definir una cavidad entre los miembros de pala. Se puede bombear resina dentro de dicha cavidad, para asegurar que el adhesivo llene completamente la cavidad definida entre los miembros. Sin embargo, este enfoque requiere una preparación adicional considerable durante la fabricación de la pala, en la colocación precisa de la barrera de resina, así como en el posterior bombeo de adhesivo en la cavidad definida, lo que aumenta la complejidad y el tiempo del proceso de fabricación. Además, este sistema no aborda el problema de la falla de unión en la interfaz de las juntas adhesivas entre los miembros de pala.
- Los documentos US 2012/0027613 y US 2012/0027610 divulgan miembros de brida de resorte como parte de un conjunto de conexión entre los extremos transversales de una banda de corte y una cabina de larguero.
- En consecuencia, es un objeto de la invención proporcionar un método para fabricar una pala de turbina eólica, en particular un método de unir dos componentes de pala de turbina eólica, los cuales proporcionan una unión confiable mejorada entre componentes equilibrados con una implementación relativamente simple, en comparación con los sistemas de la técnica anterior.
- Resumen de la invención
- Por consiguiente, se proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica, el método comprende las etapas de:
- proporcionar un primer miembro que tiene una primera superficie de unión;
  - proporcionar un segundo miembro que tiene una segunda superficie de unión;
  - proporcionar al menos un riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión de dicho primer miembro;
  - proporcionar una cantidad de adhesivo fluido entre dichas primera y segunda superficies de unión;
  - presionar dichos primer y segundo miembros juntos, para extender dicha cantidad de adhesivo fluido para formar una capa de adhesivo entre dichas primera y segunda superficies de unión; y
  - curar dicha capa de adhesivo para unir dicho primer miembro a dicho segundo miembro,
  - en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado de un material relativamente flexible, de modo que, durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para desviarse para permitir que el exceso de adhesivo fluido se extruya más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.
- Preferiblemente, dicha etapa de prensado se realiza hasta que se extruye una cantidad de adhesivo fluido en exceso más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, para indicar que dicho adhesivo fluido llena sustancialmente el espacio entre dichas primera y segunda superficies de unión en dicho primer lado.
- A medida que los componentes se presionan juntos, cuando se extruye el exceso de adhesivo más allá del riel de eliminación de adhesivo, un operador puede deducir que el área de unión entre los componentes se llena con adhesivo, al menos para la parte adyacente donde el exceso de adhesivo se ha extruido más allá del riel. Por consiguiente, esto proporciona una indicación clara de que se ha aplicado suficiente adhesivo al área de unión entre los componentes, de modo que el área hasta el riel está llena de adhesivo. Se entenderá que la rigidez o resistencia del riel se puede elegir de manera tal que el riel resista el paso del exceso de adhesivo más allá del riel hasta que el área detrás del riel se haya llenado con adhesivo, eliminando así huecos o bolsas de aire en la capa de adhesivo entre las superficies.
- Preferiblemente, el método comprende las etapas de
- proporcionar un primer riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión; y
  - proporcionar un segundo riel de eliminación de adhesivo en un segundo lado opuesto de dicha primera superficie de unión,

tal que un canal adhesivo se define por dichas primera y segunda superficies de unión y dichos primer y segundo rieles de eliminación de adhesivo después de dicha etapa de prensado.

5 Tener un primer y un segundo riel para definir un canal significa que toda el área de unión entre los miembros se puede definir fácilmente. Se entenderá que uno de dichos primer o segundo rieles puede estar formado de materiales más elásticos o más rígidos que el otro, de tal modo que el exceso de adhesivo, al menos inicialmente, solo se extruye más allá de uno de los rieles.

10 Preferiblemente, dicho segundo riel de eliminación de adhesivo está formado a partir de un material relativamente flexible, y en donde dicha etapa de prensado se realiza hasta que se extruye una cantidad de adhesivo fluido excedente más allá de dichos primer y segundo rieles de eliminación de adhesivo, para indicar que dicho adhesivo fluido llena sustancialmente el canal adhesivo entre dichos primer y segundo miembros.

Preferiblemente, dicha etapa de proporcionar una cantidad de adhesivo comprende seleccionar una cantidad de adhesivo a aplicar de modo que la capa de adhesivo llene sustancialmente dicho canal adhesivo después de dicha etapa de prensado.

15 Preferiblemente, dicha etapa de selección comprende seleccionar una cantidad de adhesivo que tiene un mayor volumen por unidad de longitud que el volumen por unidad de longitud encerrado por dicho canal adhesivo, de modo tal que dicho canal adhesivo se llena con adhesivo después de dicha etapa de prensado.

20 Preferiblemente, dicha etapa de selección comprende seleccionar una cantidad de adhesivo de al menos 105% de volumen por unidad de longitud de dicho canal adhesivo, más preferiblemente al menos 110% de volumen por unidad de longitud de dicho canal adhesivo. Dichos valores aseguran que el canal de adhesivo se llene con adhesivo, con un desperdicio mínimo de exceso de adhesivo extruido más allá del(los) riel(es) adhesivo(s).

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto en un ángulo no ortogonal a la segunda superficie de unión de dicho segundo miembro, de tal manera que dicha capa de adhesivo comprende un perfil sustancialmente cónico en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.

25 Preferiblemente, el método comprende la etapa de proporcionar a dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo con una brida de retención provista en un segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, dicha brida de retención está dispuesta para retener cualquier exceso de adhesivo extruido más allá de dicho segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

La brida de retención puede tener un perfil curvo o puede comprender una proyección de brida plana.

30 Preferiblemente, dicho primer miembro se proporciona como al menos una porción de un elemento de larguero de una pala de turbina eólica, preferiblemente una banda en I, alternativamente una banda en C, una caja de larguero.

En un aspecto, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está unido a dicha al menos una porción de un elemento de larguero de una pala de turbina eólica. El riel se puede unir usando adhesivos o accesorios mecánicos, por ejemplo, una disposición de gancho a presión, atornillado, remachado, etc.

35 En un aspecto adicional, el al menos un riel de eliminación de adhesivo se retira después de dicha etapa de curado. Esto puede permitir la reutilización del riel en el proceso de fabricación. Se entenderá que el riel puede estar provisto de un revestimiento de liberación o un revestimiento de imprimación de liberación adecuado para este propósito.

Alternativamente, se entenderá que el al menos un riel de eliminación de adhesivo se puede dejar en su lugar natural.

40 En un aspecto alternativo, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado integralmente con dicha al menos una porción de un elemento de larguero de una pala de turbina eólica. El riel puede formarse como parte del elemento de larguero utilizando cualquier proceso adecuado, por ejemplo, pultrusión, extrusión, como parte de una estructura compuesta de fibra infundida con resina, etc.

45 Preferiblemente, el método comprende la etapa de formar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo a partir de un material relativamente elástico de tal manera que durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo esté dispuesto para desviarse para extruir dicho exceso de adhesivo fluido en más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, y en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para volver a un estado no desviado después de que se haya extruido el exceso de adhesivo fluido más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

50 Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que un primer extremo de dicho riel se une a dicho primer miembro adyacente a dicha primera superficie de unión, en donde después de dicha etapa de presionar un segundo extremo libre de dicho riel se ubica adyacente a dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que después de dicha etapa de presionar dicho segundo extremo libre de dicho riel se disponga en un ángulo agudo con dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.

- 5 Preferiblemente, el método comprende la etapa de proporcionar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo que tiene un perfil de sección transversal curvo, de modo que después de dicha etapa de presionar dicha capa de adhesivo se asume un perfil de sección transversal curvo correspondiente en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende un perfil sustancialmente en forma de onda sinusoidal.

- 10 Preferiblemente, dicho segundo miembro se proporciona como al menos una porción de una carcasa de una pala de turbina eólica.

En un aspecto, dicha etapa de prensado se realiza hasta que se extruye una cantidad de exceso de adhesivo fluido más allá de un extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, a lo largo de sustancialmente toda la longitud longitudinal de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

- 15 También se proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica, el método comprende las etapas de:

proporcionar un primer miembro que tiene una primera superficie de unión;

proporcionar un segundo miembro que tiene una segunda superficie de unión;

- 20 proporcionar al menos un riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión de dicho primer miembro, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo que tiene un primer extremo dispuesto en dicho primer miembro y un segundo extremo libre opuesto;

proporcionar una cantidad de adhesivo fluido entre dichas primera y segunda superficies de unión;

presionar dichos primer y segundo miembros juntos, para extender dicha cantidad de adhesivo fluido para formar una capa de adhesivo entre dichas primera y segunda superficies de unión; y

curar dicha capa de adhesivo para unir dicho primer miembro a dicho segundo miembro,

- 25 en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está provisto con una brida de retención en dicho segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, dicha brida de retención dispuesta para retener cualquier exceso de adhesivo que pueda extruirse más allá de dicho segundo extremo de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

- 30 Al proporcionar un riel de eliminación de adhesivo que tiene una brida de retención de adhesivo en el extremo libre del riel, esto asegura que, si se empuja el exceso de adhesivo más allá del riel de eliminación, se retendrá sustancialmente en su lugar natural adyacente al riel de eliminación. En consecuencia, después del curado, el exceso de adhesivo no será propenso a romperse en el interior de una pala de turbina eólica, como restos en el interior de la pala.

- 35 Se entenderá que la brida de retención se puede disponer de tal manera que la brida de retención se apoye en una superficie del segundo miembro, formando así un canal sustancialmente cerrado para la retención de cualquier exceso de adhesivo. Alternativamente, la brida de retención puede estar dispuesta para extenderse adyacente al segundo miembro, proporcionando una canaleta o brazo de retención para cualquier exceso de adhesivo.

Además o alternativamente, se proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica, que comprende las etapas de:

- 40 proporcionar un primer miembro que tiene una primera superficie de unión;

proporcionar un segundo miembro que tiene una segunda superficie de unión;

proporcionar una cantidad de adhesivo fluido entre dichas primera y segunda superficies de unión;

presionar dichos primer y segundo miembros juntos, para extender dicha cantidad de adhesivo fluido para formar una capa de adhesivo entre dichas primera y segunda superficies de unión; y

- 45 curar dicha capa de adhesivo para unir dicho primer miembro a dicho segundo miembro,

en donde, antes de dicha etapa de prensado, el método comprende la etapa de proporcionar al menos un riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión de dicho primer miembro, dicho riel de eliminación de adhesivo dispuesto en un ángulo no ortogonal a la segunda superficie de unión de dicho segundo miembro,

en donde una porción de dicho adhesivo fluido se empuja contra dicho riel de eliminación de adhesivo mediante dicha etapa de prensado, de tal modo que dicha capa de adhesivo comprende un perfil sustancialmente cónico en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.

5 El uso de un riel de eliminación de adhesivo en el lado de las superficies de unión actúa para retener el adhesivo fluido entre las superficies de unión a medida que el primer y el segundo miembros se presionan juntos. El perfil cónico está definido por el riel de eliminación de adhesivo. La disposición en ángulo del riel actúa para forzar a la capa de adhesivo a asumir un perfil cónico a lo largo del borde de la capa de adhesivo. Por consiguiente, la altura de la capa de adhesivo sobre las superficies del miembro se reduce en el borde de la capa. A medida que se encuentra que la tasa de liberación de energía de la capa de adhesivo está relacionada con la altura de la capa de adhesivo sobre la superficie del miembro, el perfil de borde cónico de la capa de adhesivo da como resultado una reducción en la formación de grietas en la capa de adhesivo de la pala de turbina eólica terminada. Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende un elemento sustancialmente plano.

Preferiblemente, dicho primer miembro comprende al menos una porción de un elemento de larguero de una pala de turbina eólica.

15 Un elemento de larguero puede comprender cualquier elemento utilizado en el refuerzo de una pala de turbina eólica, en general un miembro interno que se extiende a lo largo de al menos una porción de la extensión longitudinal de la pala. El elemento de larguero puede comprender, por ejemplo, una caja de larguero, una banda de corte tal como una banda en I, una banda en C, etc.

20 Preferiblemente, dicho segundo miembro comprende al menos una porción de una carcasa de una pala de turbina eólica.

El cuerpo externo de una pala de turbina eólica puede formarse a partir de una pluralidad de carcasas de pala las cuales se forman en un molde de pala y las cuales posteriormente se ensamblan para formar el cuerpo externo de la pala. Por ejemplo, las carcasas de pala pueden formar sustancialmente los lados respectivos a favor del viento y en contra del viento de una pala de turbina eólica.

25 Se entenderá que el primer y/o segundo miembros pueden comprender subsecciones de una estructura de pala de turbina eólica más grande, preferiblemente para una porción de la extensión longitudinal de una pala de turbina eólica. Por ejemplo, el segundo miembro puede comprender una subsección de una carcasa para una pala de turbina eólica, comprendiendo el primer miembro una porción de un elemento de larguero para unirse a dicha subsección de una carcasa para una pala de turbina eólica.

30 Preferiblemente, dicho al menos un riel adhesivo se proporciona sustancialmente a lo largo de toda la longitud del primer y segundo miembros. Sin embargo, dicha implementación puede resultar en un trabajo adicional del proceso de fabricación.

35 El al menos un riel adhesivo puede proporcionarse a lo largo de aquellas áreas de la pala de turbina eólica más susceptibles a fallas de la interfaz de unión. En un aspecto, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona en dichos primer y segundo miembros dentro del 0-75% de la extensión longitudinal de la pala de turbina eólica, medida a partir de un extremo de raíz de dicha pala hasta un extremo de punta de dicha pala. En un aspecto alternativo, el riel puede proporcionarse dentro del 25-75% de la extensión longitudinal. En una alternativa adicional, el riel puede proporcionarse dentro del 0-25% de la extensión longitudinal.

40 En un aspecto, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está provisto en dichos primer y segundo miembros dentro del 0-15% de la extensión longitudinal de la pala de turbina eólica, medida a partir de un extremo de raíz de dicha pala hasta un extremo de punta de dicha pala.

Por ejemplo, para una pala de 40 metros de longitud, en dicha realización de este tipo, el riel de eliminación de adhesivo se proporciona en el área entre 0-6 metros a partir del extremo de raíz de la pala.

45 Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona en dichos primer y segundo miembros hasta la ubicación de la cuerda máxima de la pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está provisto de tal manera que un primer extremo de dicho riel está unido a dicho primer miembro adyacente a dicha primera superficie de unión, en donde después de dicha etapa de presionar un segundo extremo de dicho riel se encuentra adyacente a dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.

50 El riel está dispuesto de tal manera que la forma y la longitud del riel están configuradas para extenderse entre el primer y el segundo miembros, cuando los miembros se presionan juntos para unir los miembros entre sí.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que después de dicha etapa de presionar dicho segundo extremo de dicho riel se disponga en un ángulo agudo con dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.

El riel se proyecta en un ángulo a partir del primer miembro de tal manera que el riel forma un ángulo agudo hacia la superficie del segundo miembro cuando el primer y el segundo miembros se presionan juntos. Este ángulo agudo crea un perfil de sección transversal cónico para la capa de adhesivo entre los miembros, cuando el adhesivo fluido se presiona contra el riel durante la etapa de prensado.

- 5 En un aspecto preferido, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende un perfil de sección transversal curvo, de modo que después de dicha etapa de presionar dicha capa de adhesivo asume un perfil de sección transversal curvo correspondiente en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.

10 El uso de un riel curvo actúa para formar un perfil de sección transversal curvo del borde de la capa de adhesivo. Dicho límite curvo actúa para distribuir uniformemente las fuerzas en el límite de la capa de adhesivo, reduciendo aún más la posibilidad de falla del adhesivo durante el funcionamiento de la pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende un perfil convexo entre dichos primer y segundo extremos, de tal modo que después de dicha etapa de presionar dicha capa de adhesivo asume un perfil de sección transversal cóncavo en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.

Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo tiene forma de onda sinusoidal.

- 15 En una realización preferida, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que después de dicha etapa de prensado, dicho segundo extremo de dicho riel de eliminación de adhesivo se proporciona en contacto con dicha segunda superficie de unión.

20 Al disponer el riel para que entre en contacto con la superficie del segundo miembro cuando el adhesivo fluido se presiona contra el riel, el límite o borde de la capa de adhesivo subsiguiente se estrechará completamente a la superficie del segundo miembro. Dicha capa de adhesivo la cual se estrecha completamente a la superficie del segundo miembro tiene una tasa de liberación de energía considerablemente reducida en comparación con los límites de la capa de adhesivo de la técnica anterior, lo que conduce a una reducción en la posibilidad de falla del límite durante la operación de la pala.

25 Preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado de un material relativamente flexible, de tal modo que, durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para desviarse para permitir que el exceso de adhesivo fluido se extruya más allá de dicho segundo extremo de dicho riel.

30 Al tener un riel de eliminación de adhesivo flexible, el riel puede actuar como una válvula simple, lo cual permite que el exceso de adhesivo salga del canal adhesivo definido por las superficies de unión y el al menos un riel. En consecuencia, la cantidad de adhesivo la cual se proporciona puede seleccionarse para garantizar que el volumen de adhesivo llene el área deseada entre las superficies de unión, con la posibilidad de proporcionar un volumen de adhesivo más una cantidad en exceso, por ejemplo, 110% del volumen de adhesivo requerido. En dicho caso, la acción de presionar los miembros juntos asegurará que el adhesivo llene el área entre las superficies de unión, con cualquier exceso de adhesivo más allá por la acción de la válvula del riel.

35 Además, preferiblemente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado de un material relativamente elástico de tal manera que durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para volver a un estado no desviado después de que se haya extruido el exceso de adhesivo fluido más allá de dicho segundo extremo de dicho riel.

40 Al tener un riel elástico, el riel volverá a una posición de contacto con la superficie del segundo miembro, de tal modo que la altura de la capa de adhesivo sobre la superficie del segundo miembro se estrechará a 0 en el borde de la capa de adhesivo, manteniendo una baja posibilidad de falla adhesiva durante la operación.

45 En un aspecto, dicho al menos un riel de eliminación está formado de un material plástico, por ejemplo, plástico pultruido. En otro aspecto, dicho al menos un riel de eliminación está formado de un material compuesto de fibra, curado en un molde, por ejemplo, un material de fibra de vidrio. En un aspecto preferido, el riel de eliminación está formado por biax 450 g/m<sup>2</sup>, preferiblemente usando dos capas por riel de eliminación.

Además o alternativamente, dicha etapa de proporcionar al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende proporcionar un segundo extremo de dicho riel que tiene un borde dentado.

50 El uso de un borde dentado puede permitir una extrusión del adhesivo fluido más allá del segundo extremo del riel. En dicho caso, el riel puede estar formado por un miembro rígido inflexible, por ejemplo, plástico duro, metal, etc., o de un medio flexible como se describió anteriormente.

Alternativamente, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que después de dicha etapa de prensado, dicho segundo extremo de dicho riel de eliminación de adhesivo se separa de dicha segunda superficie de unión por una distancia D, en donde  $D \leq 5\text{mm}$ .

5 El riel se puede disponer de tal manera que cuando el primer y el segundo miembros se presionan juntos a cada lado de una altura deseada de la capa de adhesivo, el riel de eliminación se proyectará a partir del primer miembro a una altura separada de la superficie del segundo miembro. En este caso, el borde de la capa de adhesivo será conformado por el riel para tener un perfil cónico hacia el segundo extremo del riel, el cual tiene una altura reducida a partir de la superficie del segundo miembro. Dicha altura reducida, reducirá la posibilidad de falla de la capa de adhesivo, en comparación con los sistemas de la técnica anterior.

10 En un aspecto adicional, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende una brida de retención provista en el segundo extremo de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, dicha brida de retención dispuesta para retener cualquier exceso de adhesivo extruido más allá de dicho segundo extremo de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

Como el riel se forma más allá del segundo extremo para tener una brida de retención, esto actúa para mantener el exceso de adhesivo en su lugar adyacente a la superficie del segundo miembro. Esto impide que el exceso de adhesivo se desprenda del segundo miembro y forme restos sueltos dentro del interior de la pala de turbina eólica.

15 En un aspecto, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona como una parte integral de dicho primer miembro.

En este aspecto, el primer miembro puede estar formado con un riel de eliminación integral. Por ejemplo, el primer miembro puede formarse usando un proceso de pultrusión, para tener un perfil que tenga un riel de eliminación integrado, por ejemplo, una banda en I pultruida que tiene rieles de eliminación integrados.

20 En un aspecto alternativo, el método comprende la etapa de montar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo en dicho primer miembro adyacente a dicha primera superficie de unión.

25 En este caso, se puede proporcionar un primer miembro preformado, por ejemplo, una caja de larguero preformada, una banda en I, etc., donde los rieles de eliminación se pueden unir al primer miembro de tal modo que los rieles se encuentren adyacentes a las superficies de unión relevantes del primer miembro. Por ejemplo, el riel de eliminación se puede unir al primer miembro usando adhesivos, el riel se puede atornillar al primer miembro y/o se puede usar un gancho o una conexión de ajuste rápido donde el riel y el primer miembro tienen elementos de acoplamiento que cooperan para la conexión.

Preferiblemente, el método comprende las etapas de:

proporcionar un primer riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión; y

30 proporcionar un segundo riel de eliminación de adhesivo en un segundo lado opuesto de dicha primera superficie de unión,

tal que un canal adhesivo se define por dichas primera y segunda superficies de unión y dichos primer y segundo rieles de eliminación de adhesivo después de dicha etapa de prensado.

35 Preferiblemente, dicha etapa de proporcionar una cantidad de adhesivo comprende seleccionar una cantidad de adhesivo a aplicar de tal modo que la capa de adhesivo llene sustancialmente dicho canal adhesivo después de dicha etapa de prensado.

40 Preferiblemente, dicha etapa de selección comprende seleccionar una cantidad de adhesivo que tiene un mayor volumen por unidad de longitud que el volumen por unidad de longitud encerrado por dicho canal adhesivo, de modo que dicho canal adhesivo se llene con adhesivo después de dicha etapa de prensado. La definición de un canal adhesivo entre el primer y el segundo miembros permite que un área fija se llene con adhesivo, para asegurar una unión satisfactoria entre los elementos de la pala de turbina eólica. Se entenderá que el canal adhesivo puede definirse para una porción de la extensión longitudinal del primer y segundo miembros donde se desea asegurar que la capa de adhesivo llene el área definida por el canal adhesivo, en particular, para áreas de la pala de turbina eólica donde la falla de la capa de adhesivo es más probable durante las operaciones de pala, por ejemplo, para esa porción del primer y segundo miembros hasta y alrededor de la cuerda máxima de la pala de turbina eólica.

45 La cantidad de adhesivo la cual se proporciona en el canal adhesivo se puede seleccionar para asegurar que el volumen de adhesivo llene el área deseada entre las superficies de unión. Al proporcionar un volumen de adhesivo más una cantidad en exceso, por ejemplo 110% del volumen de adhesivo requerido, se asegurará de que el canal adhesivo se llene completamente con adhesivo, con cualquier exceso de adhesivo extruido más allá del segundo extremo de los rieles como se describe anteriormente, o forzado adicionalmente a lo largo de la longitud del canal adhesivo, más allá de los rieles.

50 Preferiblemente, dicha etapa de proporcionar una cantidad de adhesivo comprende aplicar una cantidad de adhesivo a dicha primera superficie de unión o a dicha segunda superficie de unión.



En un aspecto adicional, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está provisto de un elemento marcador, el cual permite determinar la ubicación de la posición del elemento marcador cuando el riel de eliminación de adhesivo está instalado en una pala de turbina eólica.

5 Por ejemplo, el riel de eliminación de adhesivo puede comprender un elemento reflectante el cual es operable para reflejar señales ópticas, de radiofrecuencia o ultrasónicas de un aparato de prueba, por ejemplo, de un detector de ultrasonido utilizado en la superficie externa de una pala de turbina eólica. Dicho elemento reflectante puede actuar para ayudar a la ubicación del riel dentro del interior de la pala y, en consecuencia, puede actuar para definir el límite de las capas adhesivas, elementos de repuesto, etc. dentro del interior de una pala durante los procedimientos de prueba no destructivos.

10 En un aspecto adicional, el método comprende la etapa de, después de dicha etapa de prensado, retirar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.

15 En algunos casos, el riel se puede quitar después de que los miembros se hayan presionado juntos, y el adhesivo fluido se haya asentado en la capa de adhesivo entre las dos superficies de unión. El riel se puede reutilizar en la fabricación de palas posteriores. Se entenderá que el riel puede retirarse después de que se haya producido dicha etapa de curado.

20 Se entenderá que el método proporciona un elemento que comprende dichos primer y segundo miembros unidos entre sí a través de dicha capa de adhesivo, en donde dicho elemento puede usarse como componentes en la fabricación de una pala de turbina eólica. A la vez que las realizaciones que se ilustran en este documento muestran la unión entre una carcasa de pala y un elemento de larguero de una pala de turbina eólica, se entenderá que el método puede usarse para proporcionar una unión mejorada entre cualquier elemento de una pala de turbina eólica.

Se entenderá que las características descritas con respecto a los métodos anteriores, y las ventajas asociadas de cada uno, son intercambiables entre los métodos, sin modificación indebida de los procesos subyacentes.

También se proporciona un riel de eliminación de adhesivo para su uso en cualquier aspecto de los métodos descritos anteriormente.

25 También se proporciona una pala de turbina eólica fabricada de acuerdo con cualquier aspecto de los métodos descritos anteriormente.

#### Descripción de la invención

Las realizaciones de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

30 La Figura 1 muestra una porción de una vista en sección transversal de un método de la técnica anterior de ensamblar componentes de una pala de turbina eólica;

La Figura 2 muestra la sección que se ilustra en la Figura 1 después del montaje;

La Figura 3 muestra una turbina eólica;

La Figura 4 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica;

35 La Figura 5 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de una pala de turbina eólica;

Las Figuras 6 y 7 muestran una porción de una vista en sección transversal de un método de ensamblar componentes de una pala de turbina eólica de acuerdo con una realización de la invención, antes y después del montaje;

40 Las Figuras 8 y 9 muestran una porción de una vista en sección transversal de un método para ensamblar componentes de una pala de turbina eólica de acuerdo con una segunda realización de la invención, antes y después del montaje; y

Las Figuras 10 y 11 muestran una porción de una vista en sección transversal de un método para ensamblar componentes de una pala de turbina eólica de acuerdo con una tercera realización de la invención, antes y después del montaje.

45 Se entenderá que los elementos de los dibujos los cuales se replican entre realizaciones se denominan usando los mismos numerales de referencia.

La Figura 3 ilustra una turbina eólica moderna convencional a favor del viento de acuerdo con el denominado "concepto Danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un repartidor 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente a partir del repartidor 8, cada una con una raíz 16 de pala más cercana al repartidor y una punta 14 de pala más alejada del repartidor 8. El rotor tiene un radio denotado R.

La Figura 4 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica que puede usarse de acuerdo con una realización de la invención. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cercana al repartidor, una región 34 perfilada o una superficie de sustentación más alejada del repartidor y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 de superficie de sustentación. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el repartidor, y un borde 20 de salida orientado en la dirección opuesta al borde 18 de ataque.

La región 34 de superficie de sustentación (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, a la vez que la región 30 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, la cual por ejemplo hace que sea más fácil y seguro montar la pala 10 en el repartidor. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz es típicamente constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil 44 aerodinámico, como se muestra en la Figura 4, de la región 34 de superficie de sustentación. La longitud de la cuerda de la región 32 de transición típicamente aumenta sustancialmente de forma lineal al aumentar la distancia  $r$  a partir del repartidor.

La región 34 de superficie de sustentación tiene un perfil 50 de superficie de sustentación con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye al aumentar la distancia  $r$  a partir del repartidor.

Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar torcida y/o curvada (es decir, previamente doblada), proporcionando así al plano de la cuerda un curso torcido y/o curvo, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio del repartidor.

La Figura 5 muestra una vista esquemática de un perfil 50 de superficie aerodinámica de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros los cuales se usan típicamente para definir la forma geométrica de la superficie aerodinámica. El perfil 50 de la superficie aerodinámica tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, los cuales, durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente se orientan hacia el lado de barlovento (o contra el viento) y el lado de sotavento (o a favor del viento), respectivamente. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda  $c$  que se extiende entre un borde 56 de ataque y un borde 58 de salida de la pala. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene un grosor  $t$ , el cual se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor  $t$  de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico viene dada por una línea 62 de curvatura, la cual es una línea mediana a través del perfil 50 de superficie aerodinámica. La línea mediana se puede encontrar dibujando círculos inscritos a partir del borde 56 de ataque hasta el borde 58 de salida. La línea mediana sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia a partir de la cuerda 60 se llama curvatura  $f$ . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros denominados curvatura superior y curvatura inferior, los cuales se definen como las distancias a partir de la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente.

Los perfiles de superficie aerodinámica a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud de cuerda  $c$ , la curvatura máxima  $f$ , la posición  $df$  de la curvatura máxima  $f$ , el grosor  $t$  máximo de perfil de superficie aerodinámica, el cual es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de curvatura mediana, la posición  $dt$  del grosor  $t$  máximo, y un radio de punta (no se muestra). Estos parámetros se definen típicamente como proporciones a la longitud de la cuerda  $c$ .

Las palas de turbina eólica se forman en general de material plástico reforzado con fibras, es decir, fibras de vidrio y/o fibras de carbono las cuales se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas modernas de turbinas eólicas a menudo pueden tener más de 30-40 metros de longitud, con diámetros de raíz de pala de diversos metros.

En general, las palas de la turbina eólica se fabrican como partes de carcasa separadas, las cuales posteriormente se ensamblan juntas para formar la estructura de la pala de turbina eólica. En las técnicas preferidas, la pala de turbina eólica se ensambla a partir de al menos un miembro de carcasa que forma sustancialmente una superficie del lado de presión o a favor del viento o de presión de un perfil de pala de turbina eólica, y al menos un miembro de carcasa que forma sustancialmente una superficie del lado de succión o a favor del viento de un perfil de pala de turbina eólica.

Con referencia a la Figura 6, se ilustra una sección transversal de una porción de un nuevo método de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención. La invención se relaciona con la unión del primer y segundo miembros de una pala de turbina eólica, en este caso una sección de pala o carcasa 110 y un elemento 112 de larguero. En la Figura 6, el elemento 112 de larguero comprende una banda en  $I$ , pero debe entenderse que puede usarse cualquier elemento de refuerzo de larguero adecuado, por ejemplo, una caja de larguero, una banda de corte, por ejemplo, una banda en forma de  $C$ , etc.

Se proporciona una primera superficie 114 de unión en el elemento 112 de larguero, la superficie 114 de unión está dispuesta para unirse con una segunda superficie 116 de unión opuesta, definida en la carcasa 110 de pala. Se

entenderá que dichas superficies pueden estar previamente tratadas para mejorar las propiedades de unión adhesiva de las superficies, por ejemplo, las superficies se pueden marcar u ondular para proporcionar una unión adhesiva mecánica más fuerte.

5 El primer y segundo rieles 126 de eliminación de adhesivo están previstos en el elemento 112 de larguero, a cada lado de la primera superficie 114 de unión. Los rieles 126 de eliminación de adhesivo se extienden a partir del elemento 112 de larguero hacia la carcasa 110 de pala, los rieles 126 dispuestos de tal forma que forman un ángulo no ortogonal con la segunda superficie 116 de unión de la carcasa 110 de pala. Preferiblemente, los rieles 126 sobresalen a partir del elemento 112 de larguero para formar un collar ensanchado a cada lado de dicha primera superficie 114 de unión, formando un ángulo agudo a dicha segunda superficie 116 de unión.

10 Se aplica una cantidad de adhesivo 118 fluido a dicha primera superficie 114 de unión, la cantidad de adhesivo es aproximadamente igual a la cantidad de adhesivo requerida para asegurar una unión segura entre la primera y la segunda superficies 114, 116 de unión.

15 En consecuencia, cuando el elemento 112 de larguero se presiona hacia la carcasa 110 de pala, se define un canal adhesivo entre la primera y segunda superficies 114, 116 de unión opuestas y las paredes laterales proporcionadas por el primer y segundo rieles 126 de eliminación de adhesivo, las paredes laterales del canal adhesivo se estrechan hacia la segunda superficie 116 de unión. Además, con referencia a la Figura 7, el adhesivo 118 provisto en la primera superficie 114 de unión es exprimido o presionado por las primera y segunda superficies 114, 116 de unión opuestas para extenderse para llenar el canal adhesivo, con los rieles 126 de eliminación actuando para retener el flujo de adhesivo 118 dentro del canal. Como resultado, se garantiza que el adhesivo 118 llene el espacio entre la primera y la segunda superficies 114, 116 de unión, independientemente de la distribución inicial del adhesivo en la primera superficie 114 y/o el ángulo en el cual el elemento 112 de larguero se presiona hacia la carcasa 110 de pala. El adhesivo 118 fluido se cura luego en una capa 128 adhesiva, la cual une las primera y segunda superficies 114, 116 de unión respectivas.

25 En una ventaja adicional, el uso de rieles 126 de eliminación provistos a cada lado de la primera superficie 114 de unión proporciona una plataforma de recepción adecuada para recibir una cantidad de adhesivo 118 fluido durante el proceso de montaje y fabricación, aumentando así la simplicidad del proceso de fabricación para operadores, y reduciendo la posibilidad de derrames derrochadores de adhesivo 118.

30 Se ha encontrado que la probabilidad de formación sustancial de grietas o fallas en la interfaz entre una capa de adhesivo y la superficie interna de una carcasa de pala está directamente relacionada con la tasa de liberación de energía (ERR) de la capa de adhesivo. Una ERR más grande da como resultado una probabilidad reducida de formación de grietas sustanciales en la pala de turbina eólica. Por consiguiente, es deseable reducir la ERR de la capa 128 de unión adhesiva formada entre las superficies 114, 116 de unión, para mejorar la confiabilidad de la unión entre la carcasa 110 de pala y el elemento 112 de larguero.

35 La formación de grietas es más probable que ocurra en los bordes de la capa 128 de unión adhesiva, en la interfaz con la segunda superficie 116 de unión. Como la ERR de la capa 128 de unión adhesiva en un punto está directamente relacionada con el área de sección transversal de la capa en ese punto, reduciendo en consecuencia la altura de la capa 128 de unión adhesiva sobre la superficie de la segunda superficie 116 de unión en los bordes de la capa 128 dará como resultado una reducción de la ERR en estos límites, proporcionando en consecuencia una reducción considerable en la posibilidad de una formación sustancial de grietas en estos lugares límites.

40 La disposición de los rieles 126 de eliminación de adhesivo en una proyección en ángulo a partir del elemento 112 de larguero hacia la carcasa 110 de pala, para formar ángulos agudos con la segunda superficie 116 de unión de la carcasa 110 de pala, da como resultado la formación de un perfil cónico en los bordes de la capa 128 de unión adhesiva. Esto proporciona una capa 128 adhesiva con una ERR reducida en comparación con los sistemas de la técnica anterior, dando como resultado una reducción en la posibilidad de formación de grietas durante la vida útil de la pala de turbina eólica. Por lo tanto, el sistema de la invención proporciona una ventaja considerable sobre los métodos de la técnica anterior para unir componentes de pala de turbina eólica.

45 Preferiblemente, los rieles 126 de eliminación de adhesivo son miembros sustancialmente planos, preferiblemente formados a partir de un material compuesto de fibra moldeado, por ejemplo, biax 450 g/m<sup>2</sup>, preferiblemente utilizando dos capas por riel de eliminación. Los rieles de eliminación pueden formarse a partir de un proceso de pultrusión.

50 Los rieles 126 sobresalen de un primer extremo 126a ubicado en el elemento 112 de larguero, a un segundo extremo 126b, el cual está ubicado adyacente a la segunda superficie 116 de unión de la carcasa 110 de pala una vez que el elemento 112 de larguero y la carcasa 110 de pala están presionados juntos. Preferiblemente, el segundo extremo 126b se apoya en la segunda superficie 116 de unión una vez que el elemento 112 de larguero y la carcasa 110 de pala se presionan juntos, formando una barrera o pared entre la primera y segunda superficies 114, 116, pero se entenderá que el segundo extremo 126b puede descansar a corta distancia de la segunda superficie 116 después de la etapa de prensado. Preferiblemente, el segundo extremo 126b está como máximo a 5 mm de la segunda superficie 116 después de dicha etapa de prensado. Dicha distancia tan pequeña dará como resultado una altura relativamente

55

baja de la capa 128 adhesiva por encima de la segunda superficie 116, manteniendo una ERR relativamente baja en el límite de la capa 128 adhesiva definida por los rieles 126 de eliminación.

5 A la vez que la realización de las Figuras 6 y 7 ilustran los rieles 126 de eliminación de adhesivo que tienen un perfil plano recto, se entenderá que pueden usarse otros perfiles de riel de sección transversal. Por ejemplo, con referencia a las Figuras 8 y 9, se ilustra una segunda realización de la invención.

10 La realización de la Figura 8 es similar a la realización de la Figura 6, con la distinción de que se usan rieles de eliminación que tienen un perfil 226 de sección transversal curvo. Los rieles 226 se curvan entre el primer extremo 226a provisto adyacente a la primera superficie 114 de unión y el segundo extremo 226b dispuestos para apoyarse en la segunda superficie 116 de unión opuesta. En esta realización, los rieles 226 están dispuestos para ensancharse hacia afuera a partir de la primera superficie 114 de unión adyacente, presentando una cara convexa hacia la segunda superficie 116 de unión opuesta. El método de aplicar adhesivo 118 fluido, presionando juntos el elemento 112 de larguero y la carcasa 110 de pala para extender el adhesivo 118 entre los rieles 226 de eliminación, y posteriormente curar el adhesivo 118 en la capa 128 adhesiva (Figura 9) se llevan a cabo como se describió anteriormente en relación con la primera realización.

15 Esta forma curva del riel 226 de eliminación de adhesivo da como resultado una distribución más uniforme de las fuerzas en la capa 128 de unión adhesiva subsiguientemente curada, como se ve en la Figura 9. Dicha distribución uniforme de la fuerza proporciona una reducción adicional en la probabilidad de grietas o formación de fallas en la capa 128 de unión adhesiva.

20 En otro aspecto preferido de la invención, se puede proporcionar al menos un riel de eliminación de adhesivo como un miembro relativamente flexible. En dicho caso, la flexibilidad del riel se selecciona para desviarse bajo presión, si se aplica una cantidad excesiva de adhesivo fluido entre las superficies de unión. En dicho caso, cualquier exceso de adhesivo puede expresarse más allá del segundo extremo del riel.

25 Preferiblemente, la flexibilidad se elige adicionalmente de tal modo que el riel sea lo suficientemente elástico como para volver a una posición de reposo en contacto con o cerca de la segunda superficie de unión opuesta, una vez que el exceso de adhesivo se ha exprimido más allá del segundo extremo del riel. En este caso, el riel de eliminación actúa como una válvula unidireccional simple, en donde puede desviarse para permitir el paso del exceso de adhesivo fuera del canal definido entre las superficies de unión y el riel de eliminación de adhesivo, y posteriormente puede volver a una posición de reposo que define un borde cónico de la capa de unión adhesiva.

30 Una realización adicional de la invención se ilustra en las Figuras 10 y 11, en donde los rieles 326 de eliminación de adhesivo comprenden un perfil en forma de onda sustancialmente sinusoidal. Los rieles 326 están dispuestos adyacentes a lados opuestos de la primera superficie 114 de unión, teniendo un primer extremo 326a provisto en la primera superficie 114 de unión y un segundo extremo 326b nocional dispuesto hacia la segunda superficie 116 de unión opuesta. Los extremos 326a, 326b primero y segundo están dispuestos aproximadamente en los puntos máximos y mínimos sucesivos del perfil de onda sinusoidal, de tal modo que el riel 326 proporcionará un perfil curvo de la pared lateral del canal adhesivo creado cuando el elemento 112 de larguero se presiona contra la carcasa 110 de pala.

35 Como el riel 326 está formado de un material relativamente flexible, está dispuesto a desviarse cuando se proporciona una cantidad excesiva de adhesivo en el canal adhesivo definido entre la primera y segunda superficies 114, 116 de unión y los rieles 326 opuestos. Una vez que el exceso es exprimido fuera del canal adhesivo, el riel 326 puede volver a una posición de reposo en contacto con la segunda superficie 116 de unión. Con referencia a la Figura 11, el exceso de adhesivo se cura posteriormente en porciones de una capa de adhesivo adyacente al segundo extremo 326b nocional de los rieles 326, indicado en 330.

40 El riel 326 está conformado para continuar más allá de dicho segundo extremo 326b nocional, para proporcionar efectivamente una brida 332 de retención para cualquier exceso de adhesivo 330 el cual puede extruirse más allá de los segundos extremos 326b nocionales de los rieles 326 de eliminación. Las bridas 332 de retención pueden actuar para impedir que el exceso de adhesivo fluido gotee más allá de la brida 332, y/o en el caso de exceso de adhesivo que se haya curado en una capa 330, la brida 332 puede actuar para mantener el exceso en su lugar adyacente a la carcasa 110 de pala. Si la capa 330 de exceso se desprende de la carcasa 110 de pala, la brida 332 puede retener las piezas curadas de adhesivo 332 al lado de la carcasa 110 de pala, e impide que dichos restos caigan sobre el interior mayor de la pala de turbina eólica.

45 Se entenderá que se pueden combinar diversas otras características técnicas con las características de las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, a la vez que el segundo extremo 126b, 226b, 326b del riel 126, 226, 326 de eliminación es preferiblemente un borde recto para formar una barrera o pared sólida contra la segunda superficie 116 de unión, se entenderá que en algunas realizaciones el segundo extremo 126b del riel 126 de eliminación puede ser perfilado o conformado, por ejemplo, un borde dentado o corrugado, para facilitar el paso del exceso de adhesivo más allá de dicho segundo extremo 126b, 226b, 326b. Esta característica se puede usar en combinación con, o en lugar de, la característica de un eliminador 126, 226, 326 de adhesivo relativamente flexible.

- 5 Se entenderá que la disposición de los rieles de eliminación de adhesivo con respecto a las superficies de unión primera y segunda puede ser intercambiable. Por ejemplo, los rieles de eliminación de adhesivo pueden proporcionarse extendiéndose a partir de la segunda superficie de unión definida en la carcasa de pala hacia la primera superficie definida en el elemento de larguero. Además, aunque las realizaciones descritas anteriormente se relacionan con la unión de un elemento de refuerzo a una carcasa de pala, al proporcionar adhesivo fluido en una superficie del elemento de refuerzo, se entenderá que la invención es igualmente aplicable en el caso donde el adhesivo fluido se aplica a la superficie de la carcasa de pala, con el elemento de larguero posteriormente unido a esta superficie.
- 10 Los rieles de eliminación de adhesivo pueden estar montados o adheridos al elemento de larguero o la carcasa de pala. Por ejemplo, el elemento de larguero puede estar provisto de una pluralidad de elementos de conexión de ajuste a presión, con elementos correspondientes que se proporcionan en dicho primer extremo del riel de eliminación, permitiendo un montaje relativamente fácil del riel de eliminación de adhesivo al elemento de larguero. En una realización preferida, los rieles de eliminación de adhesivo están formados integralmente con el elemento de larguero, por ejemplo, como parte de un perfil de banda de corte pultruido.
- 15 En un aspecto, los rieles de eliminación de adhesivo pueden retirarse del elemento de larguero, ya sea a la vez que la capa de unión adhesiva se está curando, o después de que se haya completado el curado.
- 20 A la vez que los rieles de eliminación pueden aplicarse a lo largo de toda la pala de turbina eólica, en un aspecto los rieles solo se aplican a lo largo de la longitud de la pala donde más se desea para impedir el fallo de la unión adhesiva entre los miembros de pala. En un aspecto preferido, los rieles de eliminación se proporcionan a lo largo de una porción de la sección interior de la pala de turbina eólica, hacia el extremo de raíz de la pala. Preferiblemente, los rieles de eliminación se aplican en el área entre el extremo de raíz y el punto a lo largo de la longitud de la pala que tiene la longitud máxima de cuerda de la pala de turbina eólica.
- 25 En un aspecto, los rieles de eliminación pueden comprender un marcador o un elemento marcador (no se muestra) el cual actúa para resaltar la ubicación de los rieles de eliminación durante una operación de inspección, por ejemplo, una operación de prueba no destructiva, tal como un escaneo ultrasónico de una pala de turbina eólica ensamblada. Dicho marcador o rastreador puede ser un material que tenga una densidad diferente, preferiblemente una densidad aumentada, en relación con el resto del riel de eliminación, de tal modo que el marcador o rastreador pueda detectarse fácilmente durante una operación de inspección o exploración de este tipo. Esto permite a un trabajador identificar fácilmente la ubicación de las capas de unión adhesiva en una pala de turbina eólica ensamblada, y puede ayudar a
- 30 determinar si los componentes de pala están suficientemente unidos entre sí. Preferiblemente, el marcador o rastreador comprende una tira de material relativamente denso provisto en dicho segundo extremo del riel de eliminación, definiendo así el límite de la capa de unión adhesiva curada proporcionada en el canal adhesivo descrito anteriormente definido entre las superficies de unión opuestas y los rieles adhesivos.
- 35 Se entenderá que el método de la invención puede proporcionar además el caso en donde se usa un único riel de eliminación de adhesivo, en un primer lado de la superficie de unión. En este caso, se puede aplicar adhesivo fluido adyacente al riel único, en donde la acción de presionar los dos miembros juntos dará como resultado que el adhesivo se apoye al riel y se apriete en una dirección alejada del riel, para llenar sustancialmente el área entre las dos superficies de unión.
- 40 El uso de rieles de eliminación de adhesivo como se describe anteriormente en el método de la invención proporciona el montaje de componentes de turbina eólica que tienen una unión adhesiva mejorada. Dichos componentes unidos pueden ensamblarse posteriormente en una estructura de pala de turbina eólica más grande que tiene una confiabilidad mejorada y requiere un número reducido de operaciones de reparación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar una pala (10) de turbina eólica, que comprende las etapas de:  
proporcionar un primer miembro (112) que tiene una primera superficie (114) de unión;  
proporcionar un segundo miembro (110) que tiene una segunda superficie (116) de unión;
- 5 proporcionar al menos un riel (126, 226, 326) de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión de dicho primer miembro;  
proporcionar una cantidad de adhesivo (118) fluido entre dichas primera (114) y segunda (116) superficies de unión;  
presionar dichos primer (112) y segundo (110) miembros juntos, para esparcir dicha cantidad de adhesivo (118) fluido para formar una capa (128) adhesiva entre dichas primera y segunda superficies de unión; y
- 10 curar dicha capa de adhesivo para unir dicho primer miembro a dicho segundo miembro,  
en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado de un material flexible, de tal modo que, durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para desviarse para permitir que el exceso de adhesivo fluido se extruya más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo y
- 15 en donde dicha etapa de prensado se realiza hasta que se extruye una cantidad de exceso de adhesivo fluido más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, para indicar que dicho adhesivo fluido llena sustancialmente el espacio entre dichas primera y segunda superficies de unión en dicho primer lado, y  
en donde el método comprende la etapa de proporcionar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo con un elemento marcador, en donde dicho elemento marcador permite determinar una ubicación de la posición del elemento marcador después de unir el primer miembro al segundo miembro.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, que comprende las etapas de  
proporcionar un primer riel de eliminación de adhesivo en un primer lado de dicha primera superficie de unión; y  
proporcionar un segundo riel de eliminación de adhesivo en un segundo lado opuesto de dicha primera superficie de unión, de tal modo que un canal de adhesivo se define por dichas primera y segunda superficies de unión y dichos primer y segundo rieles de eliminación de adhesivo después de dicha etapa de prensado.
- 25 3. El método de la reivindicación 2, en donde dicho segundo riel de eliminación de adhesivo se forma a partir de un material flexible, y en donde dicha etapa de prensado se realiza hasta que se extruye una cantidad de adhesivo fluido excedente más allá de dichos primer y segundo rieles de eliminación de adhesivo, para indicar que dicho adhesivo fluido llena sustancialmente el canal adhesivo entre dichos primer y segundo miembros.
- 30 4. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde el método comprende la etapa de proporcionar a dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo con una brida de retención provista en un segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo, dicha brida de retención dispuesta para retener la cantidad de exceso de adhesivo fluido extruido más allá de dicho segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.
- 35 5. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde dicho primer miembro se proporciona como al menos una porción de un elemento de larguero de la pala de turbina eólica y en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está unido a dicha al menos una porción de un elemento de larguero de la pala de turbina eólica.
- 40 6. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde dicho primer miembro se proporciona como al menos una porción de un elemento de larguero de la pala de turbina eólica, y en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está formado integralmente con dicha al menos una porción de un elemento de larguero de la pala de turbina eólica.
- 45 7. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde se selecciona una elasticidad de dicho material elástico de modo que durante dicha etapa de prensado, dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo esté dispuesto para desviarse para extruir dicha cantidad de exceso de adhesivo fluido más allá de dicho al menos uno riel de eliminación de adhesivo, y en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está dispuesto para volver a un estado no desviado después de que la cantidad de adhesivo fluido en exceso se haya extruido más allá de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo.
8. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que un primer extremo de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se une a dicho primer miembro adyacente a dicha primera superficie de unión, en donde después de dicha etapa de prensado un

segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo está ubicado adyacente a dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.

- 5 9. El método de la reivindicación 8, en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se proporciona de tal manera que después de dicha etapa de presionar dicho segundo extremo libre de dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo se dispone en un ángulo agudo a dicha segunda superficie de unión de dicho segundo miembro.
10. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende la etapa de proporcionar dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo que tiene un perfil de sección transversal curvo, de tal manera que después de dicha etapa de presionar dicha capa de adhesivo asume un perfil de sección transversal curvo correspondiente en dicho primer lado de dicha primera superficie de unión.
- 10 11. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde dicho al menos un riel de eliminación de adhesivo comprende un perfil sustancialmente en forma de onda sinusoidal.

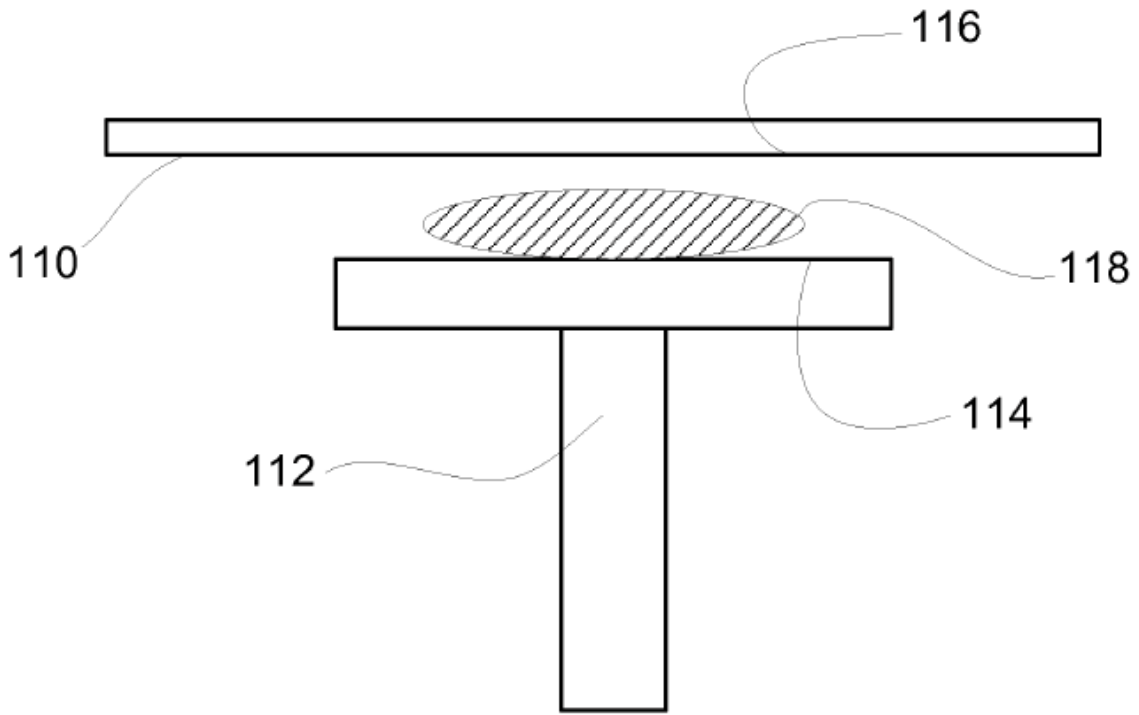


Fig. 1  
(técnica anterior)

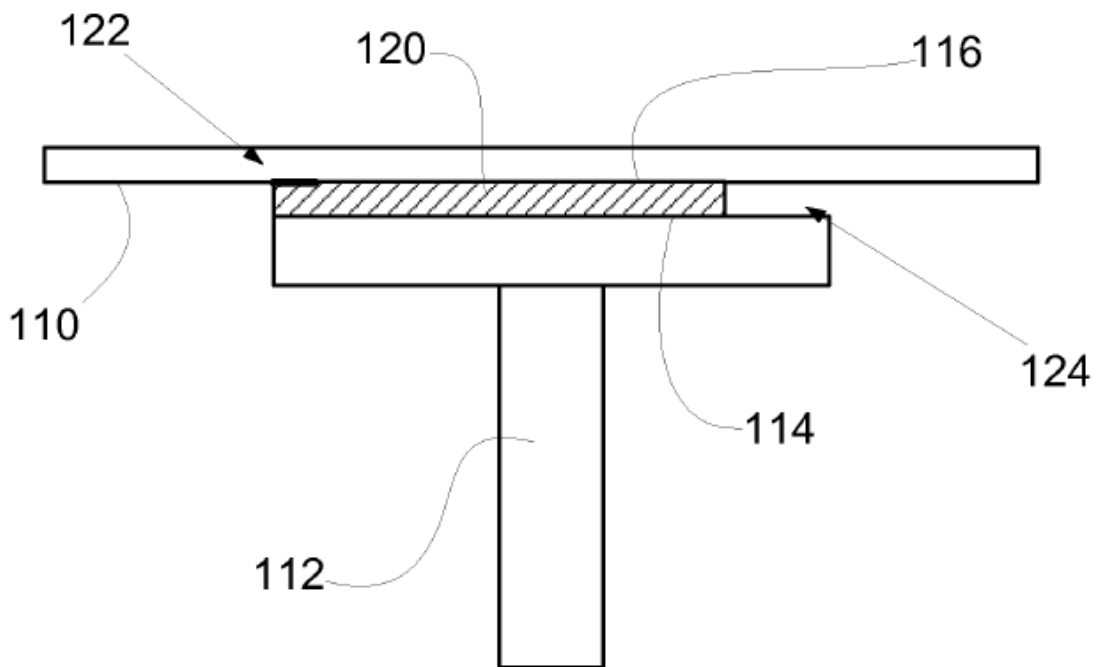


Fig. 2  
(técnica anterior)



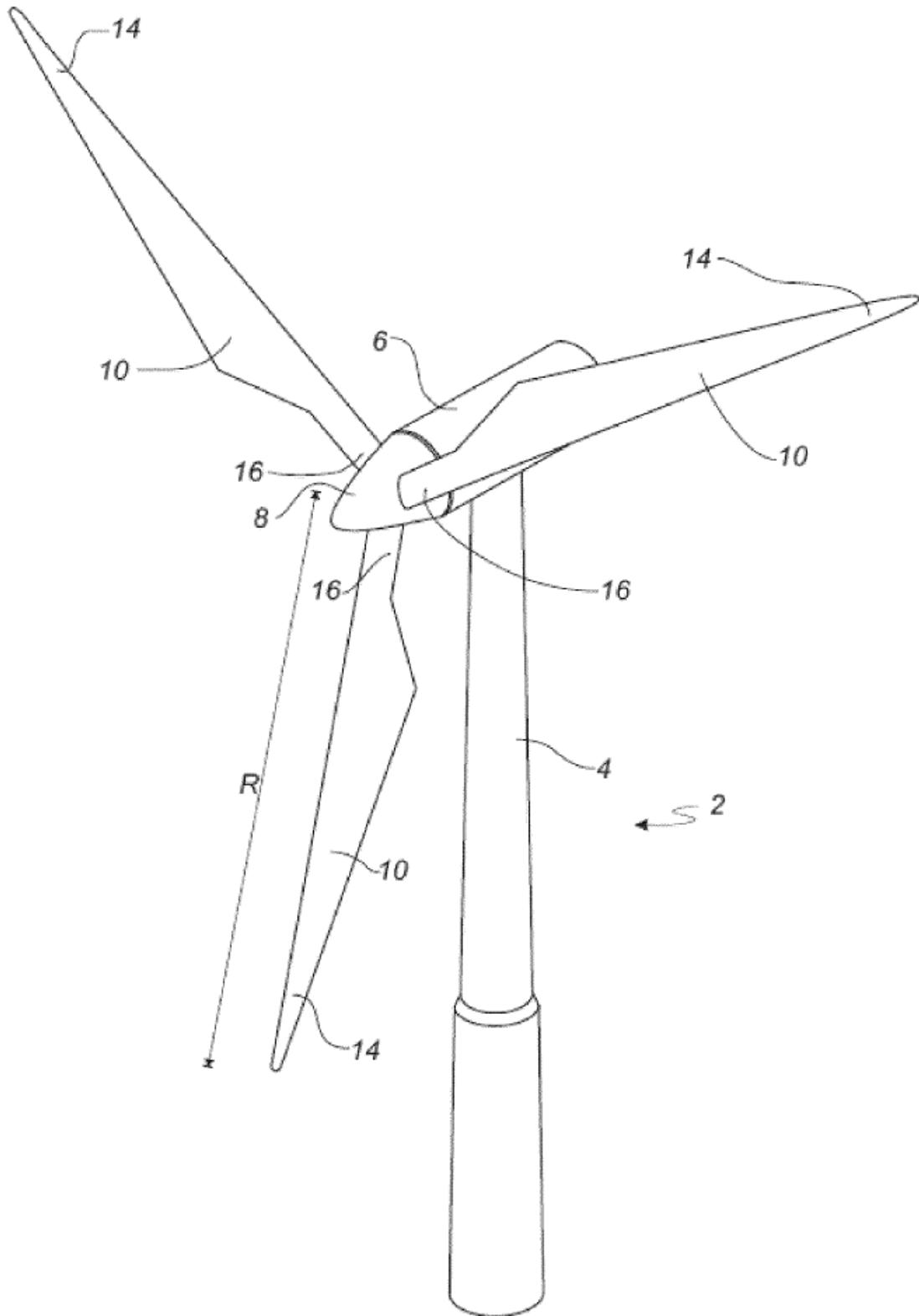


Fig. 3

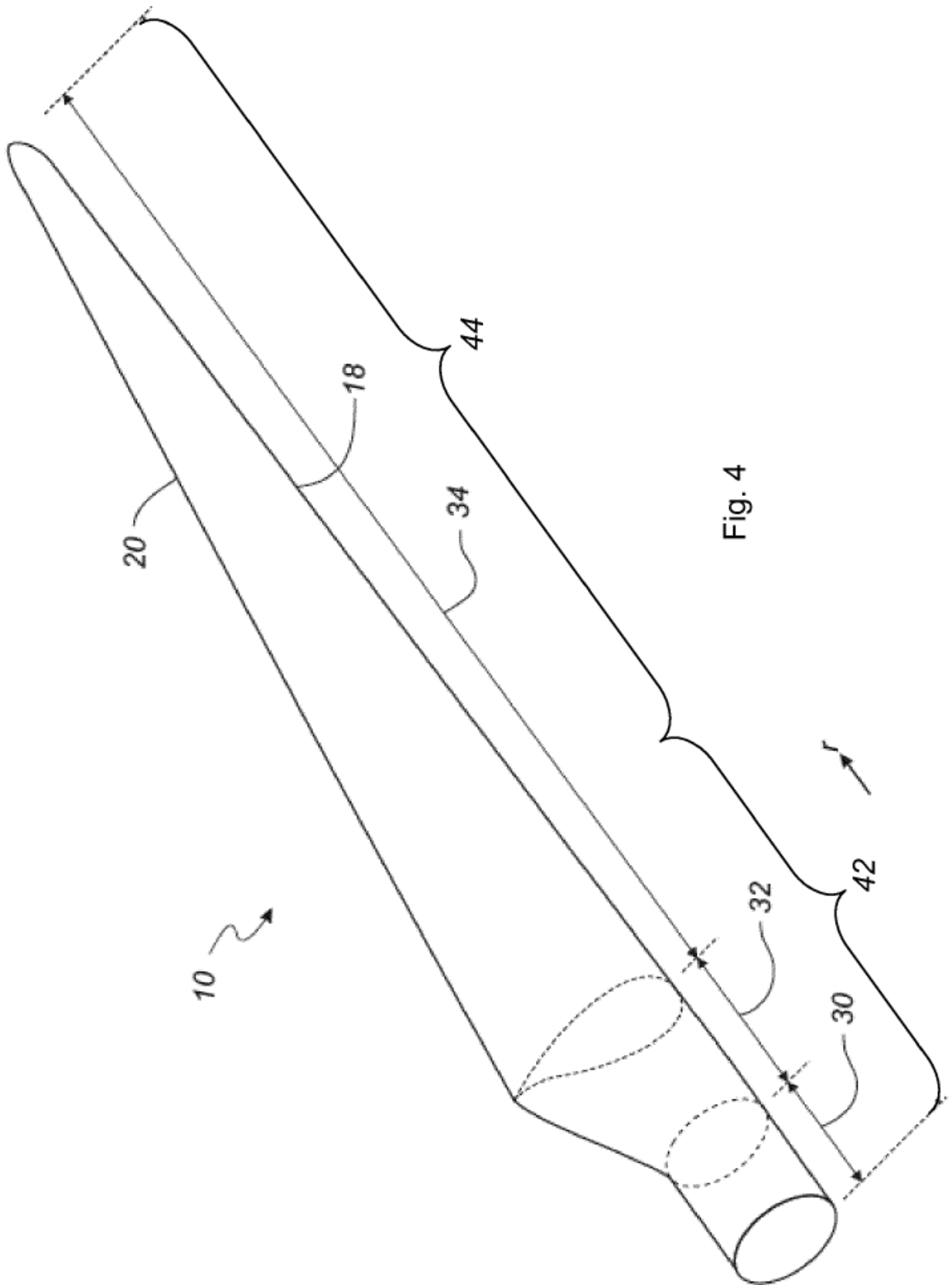


Fig. 4

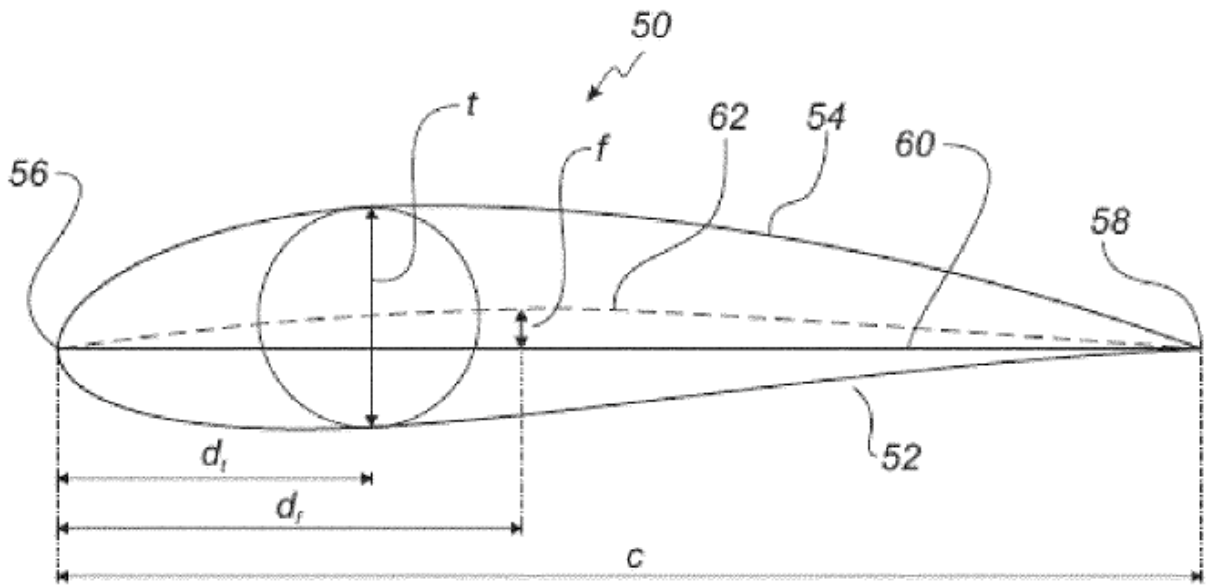
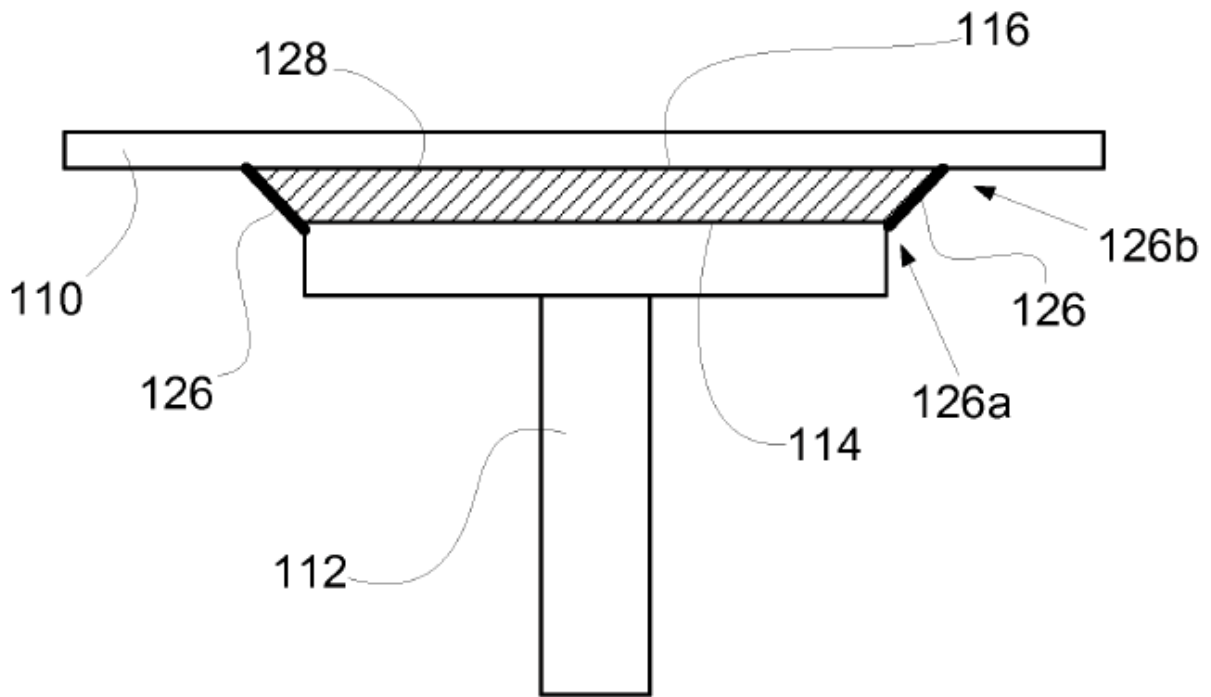
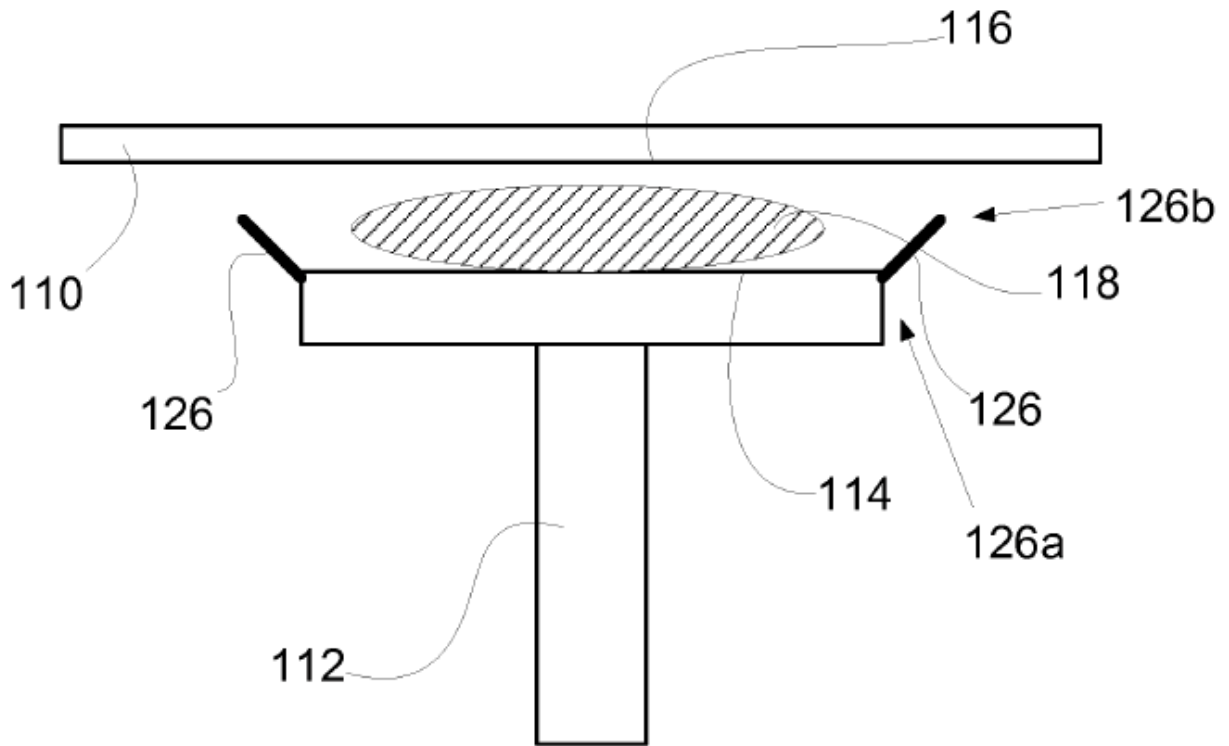


Fig. 5



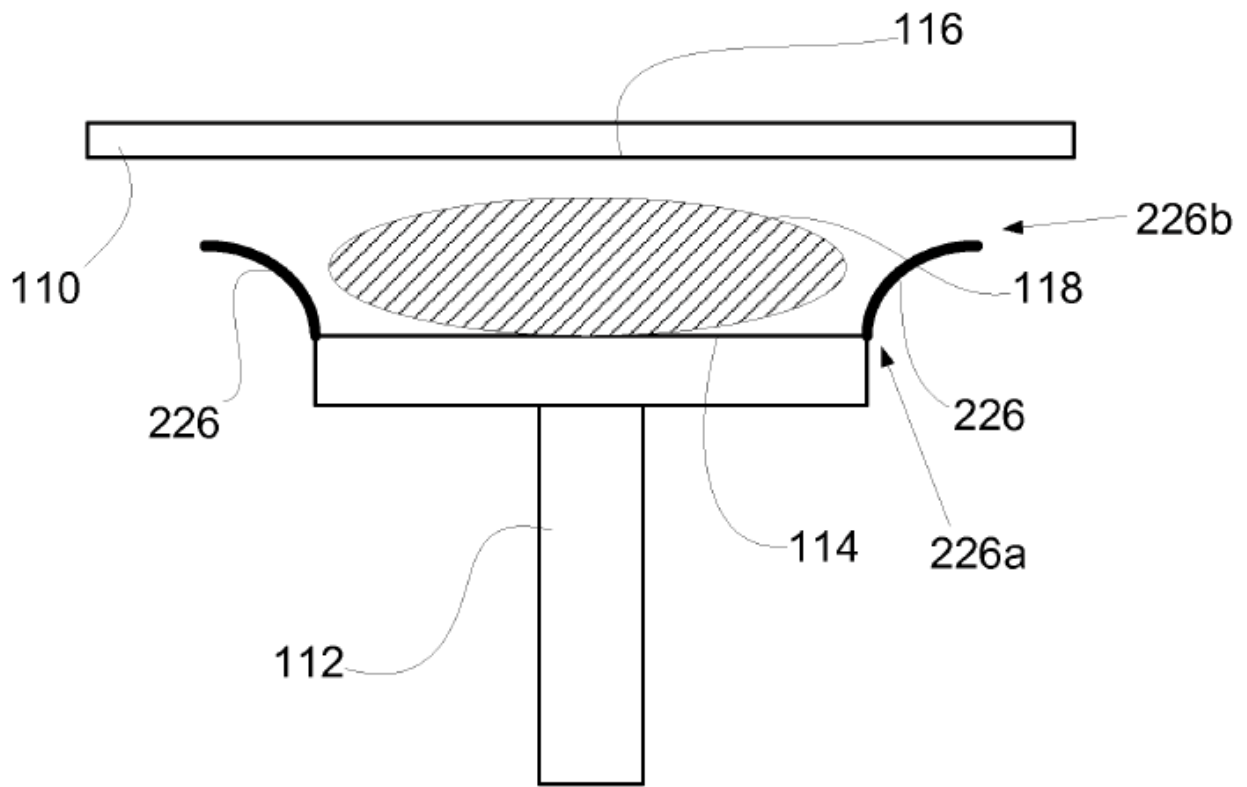


Fig. 8

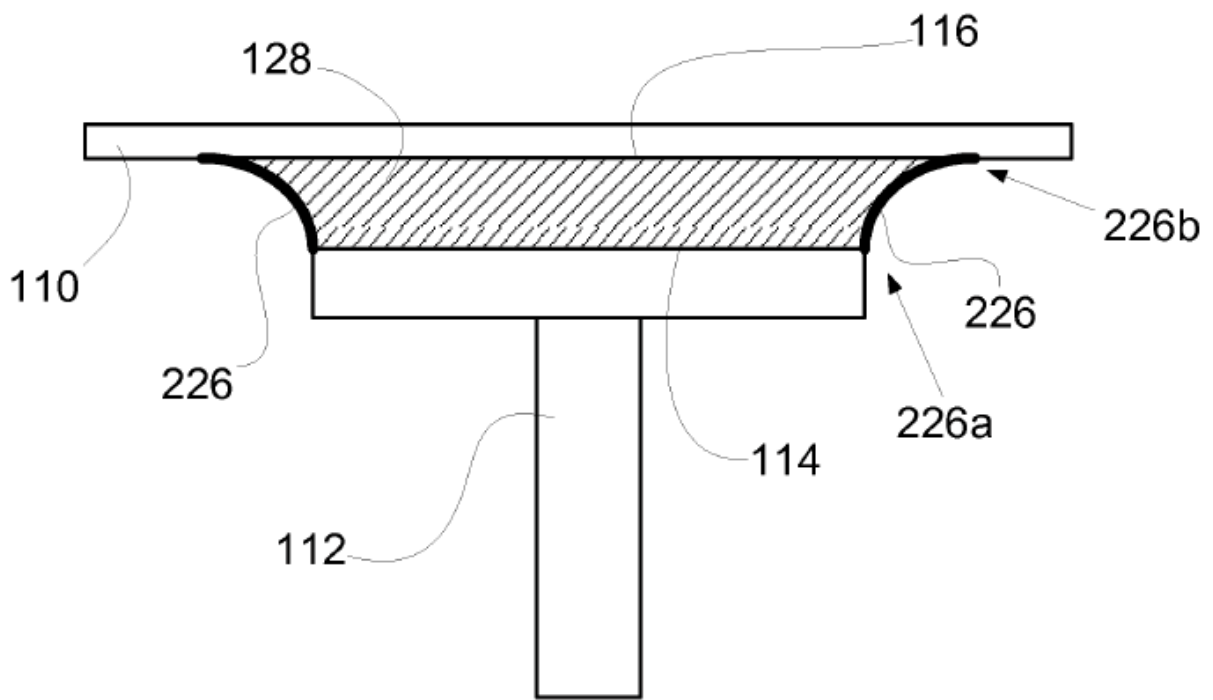


Fig. 9

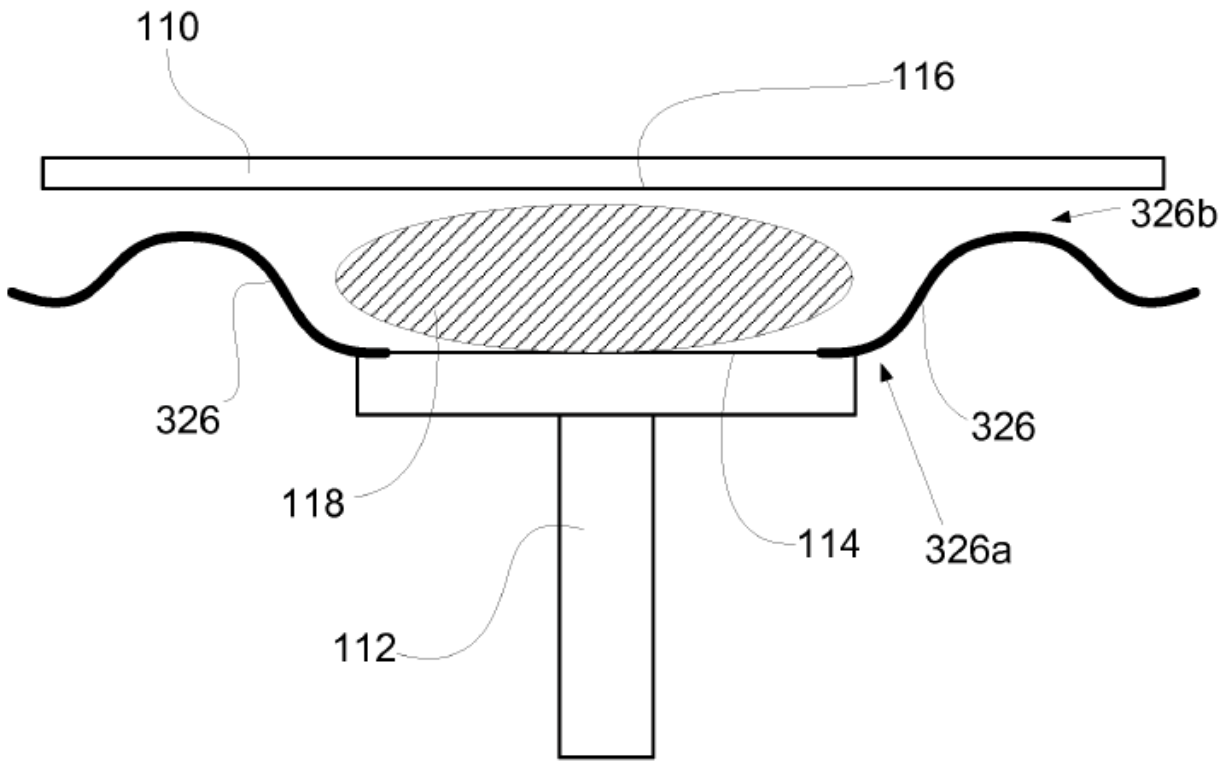


Fig. 10

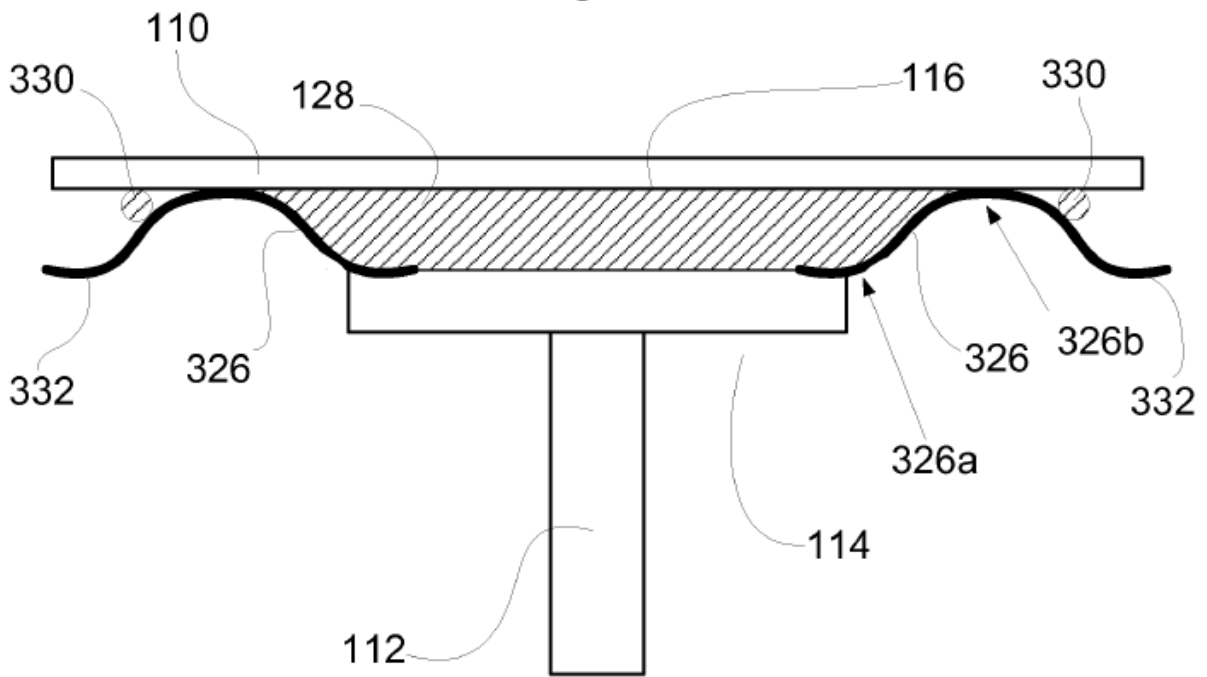


Fig. 11