

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 088**

51 Int. Cl.:

B29C 65/78 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
B29L 31/08 (2006.01)
B29C 65/48 (2006.01)
B29C 65/00 (2006.01)
B29C 31/00 (2006.01)
B25B 11/00 (2006.01)
B29K 105/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2013** **PCT/EP2013/051896**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013** **WO13113813**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2013** **E 13701661 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** **EP 2809500**

54 Título: **Cuna para una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

02.02.2012 EP 12153694
20.12.2012 GB 201222982

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
21.04.2020

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

DE WAAL MALEFIJT, BERNARD WILLEM y
DUEGAARD JENSEN, RASMUS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 755 088 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

Cuna para una pala de turbina eólica

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a una cuna para soportar al menos una sección de una pala de turbina eólica y a un método para recibir dicha sección en dicha cuna. Además, la invención se refiere a una estación tras el moldeo que usa dicha cuna para su uso en la fabricación de una pala de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

- 10 Las palas de turbina eólica se fabrican normalmente como cubiertas de pala primera y segunda, usando un par de moldes de pala adyacentes. Los moldes de pala comprenden superficies de moldeo primera y segunda que se adaptan a las mitades contra el viento y a favor del viento (o los lados de succión y de presión) de una pala de turbina eólica, usándose el primer molde de pala para formar una primera cubierta de pala y usándose el segundo molde de pala para formar una segunda cubierta de pala, uniéndose posteriormente las cubiertas entre sí para formar una pala de turbina eólica.

- 15 Inicialmente se dispone en capas un material compuesto fibroso encima de las superficies de moldeo primera y segunda, adaptándose las capas de material a los contornos de los moldes para formar las superficies aerodinámicas externas de las cubiertas de pala. Una vez que se han aplicado capas suficientes del material fibroso en los moldes, se aplica una resina al material fibroso para curar el material, para permitir que se endurezca. La resina se infunde lo más habitualmente usando un sistema de bolsa de vacío, y tarda aproximadamente 2-3 horas desde el comienzo de la infusión de resina hasta un momento en el que las cubiertas de pala se han curado realmente para tener una estructura elástica.

- 20 Una vez que las cubiertas de pala se han curado suficientemente, se retiran las bolsas de vacío y pueden realizarse operaciones adicionales sobre las cubiertas endurecidas. Por ejemplo, pueden instalarse almas y/o estructuras laminadas de pala en las cubiertas de pala, pueden llevarse a cabo diversas operaciones de reparación o corrección de fallos sobre las cubiertas, esmerilado de superficies de cubierta, etc.

- 25 A continuación, se aplica una cola adhesiva a los bordes de las cubiertas mientras están en los moldes. Los moldes de pala están unidos mediante un mecanismo de giro articulado, y un primero de los moldes de pala, que contiene una primera de las cubiertas de pala, se gira por tanto con respecto al segundo molde y cubierta, de tal manera que la primera cubierta se posiciona por encima de la segunda cubierta. Esto permite que las cubiertas de pala se cierren juntas a lo largo del borde de las cubiertas, para formar una pala de turbina eólica completa que tiene un lado contra el viento y un lado a favor del viento. Para permitir la unión segura de las cubiertas entre sí, se mantiene una presión adecuada a lo largo de las superficies exteriores de las cubiertas de pala mediante los moldes de pala, habitualmente durante aproximadamente 3-4 horas.

- 30 Una vez totalmente adherida la pala de turbina eólica completa, puede articularse el primer molde de pala de vuelta a un estado abierto, permitiendo el acceso a la pala de turbina eólica contenida. Después puede desmoldearse la pala a partir del segundo molde de pala, y soportarse usando carretillas de pala para realizar operaciones de producción adicionales, por ejemplo esmerilado de la superficie de pala externa, recubrimiento, etc.

- 35 Los documentos DE 10 2009 033 164 A1 y US 2011/0067795 A1 describen herramientas de ensamblaje y métodos de fabricación de palas de turbina eólica.

- 40 Los moldes de pala de alta calidad son uno de los equipos más caros en el procedimiento de fabricación de palas, requiriendo un extenso mecanizado y fabricación antes de su uso para garantizar una reproducción precisa de perfiles de pala deseados, así como para permitir el giro de los moldes para unir las partes de cubierta de pala entre sí. Además, incluso una diferencia menor en las características de pala tales como longitud, curvatura, etc., requerirá en general un molde de pala completamente nuevo para el procedimiento de fabricación.

- 45 La fabricación de los moldes de pala en uso en procedimientos actuales puede costar aproximadamente 1-3 millones de euros y, dependiendo de dónde se fabrican los moldes, un tiempo de transporte extenso puede suponer factor antes de que pueda usarse un nuevo molde en una planta de fabricación. Esto introduce un gasto considerable y plazo de producción en la implementación de un procedimiento de fabricación para una nueva pala de turbina eólica.

- 50 Por consiguiente, una de las limitaciones para una implementación eficiente de tecnología de turbina eólica es el tiempo requerido para la configuración inicial de un sistema de fabricación de palas. Una limitación adicional es el tiempo que se tarda en la fabricación de palas individuales dentro de un sistema de este tipo.

Un objetivo de la invención es reducir estas limitaciones.

Sumario de la invención

Por consiguiente, se proporciona una cuna para soportar al menos una sección de una pala de turbina eólica según la reivindicación 1, comprendiendo la cuna al menos una matriz de elementos de soporte que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna, en la que dichos elementos de soporte comprenden pinzas de vacío dispuestas para recibir una superficie de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica.

- 5 El uso de una cuna de pala de este tipo permite un sistema flexible y fiable para soportar una sección de una pala de turbina eólica. La cuna se proporciona como una estructura de armazón abierto, que permite el acceso a las superficies de la sección de pala de turbina eólica soportada, mientras está soportada en la cuna.

- 10 Las pinzas de vacío pueden proporcionarse como ventosas dispuestas sustancialmente en una línea entre el primer extremo y el segundo extremo de la cuna. Se entenderá que la sección de una pala de turbina eólica puede comprender una porción de una cubierta para una pala de turbina eólica, por ejemplo una cubierta contra el viento o una cubierta a favor del viento, o la sección puede comprender una porción de una pala de turbina eólica completa, por ejemplo que comprende superficies tanto contra el viento como a favor del viento. Adicional o alternativamente, la sección puede comprender el alcance longitudinal completo de la sección de pala de turbina eólica, por ejemplo desde un extremo de raíz hasta un extremo de punta de la pala de turbina eólica, o la sección puede comprender una longitud parcial de la propia pala, por ejemplo una sección de extremo de raíz, una sección de extremo de punta, una sección central, etc. Preferiblemente, las pinzas de vacío se proporcionan como ventosas, pero puede usarse cualquier otro dispositivo de vacío adecuado.
- 15

La cuna comprende un cuerpo de armazón abierto, en la que dichas pinzas de vacío pueden moverse en traslación con respecto a dicho cuerpo de cuna.

- 20 Dado que las pinzas de vacío pueden moverse con respecto a la cuna, las pinzas pueden posicionarse con precisión para proporcionar el mejor soporte para la sección de la pala de turbina eólica recibida en la cuna. Adicionalmente, las pinzas de vacío pueden moverse mientras están unidas a la superficie de la sección de pala de turbina eólica, permitiendo ajustar la forma de la sección de pala mientras está en la cuna. Por consiguiente, pueden empujarse o tirarse de porciones de la sección de pala para obtener una forma deseada, permitiendo un ajuste fino del perfil de la sección según se requiera. Preferiblemente, las pinzas de vacío están acopladas con al menos un accionador para proporcionar dicho movimiento de traslación.
- 25

- Preferiblemente, dicha al menos una matriz de elementos de soporte está dispuesta en una línea entre el primer extremo y el segundo extremo de la cuna, en la que dicha línea está configurada para corresponder sustancialmente a la ubicación de un alma de cizalladura en una sección de una pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna.
- 30

- Proporcionando los elementos de soporte a lo largo de la longitud de la sección de pala correspondiente a la ubicación del alma de cizalladura para la sección de pala, los elementos de soporte estarán ubicados en un punto de la sección de pala que puede soportar de la mejor manera el resto de la sección de pala, y absorber las fuerzas implicadas en un lecho de soporte distribuido proporcionado por las pinzas de vacío diferenciadas de la cuna. El alma de cizalladura puede proporcionarse mediante una única alma en I o alma en C dispuesta para extenderse entre secciones contra el viento y a favor del viento opuestas de una pala de turbina eólica, o mediante una viga transversal de una caja de larguero recibida dentro del interior de una pala de turbina eólica. Adicional o alternativamente, los elementos de soporte pueden disponerse sobre la cuna a lo largo de una línea correspondiente a la porción más profunda de la sección de pala de turbina eólica o la línea de profundidad máxima de la sección de pala de turbina eólica.
- 35
- 40

- En un aspecto, la cuna comprende matrices primera y segunda de elementos de soporte, en la que dichas matrices primera y segunda están dispuestas en líneas sustancialmente paralelas entre el primer extremo y el segundo extremo de la cuna, en la que dichas líneas sustancialmente paralelas están dispuestas para extenderse a lo largo de ambos lados de una línea imaginaria correspondiente a la ubicación de un alma de cizalladura en una sección de una pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna.
- 45

Preferiblemente, dicha cuna está dispuesta para controlar selectivamente la presión aplicada por las pinzas de vacío de dicha al menos una matriz.

- Controlando la presión de vacío proporcionada por las pinzas de vacío, puede ajustarse la unión entre la cuna y la sección de pala según se requiera. Esto puede permitir un mejor acoplamiento entre la cuna y la sección de pala, dado que el vacío puede aplicarse y liberarse selectivamente por pinzas de vacío individuales en la cuna para permitir que la sección de pala se asiente en la cuna y garantizar un ajuste sólido entre las pinzas y la superficie de pala.
- 50

- Preferiblemente, dicha cuna está dispuesta para recibir una sección de una pala de turbina eólica que comprende una porción de una sección contra el viento o una sección a favor del viento de una pala de turbina eólica, y en la que la cuna comprende al menos una matriz de elementos de soporte secundarios que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna, en la que dicha al menos una matriz de elementos de soporte secundarios están dispuestos para soportar un borde de ataque o un borde de salida de dicha sección de una pala de turbina eólica.
- 55

Preferiblemente, dichos elementos de soporte secundarios comprenden pinzas de vacío dispuestas para recibir una superficie de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dichos elementos de soporte secundarios pueden moverse con respecto al cuerpo de cuna, para proporcionar un borde de cuna ajustable.

- 5 Un borde ajustable de este tipo de la cuna permite soportar diferentes formas de secciones de pala mediante el borde de cuna, por ejemplo diferentes formas de borde de ataque o de salida de pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dicha al menos una matriz de elementos de soporte secundarios está formada a partir de una pluralidad de módulos de soporte individuales, en la que dicha pluralidad de módulos de soporte individuales pueden retirarse selectivamente de dicha al menos una matriz de elementos de soporte secundarios.

- 10 Proporcionando elementos de soporte retirables, puede proporcionarse en consecuencia un acceso directo a secciones individuales del borde de ataque o el borde de salida de la sección de pala de turbina eólica. Esto permite llevar a cabo diversas operaciones de fabricación o reparación en los bordes de ataque y de salida de la sección de pala, cuando se soporta en la cuna, por ejemplo una operación de esmerilado de borde de ataque o borde de salida. Se entenderá que la al menos una matriz de elementos de soporte primarios puede estar formada adicional o
- 15 alternativamente a partir de una pluralidad de módulos de soporte individuales que pueden retirarse individualmente de dicha al menos una matriz, para proporcionar selectivamente acceso a las porciones de la sección de pala soportadas por dicha matriz de elementos de soporte primarios.

- 20 Preferiblemente, dichos elementos de soporte comprenden una superficie de soporte que tiene al menos una abertura definida en la misma, en la que al menos una pinza de vacío está montada de manera móvil dentro de dicha al menos una abertura, pudiendo accionarse dicha al menos una pinza de vacío de manera lineal desde una primera posición rebajada en la que dicha al menos una pinza de vacío se sujeta dentro de dicha al menos una abertura, hasta una segunda posición sobresaliente en la que dicha al menos una pinza de vacío sobresale fuera de dicha abertura, sobresaliendo dicha al menos una pinza de vacío de dicha superficie de soporte.

- 25 Las pinzas de vacío pueden proporcionarse inicialmente en una posición rebajada mientras está recibiendo la sección de pala en la cuna, en la que las pinzas están protegidas frente al daño por la presencia de la superficie de soporte. Una vez que la sección de pala está descansando sobre la superficie de soporte, las pinzas de vacío pueden accionarse para apoyarse contra la superficie de la sección de pala, y aplicarse la presión de vacío apropiada para sujetar la sección de pala en su sitio. Se entenderá que las pinzas de vacío pueden ser móviles en cualquier otra dirección con respecto al cuerpo de cuna, para permitir un ajuste fino de la posición de las pinzas de vacío.
- 30

Preferiblemente, dicha superficie de soporte está formada a partir un material acolchado o elástico.

- 35 Preferiblemente, la cuna comprende además al menos un carril de borde proporcionado a lo largo de al menos una porción de un primer lado de dicha cuna, en la que dicho al menos un carril de borde está dispuesto para recibir una herramienta de procesamiento de pala para operación en al menos una porción de una sección de pala de turbina eólica recibida en dicha cuna.

- 40 Proporcionando un carril para recibir una herramienta de pala, el procesamiento adicional de la sección de pala puede lograrse mediante una herramienta automatizada, que puede desplazarse a lo largo de dicho carril adyacente a la superficie de la sección de pala soportada. Preferiblemente, el carril se proporciona a lo largo de la dirección longitudinal de la sección de pala, pero puede proporcionarse un carril u otro sistema de soporte adecuado en los extremos primero y segundo opuestos de la cuna, por ejemplo adyacente a los extremos de raíz y de punta de una cuna que soporta un alcance longitudinal completo de una pala de turbina eólica. La herramienta de procesamiento de pala puede comprender un dispositivo de esmerilado de borde de ataque o de borde de salida, una esmeriladora de raíz de pala, un dispositivo de aplicación de adhesivo, un dispositivo de pulverización para la aplicación de un recubrimiento en una superficie de la sección de pala, etc.

- 45 En una realización preferida, la cuna comprende:

una primera matriz de elementos de soporte secundarios dispuestos para soportar un borde de ataque de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica;

una segunda matriz de elementos de soporte secundarios dispuestos para soportar un borde de salida de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica; y

- 50 al menos una matriz de elementos de soporte primarios dispuestos para soportar una porción de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica entre dicho borde de ataque y dicho borde de salida.

Se proporciona además una estación tras el moldeo según la reivindicación 11, para recibir una cubierta de pala de turbina eólica contra el viento y una cubierta de pala de turbina eólica a favor del viento a partir de un molde de pala, comprendiendo la estación tras el moldeo cunas primera y segunda tal como se describió anteriormente.

Preferiblemente, dichas cunas primera y segunda están acopladas de manera articulada, en las que dicha primera cuna está dispuesta para articularse con respecto a dicha segunda cuna para formar una cuna de pala de turbina eólica cerrada.

- 5 En un aspecto adicional de la invención, también se proporciona un método según la reivindicación 12, de recepción de una sección de pala de turbina eólica en una cuna tal como se describió anteriormente que tiene una matriz de elementos de soporte primarios que comprenden pinzas de vacío que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna, comprendiendo el método las etapas de:

proporcionar una primera cuna para recibir una sección de una pala de turbina eólica;

- 10 posicionar una sección de una pala de turbina eólica dentro de dicha cuna de tal manera que una pluralidad de pinzas de vacío se apoyan contra una superficie de dicha sección de una pala de turbina eólica; y

aplicar un vacío en dicha pluralidad de pinzas de vacío para retener dicha sección de una pala de turbina eólica en dicha cuna.

Preferiblemente, el método comprende las etapas de:

- 15 controlar el vacío aplicado por pinzas de vacío individuales en dicha matriz para asentar dicha sección de una pala de turbina eólica en dicha cuna.

Preferiblemente, dicha etapa de controlar el vacío comprende:

dividir dicha matriz de pinzas de vacío en una pluralidad de conjuntos de pinzas de vacío dispuestas en una secuencia numerada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo;

- 20 comenzando en el primer extremo de dicha cuna, aplicar un vacío a los conjuntos primero y segundo adyacentes de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos;

liberar el vacío en el primer conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos para permitir que dicha sección de pala de turbina eólica se asiente sobre el segundo conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos; y

volver a aplicar un vacío en dicho primer conjunto de pinzas de vacío;

- 25 en el que la etapa de control comprende además:

repetir secuencialmente las etapas anteriores de aplicar, liberar y volver a aplicar un vacío para conjuntos adyacentes de pinzas de vacío en dicha matriz, desde dicho primer extremo hasta dicho segundo extremo, para permitir que toda la sección de pala de turbina eólica recibida en dicha cuna se asiente sobre toda la matriz de pinzas de vacío.

- 30 Realizando ciclos del vacío aplicado por las pinzas individuales de esta manera, el asentamiento de la sección de pala de turbina eólica dentro de la cuna se ajusta secuencialmente a lo largo de la longitud de la cuna, hasta que se logra un ajuste sólido y seguro para cada pinza de vacío en la matriz. Se entenderá que un conjunto de pinzas de vacío dentro de dicha matriz puede comprender cualquier número de pinzas de vacío, por ejemplo cada conjunto puede comprender una única pinza de vacío o una pluralidad de pinzas de vacío.

- 35 Preferiblemente, el método comprende la etapa adicional de configurar el perfil de los elementos de soporte en la cuna mediante:

ajustar la al menos una matriz de elementos de soporte para corresponder al perfil del contramolde maestro de molde de pala usado para diseñar los moldes de pala usados para formar la sección de pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna.

- 40 Dicha etapa de configuración se logra bajando el contramolde maestro de molde de pala al interior de la cuna, y ajustando el posicionamiento de la al menos una matriz de elementos de soporte de tal manera que los elementos de soporte se apoyan contra la superficie del contramolde maestro de molde de pala. Un método de este tipo proporciona un método relativamente sencillo y preciso de garantizar que los elementos de soporte de la cuna están correctamente alineados con la superficie prevista de la sección de pala de turbina eólica que va a recibirse en la cuna.

- 45

Además, se proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica de al menos 40 metros de longitud, comprendiendo el método las etapas de:

curar al menos una sección de una primera cubierta de pala de turbina eólica en un primer molde de pala;

curar al menos una sección de una segunda cubierta de pala de turbina eólica en un segundo molde de pala;

transferir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda desde dichos moldes de pala primero y segundo hasta una estación tras el moldeo;

cerrar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda para formar una cubierta de pala de turbina eólica cerrada, y

- 5 unir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda en dicha cubierta de pala de turbina eólica cerrada para formar una pala de turbina eólica.

Realizar la operación de cierre lejos de los moldes de pala permite una mayor eficiencia de uso de los moldes de pala relativamente caros, proporcionando así un mayor rendimiento de palas de turbina eólica fabricadas según el método.

- 10 Preferiblemente, dicha etapa de cierre comprende la etapa de girar dicha primera cubierta de pala curada con respecto a dicha segunda cubierta de pala curada en dicha estación tras el moldeo para formar una cubierta de pala de turbina eólica cerrada, y en el que dicha etapa de unión se realiza en dicha cubierta de pala de turbina eólica cerrada para formar una pala de turbina eólica.

- 15 Preferiblemente, el método comprende la etapa de realizar al menos una operación tras el moldeo en al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda en dicha estación tras el moldeo.

Adicional o alternativamente, se proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica de al menos 40 metros de longitud, comprendiendo el método las etapas de:

curar una primera cubierta de pala de turbina eólica en un primer molde de pala;

curar una segunda cubierta de pala de turbina eólica en un segundo molde de pala;

- 20 transferir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda desde dichos moldes de pala primero y segundo hasta una estación tras el moldeo;

realizar al menos una operación tras el moldeo en al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda en dicha estación tras el moldeo; y

- 25 unir dicha primera cubierta de pala curada con dicha segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

Proporcionar una estación tras el moldeo para su uso durante el procedimiento de fabricación permite realizar operaciones en las cubiertas de pala tras el curado, lejos de los moldes de pala, lo cual permite volver a usar los moldes de pala de manera relativamente rápida. En un aspecto, dicha etapa de unión se realiza después de dicha al menos una operación tras el moldeo, esto significa que operaciones que normalmente se realizan dentro de los moldes de pala (por ejemplo, instalación de alma, aplicación de cola, etc.) pueden realizarse en la estación tras el moldeo, liberando los moldes de pala en una fase más temprana del procedimiento de fabricación.

- 30 El término "cubiertas de pala curadas" se usa en el presente documento para hacer referencia a cubiertas de pala que se han curado sustancialmente mediante la operación de curado, preferiblemente hasta un nivel en el que las cubiertas de pala pueden manipularse sin experimentar una deformación significativa de la estructura de cubierta. La duración de la operación de curado realizada dependerá del tipo de resina de curado usada en la fabricación de las cubiertas de pala, pero puede ser del orden de 2-3 horas usando resinas convencionales. Sin embargo, se entenderá que las cubiertas de pala pueden seguir experimentando un procedimiento de curado dentro del cuerpo de las cubiertas de pala durante varias horas después de la operación de curado indicada.

- 40 Aunque las etapas del método pueden realizarse en al menos una sección de una cubierta de pala de turbina eólica que puede ensamblarse con otras secciones de cubierta para formar una cubierta de pala de turbina eólica completa, preferiblemente las etapas del método se realizan en una sección de una cubierta de pala de turbina eólica que corresponde sustancialmente a una cubierta de pala completa. En una realización preferida, las etapas del método se realizan en una sección de una cubierta de pala correspondiente a al menos el 50% de una cubierta de pala de turbina eólica completa, de manera adicionalmente preferible al menos el 70%. En este caso, el resto de la cubierta de pala de turbina eólica completa puede estar formada a partir de secciones de pala dedicadas independientes, por ejemplo una sección de raíz de pala dedicada y/o una sección de punta de pala dedicada.

Preferiblemente, dicha primera cubierta de pala de turbina eólica y dicha segunda cubierta de pala de turbina eólica forman sustancialmente cubiertas de pala contra el viento y a favor del viento respectivas.

- 50 El método de fabricación se usa para fabricar una pala para una turbina eólica de una manera rápida y eficiente, en una ubicación de fabricación. En una realización, dicha estación tras el moldeo se proporciona de manera local con respecto al, preferiblemente adyacente al, molde de pala, para proporcionar una distancia de transferencia relativamente corta entre el molde de pala y la estación tras el moldeo. De manera adicionalmente preferible, dicha

etapa de unión se realiza de manera local con respecto a dicha estación tras el moldeo, preferiblemente usando dicha estación tras el moldeo.

En una realización alternativa, las cubiertas de pala curadas pueden transportarse desde la ubicación de moldeo hasta una ubicación de ensamblaje remota, para el acabado y ensamblaje usando una estación tras el moldeo.

- 5 Preferiblemente, dichas cubiertas de pala de turbina eólica son cubiertas de pala de turbina eólica de soporte de carga.

- 10 Se entenderá que dichas etapas de curado comprenden curar dichas cubiertas de pala hasta un nivel en el que las cubiertas pueden manipularse y transferirse desde un molde de pala hasta una estación tras el moldeo independiente sin deformación. Se entenderá adicionalmente que puede producirse un curado posterior de las cubiertas de pala en la estación tras el moldeo, o las cubiertas de pala pueden someterse a una segunda operación de curado tras el desmoldeo a partir del molde de pala, por ejemplo en un horno de curado dedicado.

- 15 En un aspecto, se proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica de al menos 40 metros de longitud, comprendiendo la pala un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, y un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre los mismos, el contorno perfilado, cuando recibe el impacto de un flujo de aire incidente, que genera una sustentación, comprendiendo el método las etapas de:

curar una primera cubierta de pala de turbina eólica en un primer molde de pala, comprendiendo dicha primera cubierta de pala de turbina eólica un cuerpo que forma sustancialmente un lado de presión de una pala de turbina eólica que tiene un borde de ataque y un borde de salida;

- 20 curar una segunda cubierta de pala de turbina eólica en un segundo molde de pala, comprendiendo dicha segunda cubierta de pala de turbina eólica un cuerpo que forma sustancialmente un lado de succión de una pala de turbina eólica que tiene un borde de ataque y un borde de salida;

transferir al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda, preferiblemente ambas de dichas cubiertas, desde dichos moldes de pala primero y segundo hasta una estación tras el moldeo;

- 25 realizar al menos una operación tras el moldeo en al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda en dicha estación tras el moldeo; y

posteriormente unir dicha primera cubierta de pala curada con dicha segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

- 30 Preferiblemente, dicha al menos una operación tras el moldeo se selecciona de una o más de las siguientes: una operación de reparación de cubierta de pala, una operación de esmerilado de cubierta de pala, una operación de acoplamiento de brida de raíz de pala, una operación de instalación de alma de pala, una operación de encolado, una operación de recubrimiento, una operación de ensamblaje para ensamblar al menos dos secciones independientes de una cubierta de pala de turbina eólica para formar una única cubierta de pala de turbina eólica, una operación de instalación de estructura laminada principal, una operación de sobrelaminación, instalación de sistemas de sensores de pala, instalación de sistemas de protección frente a rayos de pala, una operación de comprobación de geometría, una operación de ajuste de geometría para porciones de empuje o tracción de la cubierta de pala a su posición, una operación de curado secundario, por ejemplo, en un horno, adiciones de componentes externos, por ejemplo dispositivos aerodinámicos, ventiladores, alerones, aletas de pérdida, o cualquier otra operación de fabricación o ensamblaje adecuada, o cualquier actividad de ensayo no destructivo adecuada, por ejemplo mediciones de arrugas, medición de grosor por ultrasonidos, ensayos con matriz en fase de uniones con cola, etc.

Preferiblemente, la estación tras el moldeo comprende al menos una cuna de pala para recibir una cubierta de pala curada, y en la que dicha etapa de transferencia comprende transferir dicha primera cubierta de pala curada a una primera cuna de pala y transferir dicha segunda cubierta de pala curada a una segunda cuna de pala.

- 45 El método comprende la etapa de proporcionar al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda como una estructura sustancialmente de armazón abierto.

- 50 Proporcionar al menos una de las cunas como una estructura de armazón abierto permite que la al menos una operación tras el moldeo pueda realizarse sustancialmente en cualquier superficie de una cubierta de pala curada contenida en la cuna. Esto permite que los trabajadores accedan de manera fácil a prácticamente cualquier parte de la cubierta, para llevar a cabo de manera fácil y eficaz operaciones que anteriormente se retrasarían hasta después de haberse llevado a cabo el procedimiento de moldeo de pala y haberse retirado la pala de turbina eólica completada de los moldes de pala, por ejemplo operaciones de esmerilado, recubrimiento, etc. Además, dado que las cunas se proporcionan para manipular una cubierta sustancialmente curada, existe una necesidad reducida de soporte de la geometría al 100% de toda la cubierta. En consecuencia, la cuna no tiene que ser un componente rígido y resistente para proporcionar un soporte completo en cada parte de la superficie de cubierta, y por tanto

puede formarse a partir de componentes menos rígidos, más ligeros y tener una altura reducida, reduciendo así la altura requerida durante una posible operación de giro de la cuna. Se entenderá que la construcción de armazón abierto se refiere a una estructura que proporciona una superficie de soporte no continua para recibir una porción de una cubierta para una pala de turbina eólica.

- 5 Adicional o alternativamente, al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda comprende una pluralidad de elementos de soporte para proporcionar soporte para una superficie de al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda, y en la que el método comprende la etapa de retirar al menos uno de dichos elementos de soporte para proporcionar acceso a una superficie de al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda, para facilitar dicha etapa de realizar una operación tras el moldeo.
- 10 El uso de elementos de soporte retirables permite un acceso aumentado a superficies de las cubiertas. Los elementos de soporte pueden retirarse para proporcionar acceso directo a esa sección de la superficie inicialmente soportada por el elemento de soporte en cuestión. Tras realizarse las operaciones tras el moldeo apropiadas, el elemento de soporte puede volver a colocarse en las cunas en cuestión. Se entenderá que esta etapa también puede realizarse para cualquier operación durante la unión. Se entenderá que el término "pluralidad" puede referirse a cualquier disposición adecuada de una superficie de soporte para recibir y soportar una porción de una cubierta de pala, y que preferiblemente puede ser móvil con respecto a la cuna de pala. Por ejemplo, puede proporcionarse una superficie de soporte flexible acoplada a una matriz de accionadores móviles, pudiendo accionarse los accionadores para ajustar la forma de la superficie flexible para poner secciones de la superficie de soporte flexible en y fuera de contacto con una porción de una cubierta de pala soportada, para proporcionar acceso a las superficies de dicha cubierta de pala.
- 15
- 20 Preferiblemente, dicha etapa de transferencia comprende desmoldear dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda a partir de dichos moldes de pala primero y segundo.
- Preferiblemente, dicha etapa de transferencia comprende aplicar una fuerza de levantamiento de vacío a dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda para desmoldear dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda.
- 25 Preferiblemente, al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda comprende al menos una pinza de vacío, y en el que dicha etapa de transferencia comprende aplicar una fuerza de sujeción con pinza de vacío a una superficie de al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda recibidas dentro de dicha al menos una cuna de pala, para retener dicha al menos una cubierta de pala dentro de dicha al menos una cuna de pala.
- 30 El uso de pinzas de vacío móviles para fijar las cubiertas de pala proporciona un mecanismo de acoplamiento seguro que puede aplicarse selectivamente con operaciones adicionales mínimas de trabajadores.
- Preferiblemente, dicha al menos una pinza de vacío se proporciona inicialmente en una posición retraída en dicha al menos una cuna de pala, y en la que dicha etapa de transferencia comprende la etapa de hacer avanzar dicha al menos una pinza de vacío desde dicha posición retraída para apoyarse contra una superficie de dicha al menos una cubierta de pala para retener dicha al menos una cubierta de pala dentro de dicha al menos una cuna de pala.
- 35 Preferiblemente, el método comprende la etapa de retraer dicha pinza de vacío hasta dicha posición retraída cuando se desea retirar dicha al menos una cubierta de pala a partir de dicha al menos una cuna de pala.
- Preferiblemente, dicha etapa de realizar al menos una operación tras el moldeo comprende aplicar un adhesivo en un borde de ataque y un borde de salida de al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda, y en la que dicha etapa de unión comprende disponer dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda para adherir el borde de ataque de la primera cubierta de pala al borde de ataque de la segunda cubierta de pala, y para adherir el borde de salida de la primera cubierta de pala al borde de salida de la segunda cubierta de pala.
- 40
- 45 Se entenderá que la invención no está limitada a una conexión directa entre los bordes de ataque y de salida respectivos de las cubiertas, por ejemplo puede posicionarse una pieza de cola o elemento de inserción entre los bordes de ataque y/o bordes de salida de las cubiertas.
- Preferiblemente, dicha etapa de unión comprende mover dicha primera cuna de pala que contiene dicha primera cubierta de pala curada con respecto a dicha segunda cuna de pala que contiene dicha segunda cubierta de pala curada, para cerrar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda para formar una pala de turbina eólica.
- 50 Preferiblemente, dicha primera cuna de pala está acoplada de manera articulada a dicha segunda cuna de pala, y en la que la etapa de movimiento comprende articular dicha primera cuna de pala o dicha segunda cuna de pala para cerrar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda.
- Las cunas pueden usarse además como dispositivos de giro. Como alternativa, puede haber una estación independiente usada para operaciones de giro, en la que las cubiertas de pala se mueven desde la estación tras el moldeo hasta la estación de giro tras completarse las operaciones tras el moldeo.

Preferiblemente, el método comprende además la etapa de alinear dicha primera cubierta de pala curada con dicha segunda cubierta de pala curada de tal manera que el borde de ataque y el borde de salida de dicha primera cubierta de pala curada están en correspondencia con el borde de ataque y borde de salida respectivos de dicha segunda cubierta de pala curada durante dicha etapa de unión.

- 5 Las cunas pueden moverse para ajustar ajustes en exceso/insuficientes entre las cubiertas.

Preferiblemente, dicha etapa de alineación comprende mover en traslación al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda, preferiblemente, con respecto a la otra de dichas cunas de pala primera y segunda, para alinear las cubiertas de pala curadas primera y segunda contenidas dentro de dichas cunas de pala primera y segunda.

- 10 Las cunas se posicionan preferiblemente de tal manera que inicialmente el lado de borde de ataque de dicha primera cubierta de pala se proporciona adyacente al lado de borde de ataque de dicha segunda cubierta de pala. La etapa de movimiento (preferiblemente articulación) se realiza de tal manera que el lado de borde de salida de dicha primera cubierta de pala se pone en contacto con el lado de borde de salida de dicha segunda cubierta de pala.

- 15 Preferiblemente, dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda tienen un contorno perfilado que depende de la pala de turbina eólica que va a fabricarse, en las que al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda comprende una pluralidad de elementos de soporte variables para soportar una superficie de una cubierta de pala que va a recibirse en dicha cuna de pala, y en las que el método comprende la etapa de:

- 20 antes de dicha etapa de transferencia, ajustar los elementos de soporte variables de al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda basándose en el contorno perfilado de la cubierta de pala que va a recibirse en dicha cuna de pala.

Esta etapa proporciona el ajuste de las nervaduras/brazos de soporte para alojar al elemento de cubierta que va a recibirse. Esto permite la reutilización de las cunas para diferentes tipos/dimensiones de cubierta de pala, etc.

- 25 Preferiblemente, dicha etapa de ajuste comprende hacer variar dichos elementos de soporte para presentar una superficie de soporte que se adapta sustancialmente al contorno perfilado de la cubierta de pala que va a recibirse en dicha cuna de pala.

Preferiblemente, la estación tras el moldeo se proporciona al menos parcialmente como una construcción modular de una pluralidad de submódulos de estación intercambiables, acoplándose dichos submódulos entre sí para formar dicha estación tras el moldeo, en la que el método comprende las etapas de:

- 30 seleccionar una pluralidad de submódulos basándose en un conjunto de características de la pala que está fabricándose, y

ensamblar la pluralidad seleccionada de submódulos para formar dicha estación tras el moldeo.

- 35 Proporcionando una estación tras el moldeo modular, la construcción particular de la estación puede hacerse variar para alojar la pala particular que está fabricándose. Las características de la pala que está fabricándose pueden incluir cualquier combinación de, pero no se limitan a: longitud de pala, cuerda de pala, curvatura de pala, perfil aerodinámico de pala, grosor de cubierta de pala, etc.

- 40 Se entenderá que los submódulos pueden comprender estructuras que tienen diferentes longitudes, anchuras, etc. Algunos submódulos pueden diseñarse para recibir diferentes porciones de una cubierta de pala de turbina eólica, por ejemplo una sección para recibir una sección de raíz de una cubierta de pala puede comprender una sección de brida para fijarse al extremo de raíz de la cubierta. Una sección para recibir un extremo de punta puede tener una anchura reducida en comparación con una sección para recibir una porción de la pala hacia el punto central de la pala a lo largo de la longitud de la cubierta de pala, es decir una porción que tiene una longitud de cuerda más larga que el extremo de punta de la cubierta.

- 45 Preferiblemente, el método comprende la etapa de proporcionar al menos uno de dicho primer molde de pala y dicho segundo molde de pala como un molde sustancialmente fijo. Preferiblemente, el molde tiene cimientos sustancialmente rígidos, por ejemplo cimientos de hormigón.

Proporcionar los moldes de pala como instalaciones fijas significa que los moldes pueden producirse de manera relativamente fácil, y los costes de molde pueden mantenerse relativamente bajos.

Preferiblemente, el método comprende la etapa de:

- 50 disponer un material a base de fibra en una superficie interna de un molde de cubierta de pala para formar una cubierta de pala de turbina eólica sin curar.

La operación de disposición puede usarse para ambos de los moldes de pala primero y segundo, para formar cubiertas de pala sin curar primera y segunda. La disposición puede ser una operación de disposición manual o a

mano, o una operación de disposición automática, por ejemplo disposición por pulverización, disposición de cinta, pultrusión de fibra, disposición de capas para automóviles, etc.

5 Preferiblemente, dicha etapa de curado comprende infundir dicha cubierta de pala de turbina eólica sin curar con una resina para curar la cubierta de pala de turbina eólica. Esta etapa de infusión puede ser un procedimiento automático o manual.

Preferiblemente, el método comprende además, tras dicha etapa de transferencia, repetir de manera iterativa dichas etapas de disposición y curado en dichos moldes de pala primero y segundo, para proporcionar cubiertas de pala curadas primera y segunda posteriores.

10 Realizando la siguiente operación de disposición y de curado usando los moldes liberados por la etapa de transferencia, se aumenta en gran medida la tasa de productividad de los moldes, ya que puede realizarse una nueva operación de moldeo en cuanto se completa el curado de las cubiertas de pala anteriores. Por consiguiente, se reduce el tiempo de ocupación de los moldes de pala debido a operaciones tras el moldeo, preferiblemente se elimina, proporcionando un uso más eficiente de los equipos y recursos globales.

15 Preferiblemente, el método comprende además repetir de manera iterativa dicha etapa de transferencia, para transferir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda posteriores a una estación tras el moldeo.

Las cubiertas curadas pueden transferirse a una nueva estación tras el moldeo, o pueden transferirse a la estación tras el moldeo usada para el primer par de cubiertas de pala.

20 Preferiblemente, el método comprende además repetir de manera iterativa las etapas de realizar al menos una operación tras el moldeo en al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda posteriores en dicha estación tras el moldeo, y unir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda posteriores para formar una pala de turbina eólica.

25 La transferencia de cubiertas curadas a la estación tras el moldeo para operaciones tras el moldeo posteriores permite una optimización del procedimiento de producción de palas, ya que se maximiza la eficacia de los componentes de fabricación individuales, es decir los moldes de pala y las estaciones tras el moldeo. Un sistema de este tipo permite el uso de moldes de pala de bajo coste, que pueden fabricarse fácilmente y remplazarse si es necesario.

30 Con respecto a la etapa de unión, preferiblemente, el método comprende además la etapa de realizar al menos una operación durante la unión en al menos una de dichas cubiertas de pala en al menos una de dichas cunas de pala primera y segunda, durante la etapa de unir dicha primera cubierta de pala curada con dicha segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

Algunas operaciones pueden realizarse mientras el adhesivo entre las cubiertas está endureciéndose.

Esto se logra mediante el uso de estructuras de cuna de armazón abierto.

35 Preferiblemente, dicha al menos una operación durante la unión se selecciona de una o más de las siguientes: una operación de reparación de cubierta de pala, una operación de esmerilado de superficie, una operación de recubrimiento, una operación de acabado de brida de raíz de pala.

Con respecto a las etapas de curado, preferiblemente el método comprende además la etapa de realizar al menos una operación durante el curado en al menos una de dichas cubiertas de pala en al menos uno de dichos moldes, durante la etapa de curar dicha cubierta de pala.

40 Algunas operaciones pueden realizarse mientras la pala está curándose en el molde, si la cubierta requiere tiempo adicional para curarse.

Preferiblemente, dicha al menos una operación durante el curado se selecciona de una o más de las siguientes: una operación de esmerilado, una operación de reparación de cubierta de pala.

45 Adicionalmente con respecto a la etapa de unión, preferiblemente el método comprende además la etapa de realizar al menos una operación tras la unión en al menos una de dichas cubiertas de pala en al menos uno de dichos moldes, después de dicha etapa de unión.

50 Preferiblemente, dicha al menos una operación tras la unión se selecciona de una o más de las siguientes: una operación de esmerilado de borde de ataque, en la que la superficie de borde de ataque de la pala de turbina eólica unida se esmerila para dar una superficie lisa; una operación de esmerilado de borde de salida, en la que la superficie de borde de salida de la pala de turbina eólica unida se esmerila para dar una superficie lisa; una operación de reparación de pala, en la que puede corregirse un defecto en la superficie de pala, por ejemplo aplicando un material de relleno; una operación de recubrimiento, en la que al menos una capa de recubrimiento de gel o material resistente a la erosión o cinta se aplica a la superficie externa de la pala de turbina eólica unida.

En otro aspecto, se proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende las etapas de:

curar una cubierta de pala de turbina eólica en un molde

transferir la cubierta de pala curada desde el molde hasta una estación tras el moldeo;

- 5 realizar al menos una operación tras el moldeo en la cubierta de pala curada en dicha estación tras el moldeo; y
posteriormente unir dicha cubierta de pala curada con una segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

- 10 También se proporciona una estación tras el moldeo para realizar al menos una operación tras el moldeo en al menos una sección de una cubierta de pala de turbina eólica curada de al menos 40 metros de longitud, siendo la estación tras el moldeo para su uso en la fabricación de una pala de turbina eólica, preferiblemente en el método descrito anteriormente, y que comprende:

al menos una cuna para recibir al menos una sección de una cubierta de pala de turbina eólica curada transferida desde un molde de pala,

- 15 en la que puede realizarse al menos una operación tras el moldeo en al menos una superficie de dicha cubierta de pala de turbina eólica curada recibida en dicha cuna.

- 20 Proporcionando una cuna para recibir una cubierta de pala curada que se retira de un molde de pala, esto libera el molde de pala que va a usarse para una operación de disposición y moldeo posterior. Esto aumenta la productividad de un único molde de pala, y significa que pueden realizarse operaciones tras el moldeo fuera del molde. Preferiblemente, la estación tras el moldeo puede hacerse funcionar para recibir una cubierta de pala completa, pero se entenderá que la estación tras el moldeo puede recibir una pluralidad de secciones de una cubierta de pala que van a ensamblarse para formar una única cubierta de pala, o alternativamente, pueden soportarse secciones individuales de una cubierta de pala por secciones tras el moldeo individuales, para su ensamblaje para dar una única cubierta de pala.

- 25 Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende una primera cuna para recibir una primera cubierta de pala curada y una segunda cuna para recibir una segunda cubierta de pala curada, formando dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda juntas sustancialmente una pala de turbina eólica.

- 30 Proporcionar dos cunas en la estación tras el moldeo permite realizar operaciones tras el moldeo al mismo tiempo en las cubiertas que forman una pala de turbina eólica. Preferiblemente, una de las cunas está dispuesta para recibir una cubierta de lado de presión de una pala de turbina eólica, estando la otra cuna dispuesta para recibir una cubierta de lado de succión de una pala de turbina eólica.

- 35 Preferiblemente, la estación tras el moldeo comprende además un mecanismo de cierre que puede hacerse funcionar para mover dicha primera cuna que tiene una primera cubierta de pala curada con respecto a dicha segunda cuna que tiene una segunda cubierta de pala curada para formar una cuna cerrada, de tal manera que dicha primera cubierta de pala curada puede unirse a dicha segunda cubierta de pala curada dentro de dicha cuna cerrada para formar una pala de turbina eólica.

- 40 Proporcionar un mecanismo de cierre en la estación tras el moldeo significa que la operación de cierre puede realizarse lejos de los moldes de pala. Esto significa que pueden usarse moldes de pala de construcción relativamente sencilla en el procedimiento de fabricación, por ejemplo moldes que se fijan a una superficie de suelo usando unos cimientos de hormigón. Se entenderá que cualquiera de las cunas primera o segunda puede ser la cuna que se mueve de manera articulada, preferiblemente dicha primera cuna.

Preferiblemente, dicha primera cuna está acoplada de manera articulada a dicha segunda cuna, en la que dicho mecanismo de cierre puede hacerse funcionar para articular dicha primera cuna con respecto a dicha segunda cuna.

- 45 Preferiblemente, dicha primera cuna puede moverse en traslación con respecto a dicha segunda cuna cuando se cierran dichas cunas primera y segunda, para alinear una primera cubierta de pala curada con una segunda cubierta de pala curada dentro de dicha cuna cerrada para formar una pala de turbina eólica.

- 50 Dado que las cunas pueden moverse una con respecto a la otra cuando están en la posición cerrada, esto permite la corrección de cualquier desalineación por ajuste en exceso o insuficiente entre los bordes de las cubiertas de pala curadas contenidas en las cunas, por ejemplo como resultado de variaciones de fabricación y/o alineación de estación tras el moldeo. Se entenderá que cualquiera de dichas cunas primera o segunda puede ser móvil con respecto a la otra.

Preferiblemente, dichas cubiertas de pala curadas se reciben en dichas cunas con las superficies internas de dichas cubiertas orientadas hacia arriba. Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo está configurada de tal manera que las cunas primera y segunda están posicionadas adyacentes entre sí. Por consiguiente, una operación de

articulación de una cuna con respecto a la otra proporciona un método eficaz de cierre para las cubiertas de pala contenidas.

5 Preferiblemente, dicha al menos una operación tras el moldeo comprende aplicar un adhesivo a al menos una de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda, y en la que dicho mecanismo de cierre puede hacerse funcionar para mover dicha primera cuna con respecto a dicha segunda cuna para unir dicha primera cubierta de pala curada a dicha segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

Dado que la operación de cierre puede realizarse en la estación tras el moldeo, las cunas proporcionan la ubicación óptima para la operación de encolado para aplicar adhesivo a una o ambas de las cubiertas de pala contenidas.

10 Preferiblemente, dichas cunas primera y segunda están dispuestas para aplicar una presión de unión a dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda cuando se cierran dichas cunas primera y segunda.

15 Dado que la unión de las cubiertas puede requerir la aplicación de una presión de unión a las cubiertas que van a unirse, la estación tras el moldeo puede disponerse para forzar las cubiertas a que se junten para producir una unión eficaz de las cubiertas. Preferiblemente, al menos una de dichas cunas comprende un elemento de presión que se extiende a lo largo sustancialmente de la longitud de dicha cuna. Preferiblemente, dicho elemento de presión puede hacerse funcionar para aplicar una presión a lo largo de una porción de la longitud de una cubierta de pala curada recibida dentro de dicha cuna. Preferiblemente, dicho elemento de presión puede hacerse funcionar para aplicar una presión de unión a lo largo de un borde de una cubierta de pala curada recibida dentro de dicha cuna.

20 Adicional o alternativamente, dicha al menos una operación tras el moldeo se selecciona de una o más de las siguientes: una operación de reparación de cubierta de pala, una operación de esmerilado de cubierta de pala, una operación de instalación de alma de pala, una operación de encolado, una operación de recubrimiento.

Dicha al menos una cuna es una estructura de armazón abierto que tiene una pluralidad de elementos de soporte para soportar una superficie de una cubierta de pala de turbina eólica curada recibida en dicha cuna.

25 El uso de una estructura de armazón abierto como cuna permite que puedan realizarse operaciones tras el moldeo en sustancialmente cualquier superficie de una cubierta de pala curada contenida en la cuna. Esto permite que los trabajadores accedan de manera fácil a prácticamente cualquier parte de la cubierta, para llevar a cabo de manera fácil y eficaz operaciones que anteriormente se retrasarían hasta después de haberse llevado a cabo el procedimiento de moldeo de pala y haberse retirado la pala de turbina eólica completada de los moldes de pala, por ejemplo operaciones de esmerilado, recubrimiento, etc.

30 Preferiblemente, al menos uno de dicha pluralidad de elementos de soporte puede moverse con respecto a una cubierta de pala curada recibida en dicha cuna, preferiblemente puede retirarse, para proporcionar acceso a una superficie soportada de una cubierta de pala curada recibida en dicha cuna.

35 Los elementos de soporte pueden ajustarse, moverse o retirarse para proporcionar acceso directo a esa sección de la superficie inicialmente soportada por el elemento de soporte en cuestión. Tras realizarse las operaciones tras el moldeo apropiadas, el elemento de soporte puede volver a colocarse o devolverse a su posición en las cunas en cuestión.

Preferiblemente, al menos uno de dicha pluralidad de elementos de soporte puede ajustarse de tal manera que la geometría de una superficie de soporte presentada por dicha pluralidad de elementos de soporte puede hacerse variar para alojar cubiertas de pala curadas que tienen diferentes/diversos perfiles de cubierta.

40 Dado que los elementos de soporte pueden ajustarse, esto permite una cuna configurable que puede soportar diferentes tipos de cubiertas de pala curadas. Por consiguiente, una cuna de este tipo puede reutilizarse en procedimientos de fabricación para palas de turbina eólica de formas diferentes.

Preferiblemente, dicha pluralidad de elementos de soporte comprenden al menos un dispositivo de pinza de vacío que puede hacerse funcionar para aplicar un vacío contra una porción de la superficie de una cubierta de pala curada recibida en dicha cuna, para fijar dicha cubierta de pala curada dentro de dicha cuna.

45 Las pinzas de vacío proporcionan un mecanismo sencillo y controlable para fijar una cubierta de pala dentro de una cuna. Se entenderá que las pinzas pueden hacerse funcionar para retener una cubierta dentro de la cuna durante el posible movimiento de la cuna, por ejemplo movimiento de articulación y/o movimiento de rotación.

50 Preferiblemente, dicha al menos una pinza de vacío está montada de manera móvil en dicha pluralidad de elementos de soporte, pudiendo hacerse funcionar dicha al menos una pinza de vacío para moverse entre una primera posición retraída en la que dicha al menos una pinza de vacío está separada de la superficie de una cubierta de pala curada recibida en dicha cuna, y una segunda posición avanzada en la que dicha al menos una pinza de vacío hace tope contra una superficie de dicha cubierta de pala curada recibida en dicha cuna.

Moviendo las pinzas de vacío entre posiciones, es posible aplicar selectivamente una fuerza de sujeción con pinza a una cubierta de pala, al tiempo que se previene el daño a las pinzas y/o la cubierta de pala durante el posicionamiento de la cubierta en la cuna, o posterior retirada.

- 5 Preferiblemente, dicha al menos una pinza de vacío puede hacerse funcionar para engancharse con una superficie de una cubierta de pala recibida dentro de dicha cuna, pudiendo moverse dicha pinza de vacío para empujar y/o tirar de una porción de dicha superficie de dicha cubierta de pala hasta una posición ajustada.

La fijación de las pinzas de vacío contra las superficies de las cubiertas permite realizar ajustes menores en las superficies de cubierta, por ejemplo para corregir errores menores en la geometría local.

- 10 Preferiblemente, dicha cubierta de pala de turbina eólica curada comprende un cuerpo de cubierta perfilado que tiene un lado de borde de ataque y un lado de borde de salida, y en la que dicha estación tras el moldeo comprende una primera matriz de elementos de soporte dispuestos para soportar una cubierta de pala curada en el lado de borde de ataque del cuerpo de cubierta perfilado y una segunda matriz de elementos de soporte dispuestos para soportar una cubierta de pala curada en el lado de borde de salida del cuerpo de cubierta perfilado.

- 15 Proporcionar elementos de soporte o brazos en los bordes de ataque y de salida proporciona un soporte optimizado y eficaz de la cubierta de pala curada dentro de la cuna. Además, una disposición de este tipo de elementos de soporte puede dirigir la aplicación de una presión de unión a los bordes de las cubiertas de pala cuando se cierra un par de cubiertas de pala para formar una pala de turbina eólica.

- 20 Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende una tercera matriz de elementos de soporte dispuestos para soportar una cubierta de pala curada en un punto entre el lado de borde de ataque y el lado de borde de salida del cuerpo de cubierta perfilado.

- 25 Preferiblemente, dicha tercera matriz de elementos de soporte están dispuestos para soportar la sección más profunda del cuerpo de cubierta perfilado entre el lado de borde de ataque y el lado de borde de salida del cuerpo de cubierta perfilado. Preferiblemente, la tercera matriz de elementos de soporte se proporcionan a lo largo de una línea correspondiente a la línea de máximo grosor o curvatura de una pala de turbina eólica formada por dicha cubierta de pala curada.

Preferiblemente, dichas matrices primera y/o segunda de elementos de soporte pueden moverse para permitir el acceso a los lados de borde de ataque y/o de salida de un cuerpo de cubierta perfilado recibido dentro de la cuna.

- 30 Moviendo las matrices primera o segunda, se proporciona acceso a los bordes de las cubiertas y la pala de turbina eólica, permitiendo realizar operaciones directamente en esos bordes, por ejemplo una operación de esmerilado. Se entenderá que elementos de soporte individuales de las matrices primera y segunda pueden ser móviles de manera individual, para proporcionar acceso a una sección localizada de los lados de borde de ataque y/o de salida del cuerpo de cubierta contenido.

- 35 Preferiblemente, dicha al menos una cuna comprende un mecanismo de sujeción con pinza de brida de raíz, estando dicho mecanismo de sujeción con pinza de brida de raíz dispuesto para acoplarse con una brida de raíz de pala de una cubierta de pala curada que va a recibirse dentro de dicha al menos una cuna.

- 40 El mecanismo de sujeción con pinza de brida de raíz de cuna proporciona un punto de montaje para una cubierta de pala recibida dentro de la cuna. Dado que la brida de raíz de pala de la cubierta está diseñada eficazmente para soportar el peso del cuerpo de cubierta de pala, proporciona un punto de fijación inicial útil para posicionar la cubierta en la cuna. Además, dado que la posición de la brida de raíz está definida en la cuna, puede usarse para alinear una cubierta de pala recibida con respecto a las otras superficies de soporte de la cuna.

Preferiblemente, dicha al menos una cuna está formada por una pluralidad de submódulos de cuna.

Una construcción modular de cuna permite hacer variar las características de la cuna (que están determinadas por las características de la cubierta de pala que va a recibirse en la cuna) mediante una selección de submódulos apropiados, por ejemplo longitud de cuna, anchura de extremo de raíz, anchura de cuna, etc.

- 45 Preferiblemente, dicha pluralidad de submódulos se seleccionan basándose en las características de una cubierta de pala curada que va a recibirse dentro de dicha al menos una cuna.

Preferiblemente, dicha pluralidad de submódulos se seleccionan de una gama de submódulos que tienen dimensiones de submódulo alternativas.

- 50 Preferiblemente, dicha pluralidad de submódulos de cuna comprenden un submódulo de extremo de raíz dispuesto para soportar un extremo de raíz de una cubierta de pala curada, un submódulo de extremo de punta dispuesto para soportar un extremo de punta de una cubierta de pala curada, y al menos un submódulo intermedio dispuesto para soportar una porción de una cubierta de pala curada entre dicho extremo de raíz y dicho extremo de punta.

Se entenderá que los diferentes tipos de submódulos pueden tener diferentes características, por ejemplo un módulo de extremo de punta puede tener una altura mayor o menor altura para alojar un extremo de punta de una pala previamente curvada (dependiendo de la dirección de curvado), un módulo de extremo de raíz puede dotarse de una conexión para el acoplamiento a una brida de raíz, etc.

- 5 Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende además al menos un carril de soporte que se extiende a lo largo de al menos una porción de la longitud de dicha estación tras el moldeo adyacente a dicha al menos una cuna, pudiendo hacerse funcionar dicho carril de soporte para recibir una herramienta para realizar una operación tras el moldeo en una cubierta de pala curada recibida en dicha al menos una cuna.
- 10 El uso de un carril de soporte permite una facilidad mejorada de montaje de equipos de fabricación en la ubicación de la cubierta de pala en la que va a trabajarse. Proporcionar una ubicación de montaje segura puede mejorar los aspectos de seguridad del procedimiento, así como facilitar operaciones automatizadas presentando una plataforma configurable que puede usarse como guía para el movimiento de una herramienta con respecto a una cubierta de pala adyacente.
- 15 Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende además al menos una herramienta, en la que dicha herramienta puede moverse a lo largo de dicho carril para realizar una operación tras el moldeo a lo largo de al menos una porción de la longitud de una cubierta de pala curada recibida en dicha cuna.
- 20 La herramienta puede comprender un dispositivo de esmerilado, un dispositivo aplicador de cola, un dispositivo de recubrimiento por pulverización, etc. La herramienta puede ser controlable de manera remota. En una realización adicional, dicho carril puede hacerse funcionar para recibir una herramienta para realizar una operación durante la unión o tras la unión en una pala de turbina eólica formada por cubiertas de pala primera y segunda.
- En una realización adicional, al menos una cuna es rotatoria alrededor de un eje longitudinal central de dicha cuna.
- Proporcionando una cuna rotatoria, puede mejorarse el acceso a diferentes secciones de una cubierta de pala contenida haciendo rotar la cuna y la cubierta contenida.
- 25 Adicional o alternativamente, dicha estación tras el moldeo comprende una primera cuna para recibir una primera cubierta de pala curada y una segunda cuna para recibir una segunda cubierta de pala curada, pudiendo hacerse funcionar dichas cunas primera y segunda para cerrarse para formar una pala de turbina eólica a partir de dichas cubiertas primera y segunda, en la que dichas cunas primera y segunda son rotatorias cuando se cierran alrededor de un eje longitudinal central de dichas cunas primera y segunda cerradas.
- 30 Una única cuna puede ser rotatoria alrededor de su propio eje longitudinal. Adicional o alternativamente, la estación tras el moldeo completa y/o las cunas primera y segunda pueden ser rotatorias alrededor de un eje longitudinal cuando se cierran las cunas, para permitir la rotación de la pala de turbina eólica formada a partir de cubiertas de pala primera y segunda a medida que se unen las cubiertas entre sí en las cunas cerradas.
- También se proporciona un sistema de fabricación para la fabricación de palas de turbina eólica formadas a partir de un par de cubiertas de pala curadas unidas entre sí, comprendiendo el sistema:
- 35 un primer molde de pala contra el viento para producir al menos una porción de una primera cubierta de pala curada contra el viento;
- un segundo molde de pala a favor del viento para producir al menos una porción de una segunda cubierta de pala curada a favor del viento;
- 40 una estación tras el moldeo para recibir dicha al menos una porción de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda a partir de dichos moldes de pala primero y segundo, en el que puede realizarse una operación tras el moldeo en dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda en dicha estación tras el moldeo; y
- un mecanismo de cierre que puede hacerse funcionar para cerrar las cubiertas de pala curadas primera y segunda para formar una pala de turbina eólica.
- 45 El uso de un sistema de fabricación de este tipo proporciona una fabricación relativamente rápida y eficiente de pala de turbina eólica, permitiendo un uso de molde de pala eficaz máximo. El mecanismo de cierre puede hacerse funcionar para unir dichas cubiertas de pala primera y segunda entre sí, para formar una pala de turbina eólica que tiene una sección contra el viento y una a favor del viento. En una realización, dicha estación tras el moldeo es local con respecto a dichos moldes de pala primero y segundo. Alternativamente, dicha estación tras el moldeo es remota con respecto a dichos moldes de pala primero y segundo.
- 50 En un aspecto preferido, una cubierta de pala completa se moldea usando un único molde de pala. En un aspecto alternativo, las cubiertas de pala pueden moldearse como secciones individuales fabricándose cada sección en un molde de pala independiente para su ensamblaje posterior.
- Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende dicho mecanismo de cierre.

Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende cunas de pala primera y segunda que pueden hacerse funcionar para recibir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda.

5 Preferiblemente, el sistema comprende además un dispositivo de levantamiento que puede hacerse funcionar para desmoldear o retirar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda de dichos moldes de pala primero y segundo. Preferiblemente, dicho dispositivo de levantamiento puede hacerse funcionar además para transferir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda a dicha estación tras el moldeo.

10 Preferiblemente, dichos moldes de pala primero y segundo se usan en un procedimiento de disposición de un material compuesto fibroso para producir dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda. Preferiblemente, dicho sistema de fabricación comprende además un mecanismo de infusión que puede hacerse funcionar para infundir dicho material compuesto fibroso con una resina para curar dicho material compuesto fibroso para formar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda.

15 Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende una pluralidad de módulos de soporte para recibir secciones individuales de dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda para ensamblarse para formar dichas cubiertas de pala curadas primera y segunda. Dichos módulos de soporte pueden comprender soportes individuales para secciones de raíz independientes, secciones de punta y/o secciones aerodinámicas de cubiertas de pala individuales.

Preferiblemente, dicha estación tras el moldeo comprende una estación tras el moldeo tal como se describió anteriormente.

Además se proporciona una pala de turbina eólica fabricada usando el sistema y método descritos anteriormente.

20 Descripción de la invención

Ahora se describirá una realización de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una turbina eólica;

la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica;

25 la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de la pala de la figura 2;

la figura 4 ilustra una realización de un procedimiento de fabricación para una pala de turbina eólica según la divulgación;

la figura 5 es una vista en planta desde arriba de una realización de una estación tras el moldeo para su uso en la fabricación de una pala de turbina eólica según la invención;

30 la figura 6 es una vista en perspectiva de la estación tras el moldeo de la figura 5;

la figura 7(a) es una vista lateral de la estación tras el moldeo de la figura 5 cuando está en un estado abierto;

la figura 7(b) es una vista lateral de la estación tras el moldeo de la figura 5 cuando está en un estado cerrado;

la figura 8(a) es una vista de extremo de la estación tras el moldeo de la figura 5 cuando está en un estado abierto;

la figura 8(b) es una vista de extremo de la estación tras el moldeo de la figura 5 cuando está en un estado cerrado;

35 la figura 9 es una vista en perspectiva aumentada del extremo de raíz de la estación tras el moldeo de la figura 5;

la figura 10(a) es una vista en perspectiva de frente de un elemento de soporte lateral de la estación tras el moldeo de la figura 5;

la figura 10(b) es una vista en perspectiva desde atrás de un elemento de soporte lateral de la estación tras el moldeo de la figura 5;

40 la figura 11(a) es una vista en perspectiva aumentada de un elemento de soporte lateral de la figura 10 cuando los elementos de pinza de vacío están retraídos;

la figura 11(b) es una vista en perspectiva aumentada de un elemento de soporte lateral de la figura 10 cuando los elementos de pinza de vacío están avanzados;

45 la figura 12 es una vista en perspectiva de la estación tras el moldeo abierta de la figura 5 cuando soporta un par de cubiertas de pala curadas;

la figura 13 es una vista en perspectiva de la estación tras el moldeo de la figura 12 cuando está cerrada;

la figura 14 es una vista en perspectiva aumentada del extremo de raíz de la estación tras el moldeo de la figura 12;

la figura 15(a) es una vista en perspectiva de un cuerpo de cuna de una primera cuna de la estación tras el moldeo de la figura 5;

5 la figura 15(b) es una vista en perspectiva del cuerpo de cuna de la figura 15(a) cuando está desensamblado en secciones modulares independientes; y

la figura 16 es una vista general del procedimiento de fabricación según la divulgación.

10 La figura 1 ilustra una turbina eólica contra el viento moderna convencional según 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 buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo, cada una, una raíz 16 de pala más cerca del buje y una punta 14 de pala más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio indicado R. Aunque en este caso se presenta un diseño de turbina eólica contra el viento de tres palas, se entenderá que la divulgación puede aplicarse igualmente a palas de otros diseños de turbina eólica, por ejemplo de dos palas, a favor del viento, etc.

15 La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cerca del buje, una región 34 aerodinámica o perfilada más alejada del buje y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 aerodinámica. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque orientado en el sentido de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde 20 de salida orientado en el sentido opuesto al borde 18 de ataque.

20 La región 34 aerodinámica (también denominada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región 30 de raíz, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo cual, por ejemplo, hace que sea más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz es normalmente constante a lo largo de toda la zona 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil 42 de transición que cambia gradualmente de la forma 40 circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil 50 aerodinámico de la región 34 aerodinámica. 25 Normalmente, la longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta sustancialmente de manera lineal al aumentar la distancia r desde el buje.

La región 34 aerodinámica tiene un perfil 50 aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el buje.

30 Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, dado que la pala puede estar retorcida y/o curvada (es decir, previamente curvada), dotando por tanto al plano de cuerda de un recorrido retorcido y/o curvado de manera correspondiente, siendo éste lo más frecuentemente el caso con el fin de compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.

35 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 aerodinámico de una pala típica de una turbina eólica representado con los diversos parámetros, que se usan normalmente para definir la forma geométrica de una sección aerodinámica. El perfil 50 aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que durante el uso, es decir durante la rotación del rotor, normalmente están orientados hacia el lado a barlovento (o contra el viento) y el lado a sotavento (o a favor del viento), respectivamente. La sección 50 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. 40 La sección 50 aerodinámica tiene un grosor t, que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor t de la sección aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación con respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea 62 de curvatura, que es una línea mediana a través del perfil 50 aerodinámico. La línea mediana puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el 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 desde la cuerda 60 se denomina curvatura f. La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros denominados curvatura superior y curvatura inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y lado 52 de presión, respectivamente. 45

50 Los perfiles aerodinámicos se caracterizan con frecuencia mediante los siguientes parámetros: la longitud de cuerda c, la curvatura máxima f, la posición df de la curvatura máxima f, el grosor de sección aerodinámica máximo t, que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de curvatura mediana, la posición dt del grosor máximo t, y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros se definen normalmente como razones con respecto a la longitud de cuerda c.

55 Las palas de turbina eólica pueden comprender además palas previamente curvadas, en las que el cuerpo de la pala está diseñado teniendo un doblez o curva, preferiblemente en el sentido del lado de presión de la pala. Las palas previamente curvadas están diseñadas para flexionarse durante el funcionamiento de la turbina eólica, de tal manera que las palas se enderezan bajo el efecto de velocidad de viento óptima en la turbina eólica. Una pala previamente

curvada de este tipo proporcionará rendimiento mejorado durante el funcionamiento de la turbina eólica, dando como resultado numerosas ventajas, por ejemplo espacio de torre, área de barrido, peso de pala, etc.

- 5 Una manera de construir una pala 10 de turbina eólica comprende formar la pala 10 como dos piezas de cubierta independientes, una primera pieza que forma sustancialmente el lado 52 de presión o contra el viento de la pala 10, y una segunda pieza que forma sustancialmente el lado 54 de succión o a favor del viento de la pala 10. Tales piezas de cubierta se forman normalmente en moldes de pala abiertos independientes que se adaptan a las formas aerodinámicas de los lados respectivos, y posteriormente se unen entre sí cerrando los moldes de pala para formar una pala 10 de turbina eólica.
- 10 Se entenderá que la divulgación puede aplicarse para la fabricación y/o manipulación de palas rectas o de palas previamente curvadas.
- 15 En la figura 4 se ilustra una realización de un sistema de fabricación para una pala de turbina eólica que comprende una cuna según la invención. El sistema de fabricación comprende una estación de moldeo de pala (indicada en 70) y una estación tras el moldeo (indicada en 90). La estación 70 de moldeo de pala comprende un conjunto de moldes 72, 74 de cubierta de pala primero y segundo. Los moldes de pala comprenden superficies 76, 78 internas primera y segunda respectivas que están dispuestas para producir cubiertas de pala conformadas primera y segunda que tienen un perfil aerodinámico que corresponde sustancialmente a mitades contra el viento (o de lado de presión) y a favor del viento (o de lado de succión) respectivas de una pala de turbina eólica.
- 20 Durante la fabricación de una pala de turbina eólica, se realiza una operación de disposición en la estación 70 de moldeo de pala, en la que una pluralidad de capas de un material compuesto preferiblemente a base de fibra se aplican a las superficies 76, 78 internas de los moldes 72, 74 de pala. Las capas de fibra se aplican para adaptarse a la forma de molde, y pueden disponerse en diversos grosores o densidades dependiendo de los requisitos estructurales de la pala de turbina eólica que va a fabricarse.
- 25 En la realización mostrada en la figura 4, la estación 70 de moldeo de pala está dotada de un aparato 80 de disposición de fibra automático, que permite la disposición controlada por máquina de las capas de material a base de fibra en los moldes 72, 74 de pala. El aparato de disposición de fibra automático comprende al menos un dispositivo aplicador de fibra suspendido sobre un pórtico móvil proporcionado sobre los moldes 72, 74 de pala, pudiendo hacerse funcionar el al menos un dispositivo aplicador de fibra para moverse a lo largo de la longitud de los moldes 72, 74 de pala para aplicar capas de fibra, por ejemplo cinta de fibra, a las superficies 76, 78 internas de los moldes 72, 74 de pala.
- 30 Sin embargo, se entenderá que el sistema de fabricación de la divulgación puede implementarse usando cualquier mecanismo de disposición adecuado, por ejemplo disposición manual. Además, la operación de disposición puede comprender el uso de elementos de pultrusión o materiales preimpregnados de material compuesto dentro de los moldes de pala, o bien como alternativa a, o bien además de, las capas de material a base de fibra.
- 35 Una vez que se han aplicado suficientes capas del material a base de fibra a las superficies de los moldes 72, 74, entonces se realiza una operación de curado para curar las capas de fibra hasta un estado relativamente endurecido. En una realización, esto puede comprender aplicar una cubierta o bolsa de vacío sobre las capas de fibra para formar un recipiente, y posteriormente aplicar una presión de vacío al interior del recipiente definido por la bolsa de vacío y la superficie del molde 72, 74 de pala.
- 40 Después se infunde o se inyecta una resina de curado en el interior del recipiente, esparciéndose la resina por la totalidad de las capas de fibra mediante la acción de la presión de vacío. Después se deja que se cure la resina y por consiguiente se endurezca y una las capas de material a base de fibra para dar una cubierta de pala (no mostrada), que tiene un perfil estructural correspondiente a la forma de la superficie de los moldes 72, 74 de pala.
- 45 El término “cubiertas de pala curadas” se usa en el presente documento para hacer referencia a cubiertas de pala que se han curado sustancialmente mediante la operación de curado, preferiblemente hasta un nivel en el que las cubiertas de pala pueden manipularse sin experimentar deformación significativa de la estructura de cubierta. La duración de la operación de curado realizada dependerá del tipo de resina de curado usada en la fabricación de las cubiertas de pala, pero puede ser del orden de 2-3 horas usando resinas convencionales. Sin embargo, se entenderá que las propias cubiertas de pala pueden seguir experimentando un procedimiento de curado dentro del cuerpo de las cubiertas de pala durante varias horas después de la operación de curado indicada.
- 50 Por consiguiente, una vez que las cubiertas de pala se han curado sustancialmente, puede retirarse la cubierta o bolsa de vacío asociada, y pueden desmoldearse las cubiertas de pala curadas a partir de los moldes 72, 74 de pala. Para desmoldear las cubiertas de pala, puede retirarse cualquier equipo de fabricación que puede proporcionarse por encima de los moldes 72, 74 de pala, por ejemplo dispositivo 80 aplicador de fibra automático, y puede posicionarse un aparato de levantamiento (no mostrado) por encima de las cubiertas de pala contenidas en los moldes 72, 74 de pala. El aparato de levantamiento puede hacerse funcionar para levantar las cubiertas de pala curadas fuera de los moldes 72, 74 de pala, y para transferir las cubiertas de pala curadas a la estación 90 tras el moldeo, en la que pueden realizarse operaciones tras el moldeo adicionales.
- 55

Se entenderá que la operación de transferencia puede realizarse usando cualquier aparato de levantamiento adecuado para la transferencia de una cubierta de pala de turbina eólica, por ejemplo un dispositivo de levantamiento de vacío, una grúa, una operación de levantamiento manual, etc.

Los ejemplos de operaciones tras el moldeo que pueden realizarse en la estación 90 tras el moldeo en las cubiertas de pala pueden incluir, pero no se limitan a: una operación de reparación de cubierta de pala, que implica una reparación de cualquier defecto menor en una cubierta de pala curada; una operación de corte o de esmerilado de cubierta de pala, en la que una porción de una superficie de la cubierta de pala curada puede cortarse o esmerilarse para presentar un perfil relativamente liso; una operación de acoplamiento de brida de raíz de pala, en la que un par de bridas de raíz de pala que se proporcionan en cubiertas de pala primera y segunda se acoplan entre sí para formar una única brida de raíz de pala solidaria; una operación de encolado, en la que se aplica un adhesivo a una superficie de una cubierta de pala para unir componentes o cubiertas de pala entre sí; una operación de recubrimiento, en la que se recubre una superficie externa de una cubierta de pala con una capa de recubrimiento, por ejemplo un recubrimiento de gel o material resistente a la erosión adecuado; una operación de instalación de estructura laminada, en la que una estructura laminada principal u otro elemento del interior de una pala de turbina eólica puede fijarse a una superficie interna de una de las cubiertas de pala para posicionarse en el interior de una pala de turbina eólica; una operación de sobrelaminación; instalación de componentes de pala internos, por ejemplo sensores de monitorización de carga o desviación, sistemas de protección frente a rayos, etc.; un estudio de la geometría de cubierta de pala; una operación de curado secundario, por ejemplo, en un horno; o cualquier otra operación de fabricación o ensamblaje adecuada.

Como resultado de realizar estas operaciones tras el moldeo en la estación 90 tras el moldeo, los moldes 72, 74 de pala están ahora liberados del tiempo de producción asociado con las operaciones tras el moldeo anteriores, que tradicionalmente se han realizado con las cubiertas de pala retenidas en los moldes 72, 74 de pala. Por consiguiente, el uso de una estación 90 tras el moldeo para recibir cubiertas de pala desde una estación de moldeo de pala permite liberar los moldes 72, 74 de pala para una operación de disposición posterior una vez completado el curado y la transferencia de las cubiertas de pala, y proporciona un tiempo de ocupación reducido de los moldes 72, 74 de pala por los componentes de una única pala de turbina eólica. Esto actúa aumentando la productividad de un único conjunto de moldes 72, 74 de pala, y proporciona una mayor flexibilidad en el procedimiento de fabricación.

En la realización de la figura 4, la estación tras el moldeo comprende una estructura de cuna de nervadura abierta para recibir una cubierta de pala curada desde una estación de moldeo de pala, y para soportar dichas cubiertas de pala curadas durante operaciones tras el moldeo. Con referencia a las figuras 5-8, se proporciona una vista más detallada de una realización alternativa de una estación 100 tras el moldeo según la invención.

La estación 100 tras el moldeo de las figuras 5-8 comprende cunas 102, 104 de cubierta de pala primera y segunda que están dispuestas para recibir una cubierta de pala curada tras el desmoldeo a partir de un molde 72, 74 de pala. Las cunas 102, 104 comprenden estructuras de armazón abierto o cuerpos 105 de cuna que tienen extremos 102a, 102b de punta y extremos 102b, 104b de raíz respectivos, teniendo las estructuras 105 de armazón abierto una pluralidad de elementos 106 de soporte proporcionados en las mismas para soportar las superficies externas de las cubiertas de pala curadas.

La primera cuna 102 de pala está dispuesta para recibir una primera cubierta de pala curada correspondiente a una cubierta de pala de lado contra el viento o de presión, y la segunda cuna 104 de pala está dispuesta para recibir una segunda cubierta de pala curada correspondiente a una cubierta de pala de lado favor del viento o de succión, en la que los elementos 106 de soporte están configurados para presentar una disposición de soporte apropiada para las dimensiones características de las cubiertas de pala, por ejemplo longitud de pala, curvatura de pala en las superficies contra el viento y a favor del viento, zonas de transición en el perfil aerodinámico entre diferentes secciones de pala, etc. Aunque las cunas 102, 104 se ilustran como dos partes de una única estación 100 tras el moldeo, se entenderá que las cunas 102, 104 pueden proporcionarse como entidades independientes usadas para el soporte y la manipulación de secciones de pala individuales o de una pala de turbina eólica completa.

Las cunas 102, 104 primera y segunda están dispuestas en una relación longitudinal paralela, estando la primera cuna 102 acoplada a la segunda cuna 104 mediante una pluralidad de mecanismos 108 de articulación. Con referencia a las figuras 7 y 8, la primera cuna 102 está dispuesta para articularse con respecto a la segunda cuna 104, tal como se indica mediante la flecha X mostrada en la figura 8(b), de tal manera que la primera cuna 102 se posiciona por encima la segunda cuna 104 para formar una estación 100 tras el moldeo cerrada, tal como se observa en las figuras 7(b) y 8(b). La estación 100 tras el moldeo puede hacerse funcionar además para mover en traslación la primera cuna 102 con respecto a la segunda cuna 104 cuando están en la posición cerrada, con el fin de corregir la alineación entre las cunas 102, 104 primera y segunda, tal como se indica mediante las flechas A y B en la figura 8(b). La primera cuna 102 puede ser móvil a lo largo del eje horizontal y/o vertical con respecto a la segunda cuna 104.

Con referencia a la figura 5, el diseño plano de la estación 100 tras el moldeo es sustancialmente simétrico alrededor del eje de articulación Y, que se extiende a través de la pluralidad de mecanismos 108 de articulación. Las cunas 102, 104 primera y segunda están conectadas a los mecanismos 108 de articulación en los lados 107 opuestos de los cuerpos 105 de cuna correspondientes a los bordes de ataque de las cubiertas de pala que van a recibirse

dentro de las cunas 102, 104. Por consiguiente, mediante la articulación de la primera cuna 102 con respecto a la segunda cuna 104, los lados 109 de los cuerpos 105 de cuna correspondientes a los bordes de salida de las cubiertas de pala que van a recibirse dentro de las cunas 102, 104 se ponen en estrecha alineación.

- 5 Con referencia a la vista aumentada del extremo de raíz de una estación 100 tras el moldeo mostrada en la figura 9, las cunas 102, 104 primera y segunda comprenden cada una matrices opuestas de elementos 106 de soporte laterales ubicados en el lado 107 de borde de ataque y lado 109 de borde de salida opuestos respectivos del cuerpo 105 de cuna de armazón abierto de cada cuna 102, 104. Las cunas 102, 104 comprenden cada una, además, una matriz de almohadillas 110 de soporte proporcionadas en el cuerpo 105 de cuna, entre el lado 107 de borde de ataque y el lado 109 de borde de salida del cuerpo 105 de cuna. Las almohadillas 110 de soporte proporcionan una superficie de soporte primaria, que puede hacerse funcionar para soportar una parte sustancial del peso de la cubierta de pala que va a recibirse en la cuna 102, 104.

La matriz de elementos 106 de soporte laterales y la matriz de almohadillas 110 de soporte se extienden en una dirección longitudinal a lo largo de la longitud del cuerpo 105 de cuna, que corresponde sustancialmente a la longitud de la cubierta de pala que va a recibirse en la cuna 102, 104.

- 15 Una realización de un elemento 106 de soporte lateral individual se ilustra en más detalle en la figura 10. Los elementos 106 de soporte laterales comprenden cada uno un cuerpo 112 principal de soporte que se proporciona en un par de patas 114 de soporte para su unión al cuerpo 105 de cuna. Tal como se describió anteriormente, los elementos 106 de soporte laterales pueden ser móviles con respecto al cuerpo 105 de cuna, preferiblemente retirables de la cuna 102, 104 de estación tras el moldeo, para proporcionar un acceso fácil a una superficie de una cubierta de pala recibida dentro de la cuna 102, 104. Por ejemplo, los elementos 106 de soporte laterales indicados en la figura 9 pueden retirarse del cuerpo 105 de cuna, para proporcionar acceso a esa porción del borde de ataque o de salida de una cubierta de pala soportada por los elementos indicados.

- 25 Con referencia adicional a las vistas aumentadas de la figura 11, el soporte 106 comprende un cuerpo 112 principal de soporte que tiene una superficie 116 orientada a la cubierta conformada para adaptarse sustancialmente a la superficie externa de una cubierta de pala que va a recibirse en la estación 100 tras el moldeo, de tal manera que la superficie 116 orientada a la cubierta del elemento 106 de soporte se proporciona adyacente a la superficie externa de la cubierta de pala cuando se recibe en la estación 100 tras el moldeo.

- 30 Una pluralidad de aberturas 118 están definidas en la superficie 116 orientada a la cubierta del cuerpo 112 principal, en la que una serie de elementos 120 de pinza de vacío se reciben en dicha pluralidad de aberturas 118. Los elementos 120 de pinza de vacío comprenden un cuerpo sustancialmente circular, y pueden trasladarse de manera lineal con respecto al cuerpo 112 principal del elemento 106 de soporte, estando los elementos 120 de pinza de vacío acoplados a accionadores 122 lineales ubicados en el lado opuesto del cuerpo 112 principal con respecto a la superficie 116 orientada a la cubierta, tal como se indica en la figura 10(b).

- 35 Los elementos 120 de pinza de vacío pueden accionarse desde una primera posición rebajada, tal como se indica en la figura 11(a), en la que las pinzas 120 de vacío están posicionadas dentro de las aberturas 118 del cuerpo 112 de elemento de soporte y no sobresalen sustancialmente más allá de la superficie 116 orientada a la cubierta del cuerpo 112 principal, hasta una segunda posición avanzada, tal como se indica en la figura 11(b), en la que las pinzas 120 de vacío sobresalen de la superficie 116 orientada a la cubierta del cuerpo 112 principal. Los elementos 120 de pinza de vacío pueden hacerse funcionar para aplicar una presión de sujeción con pinza de vacío a la superficie externa de una cubierta de pala recibida dentro de la estación 100 tras el moldeo, para fijar la cubierta de pala dentro de las cunas 102, 104 de la estación 100 tras el moldeo.

- 45 Se entenderá que los elementos 106 de soporte laterales pueden tener cualquier configuración adecuada, por ejemplo los elementos 106 de soporte laterales pueden no comprender los elementos 120 de sujeción con pinza de vacío de la realización de las figuras 10 y 11, es decir los elementos 106 de soporte laterales pueden hacerse funcionar para soportar simplemente una cubierta de pala recibida en las cunas 102, 104.

Se entenderá que los elementos 106 de soporte laterales individuales pueden ser retirables desprendiendo el cuerpo 112 principal de soporte a partir del par de patas 114 de soporte, para proporcionar acceso a una superficie de una cubierta de pala recibida. Adicional o alternativamente, el elemento 106 de soporte lateral completo, incluyendo el par de patas 114 de soporte, puede ser retirable del cuerpo 105 de cuna, para proporcionar dicho acceso.

- 50 Adicional o alternativamente, se entenderá que los elementos 106 de soporte laterales pueden ser ajustables en altura, por ejemplo mediante variación de la altura de las patas 114 de soporte, en los que puede proporcionarse acceso a una superficie soportada ajustando la altura del elemento 106 de soporte lateral en cuestión. Adicional o alternativamente, se entenderá además que dicho cuerpo 112 principal de soporte puede estar acoplado de manera pivotante a dichas patas 114 de soporte, de tal manera que el cuerpo 112 principal de soporte puede hacerse pivotar o articularse con respecto a dichas patas 114 de soporte, y por consiguiente con respecto a una superficie adyacente de una cubierta de pala recibida, para proporcionar acceso a dicha superficie.

Durante el uso del sistema de fabricación según la divulgación, cuando la estación 100 tras el moldeo está inactiva (es decir, que no contiene una cubierta de pala) los elementos 120 de pinza de vacío se proporcionan inicialmente

en la primera posición rebajada, de tal manera que los elementos 120 de pinza de vacío están protegidos de manera segura frente a cualquier daño por parte del cuerpo 112 principal del elemento 106 de soporte.

En un aspecto preferido adicional, los elementos 120 de pinza de vacío de los elementos 106 de soporte laterales pueden hacerse funcionar para moverse con respecto al cuerpo 105 de cuna mientras se aplica una presión de vacío a la superficie de una cubierta de pala recibida dentro de la cuna 102, 104. Esto permite realizar ajustes menores en la forma de la superficie externa de la cubierta de pala, ya que los elementos 120 de pinza de vacío pueden hacerse funcionar para empujar y/o tirar de la superficie de la cubierta de pala a la que están sujetos a modo de pinza, para deformar la cubierta de pala para dar un perfil o contorno deseado.

Volviendo a la figura 9, las almohadillas 110 de soporte de la estación 100 tras el moldeo pueden hacerse funcionar para seguir el perfil aerodinámico de una cubierta de pala que va a recibirse dentro de las cunas 102, 104.

En una realización preferida, para una construcción particular de pala de turbina eólica, las almohadillas 110 de soporte se disponen en el cuerpo 105 de cuna basándose en el perfil de la cubierta de pala de turbina eólica, para seguir una línea nominal correspondiente a ubicaciones en la superficie externa de la cubierta de pala que coinciden con el punto de máxima distancia desde la superficie externa de la cubierta de pala hasta la cuerda 60 de la pala de turbina eólica formada por dicha cubierta. Tal línea nominal corresponderá con la sección más profunda de la sección de pala recibida dentro de la cuna 102, 104. Una disposición de este tipo proporciona de este modo la ubicación más eficiente para las almohadillas 110 de soporte en la cuna 102, 104, disponiéndose para soportar los puntos más bajos de la superficie de la cubierta de pala a lo largo de la longitud de la cubierta de pala cuando se recibe en la cuna 102, 104.

Adicional o alternativamente, en una realización adicional preferida, las almohadillas 110 de soporte se disponen en el cuerpo 105 de cuna basándose en el diseño de la cubierta de pala que va a recibirse en la cuna, a lo largo de una línea imaginaria correspondiente al contorno del alma o almas de cizalladura que van a proporcionarse en la pala de turbina eólica. Una línea imaginaria de este tipo corresponde a la sección de la pala acabada que tiene la mayor capacidad de refuerzo y carga estructural, y por consiguiente es la más adecuada para absorber las fuerzas implicadas en el soporte de carga puntual de la estación tras el moldeo, en la que la cubierta de pala puede soportarse eficazmente sobre una pluralidad de soportes de pinza de vacío individuales.

Las almohadillas 110 de soporte pueden moverse preferiblemente en el cuerpo 105 de cuna entre el lado 107 de borde de ataque y el lado 109 de borde de salida de las cunas 102, 104 respectivas. Por ejemplo, las almohadillas 110 de soporte pueden proporcionarse en un elemento de lanzadera bloqueable (no mostrado) portado sobre al menos una barra de armazón que se extiende a través del cuerpo 105 de cuna entre el lado 107 de borde de ataque y el lado 109 de borde de salida del cuerpo 105 de cuna. Además, las almohadillas 110 de soporte pueden montarse de manera pivotante en los cuerpos 105 de cuna respectivos, permitiendo ajustar la orientación de las almohadillas 110 de soporte según se requiera.

En un aspecto adicional, las almohadillas 110 de soporte pueden proporcionarse en un brazo ajustable en altura (no mostrado), de tal manera que puede hacerse variar la altura de las almohadillas 110 de soporte con respecto a la superficie de cuerpo 105 de cuna adyacente. Por consiguiente, la ubicación, orientación y/o altura de las almohadillas 110 de soporte pueden ajustarse basándose en el perfil aerodinámico de las cubiertas de pala que van a recibirse dentro de la cuna 102, 104. Se entenderá que las almohadillas 110 de soporte puede comprender unidades de soporte sencillas y/o las almohadillas de soporte pueden comprender un mecanismo de sujeción con pinza de vacío similar al descrito en las figuras 10 y 11 para los elementos 106 de soporte laterales, y puede hacerse funcionar además para poder ajustarse en traslación con respecto al cuerpo de cuna.

Se entenderá que la presión de vacío aplicada en las pinzas de vacío de la cuna puede ajustarse y regularse para proporcionar una retención segura de cubiertas de pala dentro de la cuna.

En un ejemplo de un método de control de presión adecuado de este tipo, las pinzas de vacío de las almohadillas 110 de soporte primarias pueden someterse a ciclos a través de diferentes niveles de presión para permitir el "asentamiento" de una cubierta de pala en la cuna. Tomando las almohadillas 110 de soporte primarias como una matriz de conjuntos individuales de pinzas de vacío que se extienden desde el extremo de raíz de una cuna hasta el extremo de punta de una cuna, a medida que se baja inicialmente una cubierta de pala en la cuna, con una brida de raíz de pala opcional fijada al armazón de cuna para alinear la cubierta de pala con el cuerpo de la cuna, se aplica una presión de vacío en el primer conjunto adyacente de pinzas de vacío al extremo de raíz de la cuna, tirando de la superficie de la cubierta de pala hacia dicho primer conjunto de pinzas. A continuación, se aplica una presión de vacío en el segundo conjunto adyacente de pinzas, tirando de la cubierta de pala hacia dicho segundo conjunto. Mientras está aplicándose la presión de vacío en dicho segundo conjunto de pinzas, se libera la presión de vacío en el primer conjunto anterior, para permitir que la superficie de cubierta de pala se asiente hacia las pinzas del segundo. Una vez asentada, puede aplicarse una presión de vacío al tercer conjunto adyacente de pinzas de vacío, antes de liberar la presión de vacío en el segundo conjunto para permitir que la pala se asiente adicionalmente en la cuna.

En ese momento, se aplica una presión de vacío adicional en un tercer conjunto adyacente de pinzas, liberándose entonces el vacío en el segundo conjunto para permitir que la superficie de cubierta de pala se asiente en el tercer conjunto de pinzas. Esta aplicación y liberación de presión de vacío en ciclos a lo largo de la longitud de la cuna permite que la cubierta de pala se retenga de manera segura y relativamente delicada en la cuna.

- 5 Se entenderá que puede volver a aplicarse un vacío en los conjuntos de pinzas de vacío anteriores, a medida que el ciclo continúa a lo largo de la longitud de la cuna entre los extremos de raíz y de punta de la cuna.

Con referencia a las figuras 12-14, se muestra una estación 100 tras el moldeo cuando tiene cubiertas 122, 124 de pala primera y segunda recibidas dentro de dichas cunas 102, 104 primera y segunda respectivamente.

- 10 A medida que una cubierta 122, 124 de pala se transfiere a una cuna 102, 104 de la estación 100 tras el moldeo desde la estación 70 de moldeo de pala, la superficie externa de la cubierta 122, 124 de pala puede descansar inicialmente sobre las almohadillas 110 de soporte que se extienden a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo 105 de cuna. La cubierta 122, 124 de pala también puede descansar contra una selección de los elementos 106 de soporte laterales.

- 15 Preferiblemente, a medida que la cubierta 122, 124 de pala curada se forma en la estación 70 de moldeo de pala, se proporciona una brida 126 de raíz de pala en el extremo de raíz de las cubiertas 122, 124 de pala curadas. La brida 126 de raíz de pala comprende una brida de metal sustancialmente semicircular proporcionada aproximadamente el extremo de la cubierta 122, 124 de pala, y se usa como punto de montaje para la pala de turbina eólica acabada. La brida 126 comprende una pluralidad de agujeros roscados proporcionados alrededor de la circunferencia de la brida 126.

- 20 En esta realización preferida, las cunas 102, 104 comprenden al menos un elemento 111 de acoplamiento de brida de raíz de pala proporcionado en los extremos 102b, 104b de raíz respectivos de las cunas 102, 104. Por consiguiente, con referencia a la figura 14, a medida que la cubierta 122, 124 de pala curada se transfiere a la cuna 102, 104 apropiada, el elemento 111 de acoplamiento de brida de raíz de pala se fija a la brida 126 de raíz de pala de la cubierta 122, 124 de pala, para proporcionar un punto de anclaje para la cubierta 122, 124 de pala en la cuna 102, 104.

- 25 En el caso de palas de turbina eólica en las que la cubierta 122, 124 de pala externa está diseñada como una estructura de soporte de carga, dado que la raíz de la pala está diseñada para soportar el peso de la pala completa durante el funcionamiento normal, la brida 126 de raíz de pala proporciona un punto de anclaje y soporte eficaz para la cubierta 122, 124 de pala, al menos durante la acción inicial de transferir la cubierta 122, 124 de pala a la cuna 102, 104 tras el moldeo. Además, dado que el acoplamiento de la brida 126 de raíz de pala al elemento 111 de acoplamiento de brida de raíz de pala de la cuna 102, 104 presenta una ubicación definida para un componente estructural básico de la cubierta 122, 124 de pala, la ubicación de las superficies y bordes restantes de la cubierta 122, 124 de pala pueden predecirse de manera relativamente sencilla, por ejemplo la ubicación del extremo 102a, 102b de punta, y los bordes de ataque y de salida a lo largo de la longitud de la cubierta.

- 35 Por consiguiente, el montaje de la brida 126 de raíz de pala en la cuna 102, 104 permite que las superficies de la cubierta 122, 124 de pala y los componentes de soporte de la cuna tras el moldeo, es decir los elementos 106 de soporte laterales y las almohadillas 110 de soporte, se alineen de manera relativamente sencilla para un soporte eficaz de las superficies de la cubierta 122, 124 de pala curada mediante la cuna 102, 104.

- 40 Se entenderá que el elemento 111 de acoplamiento de brida de raíz de pala puede comprender una pinza dispuesta para acoplarse con una brida 16 de raíz de pala de una cubierta 122, 124 de pala curada. Adicional o alternativamente, el elemento 111 de acoplamiento de brida de raíz de pala puede comprender un círculo de pernos correspondiente a un círculo de pernos definido en la brida 126 de raíz de pala de la cubierta 122, 124 de pala, para permitir la sujeción con pernos de la brida 126 de raíz de pala a la cuna 102, 104.

- 45 En un aspecto preferido, el cuerpo 116 principal de los elementos 106 de soporte laterales, y/o las almohadillas 110 de soporte, están formados a partir de un material acolchado que puede hacerse funcionar para prevenir daños en la superficie externa de una cubierta 122, 124 de pala recibida en la cuna 102, 104 cuando se apoya contra dicha superficie externa.

- 50 Una vez fijadas las cubiertas 122, 124 de pala curadas dentro de las cunas 102, 104 mediante el acoplamiento de brida 126 de raíz de pala, se accionan los elementos 120 de sujeción con pinza de vacío de los elementos 106 de soporte laterales y/o las almohadillas 110 de soporte a dicha segunda posición avanzada apoyándose contra la superficie externa de las cubiertas 122, 124 de pala, y se aplica un vacío contra la superficie de las cubiertas 122, 124 de pala curadas para fijar completamente las cubiertas en su posición en las cunas 102, 104.

- 55 Se entenderá que pueden aplicarse mecanismos de fijación adicionales para fijar las cubiertas 122, 124 de pala dentro de las cunas 102, 104, por ejemplo pueden aplicarse pinzas mecánicas (no mostradas) desde las cunas 102, 104 alrededor de los bordes de las cubiertas 122, 124 en las cunas, para proporcionar un efecto de fijación adicional.

En este punto, tal como se describió anteriormente, pueden realizarse operaciones adecuadas tras el moldeo en las cubiertas 122, 124 de pala, proporcionándose acceso directo a las superficies internas (128, figura 14) de las cubiertas 122, 124 de pala y proporcionándose acceso a porciones de las superficies externas de las cubiertas 122, 124 de pala mediante retirada y ajuste apropiados de los elementos 106 de soporte laterales y/o almohadillas 110 de soporte adyacentes.

Los ejemplos de operaciones tras el moldeo que pueden realizarse en la estación 100 tras el moldeo en las cubiertas 122, 124 de pala pueden incluir, pero no se limitan a: una operación de reparación de cubierta de pala, que implica una reparación de cualquier defecto menor en una cubierta de pala curada; una operación de corte o de esmerilado de cubierta de pala, en la que una porción de una superficie de la cubierta de pala curada puede cortarse o esmerilarse para presentar un perfil relativamente liso; una operación de encolado, en la que se aplica un adhesivo a una superficie de una cubierta de pala para unir componentes o cubiertas de pala entre sí; una operación de recubrimiento, en la que se recubre una superficie externa de una cubierta de pala con una capa de recubrimiento, por ejemplo un recubrimiento de gel o material resistente a la erosión adecuado; una operación de instalación de estructura laminada, en la que una estructura laminada principal u otro elemento del interior de una pala de turbina eólica puede fijarse a una superficie interna de una de las cubiertas de pala para posicionarse en el interior de una pala de turbina eólica; una operación de sobrelaminación; instalación de componentes de pala internos, por ejemplo sensores de monitorización de carga o desviación, sistemas de protección frente a rayos, etc.; un estudio de la geometría de cubierta de pala; una operación de curado secundario, por ejemplo, en un horno; o cualquier otra operación de fabricación o ensamblaje adecuada.

En una realización preferida de la invención, la estación 100 tras el moldeo comprende además un carril u otro mecanismo de carro adecuado (no mostrado) proporcionado a lo largo de al menos uno del lado 107 de borde de ataque o el lado 109 de borde de salida del cuerpo 105 de cuna de al menos una de las cunas 102, 104 primera y segunda, en la que el carril puede hacerse funcionar para soportar una herramienta automatizada para realizar una operación tras el moldeo en una cubierta 122, 124 de pala curada recibida en dicha cuna 102, 104. Un ejemplo de una herramienta de este tipo incluye, pero no se limita a, una herramienta de esmerilado automatizada, para esmerilar una superficie de una cubierta 122, 124 de pala curada, o una herramienta de recubrimiento automatizada, para aplicar un recubrimiento a una superficie de una cubierta 122, 124 de pala curada. Adicional o alternativamente, las cunas de la estación tras el moldeo pueden comprender un elemento de montaje en el extremo de raíz de las cunas dispuesto para recibir una herramienta de esmerilado de raíz, para el esmerilado apropiado del extremo de raíz de las cubiertas de pala o del extremo de raíz de una pala de turbina eólica acabada.

Una vez completadas las operaciones tras el moldeo apropiadas, se aplica un adhesivo al borde de ataque y al borde de salida de al menos una de las cubiertas 122, 124 de pala curadas. Después se articula la primera cuna 102 con respecto a la segunda cuna 104 usando los mecanismos 108 de articulación, es decir, se cierra la estación tras el moldeo tal como se muestra en la figura 8(b), de tal manera que la primera cubierta 122 de pala contenida se posiciona en alineación sustancial con la segunda cubierta 124 de pala contenida en la segunda cuna 104, tal como se muestra en la figura 13. En este punto, la primera cuna 102 y la cubierta 122 de pala contenida pueden moverse en traslación, tal como se describe en la figura 8(b), para alinear los bordes de las cubiertas 122, 124 de pala curadas y para corregir cualquier posible ajuste en exceso o insuficiente entre las cubiertas tras la operación de cierre articulado.

Después puede realizarse un movimiento de traslación final de la primera cuna, para cerrar las cubiertas 122, 124 de pala primera y segunda entre sí para formar una pala de turbina eólica completa. Las cunas 102, 104 y las cubiertas 122, 124 contenidas se mantienen en la disposición cerrada de la figura 13 hasta que el adhesivo se ha endurecido para unir la primera cubierta 122 a la segunda cubierta 124. Durante el tiempo de unión del adhesivo, los elementos 106 de soporte laterales pueden hacerse funcionar para aplicar presión contra los lados de las cubiertas 122, 124 de pala contenidas, para garantizar que se mantiene una presión de unión de adhesivo correcta en el borde de ataque y el borde de salida de las cubiertas 122, 124 para proporcionar una unión fuerte y eficaz entre las cubiertas 122, 124.

Además, durante el tiempo de unión, los elementos de soporte laterales y/o las almohadillas de soporte pueden retirarse o ajustarse para proporcionar acceso a secciones de las superficies externas de las cubiertas 122, 124 de pala, para permitir llevar a cabo operaciones tras el moldeo adicionales en las cubiertas 122, 124 de pala mientras las cubiertas curadas están uniéndose entre sí.

Proporcionar una estación tras el moldeo permite la optimización de un sistema de fabricación para una pala de turbina eólica, dado que el tiempo de ocupación de los moldes 70 de pala relativamente caros puede minimizarse mediante transferencia de cubiertas de pala curadas a una estación 90, 100 tras el moldeo una vez completado el moldeo de las cubiertas. Además, la estructura de almacén abierto flexible de la estación 90, 100 tras el moldeo permite llevar a cabo de manera relativamente fácil numerosas operaciones de fabricación en las cubiertas de pala curadas, incluso durante la operación de unión.

Con referencia a la figura 15, se ilustra un cuerpo 105 de cuna de almacén abierto para una estación 100 tras el moldeo, menos los elementos 106 de soporte laterales, las almohadillas 110 de soporte y los mecanismos de giro. Tal como puede observarse en la figura 15(a), el cuerpo 105 de cuna comprende una estructura de almacén abierto que tiene una longitud que corresponde sustancialmente a la longitud de la cubierta de pala curada que va a

- recibirse por la cuna. El cuerpo 105 de cuna tiene un perfil que varía en cuanto a la altura y/o anchura, dependiendo del perfil de la cubierta de pala curada que va a recibirse en la cuna. El cuerpo 105 de cuna mostrado en la figura 15(a) tiene una altura mayor en la sección central del cuerpo 105 a lo largo de la longitud del cuerpo 105, por consiguiente el cuerpo 105 de cuna mostrado en la figura 15(a) es adecuado para recibir una cubierta de pala previamente curada, en particular una cubierta de lado de presión de una pala de turbina eólica previamente curada. Se entenderá que las dimensiones y el perfil del cuerpo 105 de cuna pueden hacerse variar según se requiera para proporcionar un soporte adecuado para la cubierta de pala particular que va a soportarse mediante la cuna.
- Con referencia a la figura 15(b), el cuerpo 105 de cuna puede estar compuesto a partir de una pluralidad de secciones 130 modulares ensambladas entre sí para formar el cuerpo 105 de cuna, preferiblemente una pluralidad de bastidores de acero modulares. Las secciones 130 modulares pueden variar en cuanto a las dimensiones, por ejemplo en cuanto a la anchura y/o altura de sección, y son intercambiables de tal manera que la estructura del cuerpo 105 de cuna puede hacerse variar dependiendo de las características de la cubierta de pala que va a soportarse mediante la cuna, por ejemplo longitud de pala, anchura de cuerda, curvatura, etc.
- El uso de una construcción modular de este tipo permite una mayor flexibilidad del sistema de fabricación global, ya que pueden construirse fácilmente cunas adecuadas para diferentes diseños de pala, reutilizándose cunas individuales y secciones modulares para diferentes procedimientos de fabricación.
- Aunque en la realización anterior se moldea una cubierta de pala completa usando un único molde de pala, en una realización alternativa adicional, las cubiertas 122, 124 de pala pueden fabricarse como secciones de cubierta de pala individuales en moldes de pala independientes, proporcionándose las secciones de cubierta de pala individuales para su posterior ensamblaje para dar una cubierta de pala o pala de turbina eólica completa.
- Por ejemplo, puede formarse una cubierta de pala como una sección de raíz de pala independiente, una sección de punta de pala, una sección aerodinámica intermedia, etc., fabricándose cada sección en un molde de pala independiente diseñado para formar es sección particular de la cubierta de pala. Después pueden transferirse las secciones individuales desde los diferentes moldes de pala hasta una estación tras el moldeo tal como se describió anteriormente, en la que puede realizarse en ensamblaje de las diferentes secciones para formar una cubierta de pala completa, con el posterior cierre y unión de las cubiertas de pala completas para formar la pala de turbina eólica.
- Alternativamente, las secciones de pala individuales de las cubiertas de pala primera y segunda pueden cerrarse y unirse antes del ensamblaje para dar una pala de turbina eólica completa. Es decir, las secciones de raíz de pala contra el viento y a favor del viento pueden cerrarse para formar una porción de raíz de pala completa, las secciones aerodinámicas de pala contra el viento y a favor del viento pueden cerrarse para formar una porción aerodinámica de pala completa, etc., que entonces pueden ensamblarse para formar la pala completa.
- Esto puede proporcionar una optimización adicional del procedimiento de fabricación, ya que pueden fabricarse secciones individuales según diferentes requisitos, por ejemplo requisitos estructurales. En un sistema de este tipo, la estación tras el moldeo de la invención proporciona un banco de ensamblaje flexible y práctico para acoplar las secciones individuales entre sí.
- Aunque la realización de la figura 4 ilustra un sistema de fabricación en el que la estación tras el moldeo se proporciona localmente en los moldes de pala, se entenderá que pueden proporcionarse disposiciones alternativas de sistemas de fabricación. Por ejemplo, pueden fabricarse las cubiertas de pala en una primera ubicación usando moldes de pala, tal como se describió anteriormente. Después pueden desmoldearse las cubiertas curadas, y transportarse a una estación tras el moldeo proporcionada en una ubicación relativamente remota para operaciones de fabricación adicionales y eventual ensamblaje. Un sistema de este tipo permite llevar a cabo el moldeo de precisión de las partes de cubierta de pala en una ubicación centralizada, usando equipos dedicados y mano de obra especializada, realizándose las tareas tras el moldeo y de ensamblaje relativamente más sencillas en ubicaciones distribuidas, por ejemplo adyacentes a un parque eólico en construcción. Este enfoque proporciona una mayor distribución de recursos y un procedimiento más eficiente de fabricación global, en combinación con costes de transporte reducidos ya que pueden transportarse cubiertas fácilmente apilables en contraposición a palas de turbina eólica acabadas.
- Adicional o alternativamente, las cunas pueden ser móviles, y proporcionan un almacén de soporte para cubiertas de pala y/o palas de turbina eólica completas para la manipulación de tales elementos en una planta de fabricación y/o en un sitio de instalación.
- En la figura 16 se proporciona una vista general del procedimiento de fabricación según un aspecto de la divulgación. Inicialmente, se realiza una disposición de fibra en un molde de pala (etapa 200). Una operación de disposición de este tipo puede ser una disposición automática o controlada por máquina o una operación de disposición manual. Se entenderá que en esta fase pueden realizarse operaciones de fabricación adicionales, por ejemplo puede recubrirse el molde de pala con una capa de recubrimiento de gel inicial antes de la disposición de fibra.

Una vez completada la disposición, se proporciona una bolsa de vacío sobre las capas de fibra en el molde de pala (etapa 210). Una vez que la bolsa forma un sello alrededor de las capas de fibra, se inicia la infusión de resina (etapa 220), y se infunde una resina en el interior de las capas de fibra en el molde. Se deja que la resina se cure (etapa 230), una las capas de fibra en el molde y forme una cubierta de pala curada.

- 5 Tal como se describió anteriormente, la cubierta de pala real puede seguir curándose dentro del cuerpo de la cubierta de pala durante varias horas tras el procedimiento de curado inicial, pero en el contexto de esta descripción se entiende que una cubierta de pala curada se refiere a una cubierta de pala que se ha sometido a esta etapa de curado inicial, y puede manipularse sin experimentar una deformación estructural considerable.

- 10 Una vez curada, se retira la bolsa de vacío del molde (etapa 240), y puede retirarse o desmoldearse la cubierta de pala curada a partir del molde de pala (etapa 250). Esta etapa de desmoldeo puede realizarse usando cualquier dispositivo de levantamiento de cubierta de pala adecuado, por ejemplo una grúa o un dispositivo de levantamiento de vacío.

- 15 En este punto en el procedimiento de fabricación, dado que la cubierta de pala curada se ha retirado del molde de pala, puede reutilizarse el molde de pala para formar una segunda cubierta de pala curada. Por consiguiente, el procedimiento se bifurca en este punto, y realiza un bucle de vuelta a la etapa de disposición de fibra inicial (200). Dado que los moldes de pala tienen un tiempo de ocupación relativamente corto, se aumenta la tasa de producción de los moldes individuales, conduciendo a tiempos de producción mejorados para todo el procedimiento de fabricación. Además, dado que los moldes de pala no se usan para operaciones tras el moldeo y/u operaciones de giro, los moldes de pala pueden ser de una construcción más sencilla y/o comprender una estructura que puede
20 fijarse al suelo de la fábrica, por ejemplo que tiene cimientos de hormigón, lo cual proporciona una fabricación y implementación más fáciles y más económicas de nuevos moldes para un nuevo procedimiento de fabricación.

- 25 Una vez que se ha desmoldeado la cubierta de pala curada a partir del molde de pala, la cubierta se transfiere a una estación tras el moldeo según la invención (etapa 260). En este punto, la cubierta de pala puede fijarse a la estación tras el moldeo, por ejemplo mediante acoplamiento de la brida de raíz de pala de la cubierta de pala al extremo de raíz de una cuna para recibir la cubierta de pala, la aplicación de pinzas de vacío contra la superficie externa de la cubierta de pala, etc.

- 30 Se entenderá que el procedimiento puede incluir además una etapa de calibración de estación tras el moldeo (no mostrada), antes de una etapa de transferencia inicial 260. Esta etapa puede implicar la calibración de las cunas de la estación tras el moldeo para recibir las cubiertas de pala, por ejemplo mediante ajuste apropiado de los diversos soportes de cuna para garantizar que se recibe y se soporta de manera segura una cubierta de pala en la cuna. En un enfoque, el contramolde maestro original usado para el mecanizado del molde de pala puede usarse para calibrar los soportes de cuna, es decir, puede posicionarse una cuna sobre la superficie del contramolde maestro, y ajustarse los diversos soportes para hacer tope de manera segura contra la superficie del contramolde maestro, garantizando así que los soportes de la cuna coinciden con el perfil de soporte correspondiente del molde de pala en
35 cuestión.

- 40 Una vez recibida la cubierta en la cuna de la estación tras el moldeo, pueden realizarse diversas operaciones tras el moldeo tal como se describió anteriormente en la cubierta de pala fijada (etapa 270). Estas operaciones pueden llevarse a cabo en cualquier superficie de la cubierta de pala curada mediante la estructura de armazón abierto del cuerpo de cuna, y mediante retirada o ajuste apropiados de los elementos de soporte y/o almohadillas de soporte de la cuna.

Además, pueden corregirse imperfecciones en la cubierta de pala curada, por ejemplo pueden realizarse ajustes de forma menores en los contornos de perfil de la cubierta de pala fijando pinzas de vacío contra la superficie de la cubierta de pala, y moviendo posteriormente las pinzas de vacío para empujar y/o tirar en consecuencia de la superficie de la cubierta de pala para dar un perfil preferido.

- 45 Una vez que se han completado las diversas operaciones tras el moldeo, puede cerrarse la estación tras el moldeo (etapa 280), de tal manera que puede unirse una primera cubierta de pala curada con una segunda cubierta de pala curada para formar una pala de turbina eólica.

- 50 En paralelo al tiempo requerido para que el adhesivo entre las dos cubiertas de pala se una de manera eficaz (etapa 290), pueden realizarse diversas operaciones durante la unión en la estación tras el moldeo en las cubiertas de pala contenidas (etapa 300). Tales operaciones pueden incluir cualquier operación de fabricación que puede aplicarse en las cubiertas durante la acción de unión, y pueden incluir cualquier operación tras el moldeo adecuada tal como se describió anteriormente, por ejemplo esmerilado de superficie, recubrimiento, etc. Al igual que con la etapa 270, puede proporcionarse acceso a las superficies de las cubiertas de pala a través de la estructura de armazón abierto del cuerpo de cuna, así como a través de la retirada o ajuste apropiados de los elementos de soporte y/o almohadillas de soporte de la cuna.
55

La posibilidad de realizar operaciones en las cubiertas de pala (etapa 300) en paralelo con la unión (etapa 290) proporciona un aumento adicional en la productividad del procedimiento de fabricación, proporcionando menos tiempo de inactividad de trabajadores, equipos, etc., en comparación con sistemas de la técnica anterior en los que

una operación de cierre usando un molde de pala giratorio impedirá cualquier acceso a las superficies de las cubiertas de pala mientras el adhesivo se endurece para unir las cubiertas entre sí.

5 Una vez que las cubiertas de pala curadas se han unido entre sí para formar una pala de turbina eólica, puede abrirse la estación tras el moldeo y retirarse la pala completada de la estación tras el moldeo (etapa 310), para cualquier operación de acabado y transporte posterior desde la planta de fabricación. Se entenderá que cualquier operación de acabado puede realizarse mientras la pala completada está soportada por la estación tras el moldeo.

Una vez retirada la pala completada de la estación tras el moldeo, el procedimiento puede realizar un bucle de vuelta a la etapa 260, para recibir una nueva cubierta de pala curada en la estación tras el moldeo.

10 El sistema de fabricación de la divulgación proporciona una mejora en la productividad y eficacia de los componentes de fabricación individuales, y da como resultado una mayor eficiencia del procedimiento de fabricación de pala, reduciendo el tiempo de inactividad ineficaz de los moldes de pala, y proporcionando un sistema en el que pueden realizarse en paralelo diferentes operaciones de fabricación que tradicionalmente se realizaban en serie.

15 Se entenderá que pueden considerarse diversas disposiciones e implementaciones alternativas de procedimientos de fabricación. Por ejemplo, en una alternativa, se proporciona un sistema de fabricación en el que un primer molde de pala realiza una operación de giro para desmoldear una primera cubierta de pala curada contenida sobre una cuna de pala invertida (es decir, cuando se soporta sobre la cuna de pala, la superficie externa de la cubierta de pala curada está orientada hacia arriba). En este caso, las operaciones tras el moldeo pueden realizarse en la cubierta invertida. Puede levantarse una segunda cubierta de pala curada fuera de un segundo molde de pala tal como se describió anteriormente, con las almas, etc., instaladas en la superficie interna de la segunda cubierta de pala. Por 20 consiguiente, puede hacerse funcionar un dispositivo de levantamiento para levantar la primera cubierta invertida para posicionarla en su sitio encima de la segunda cubierta de pala para su unión.

25 Algunas ventajas de este enfoque incluyen que la operación de desmoldeo puede realizarse al mismo tiempo para ambas cubiertas de pala, requiriéndose tan sólo un único dispositivo de levantamiento (es decir, la segunda cubierta se desmoldea usando el dispositivo de levantamiento, mientras que la primera cubierta se desmoldea usando el mecanismo de articulación del molde). Además, el dispositivo de levantamiento puede reutilizarse en el momento de posicionar la primera cubierta invertida encima de la segunda cubierta, aumentando así la productividad del dispositivo de levantamiento.

30 En una alternativa adicional, las cunas de pala pueden proporcionarse como una pluralidad de componentes de soporte individuales diferenciados, independientes, que pueden hacerse funcionar cada uno para soportar un punto particular a lo largo de la longitud de las cubiertas de pala. Las ventajas de este enfoque incluyen que los componentes independientes pueden usarse, por ejemplo, como carretillas de pala tras la operación de unión, para un transporte local fácil de la pala de turbina eólica unida. Además, los componentes individuales pueden proporcionarse para un almacenamiento más fácil de la estación tras el moldeo, ya que los componentes individuales pueden almacenarse en una ubicación de espacio reducido cuando no se usan.

35

REIVINDICACIONES

1. Cuna (102, 104) para soportar al menos una sección de una pala de turbina eólica, comprendiendo la cuna (102, 104) al menos una matriz de elementos (110) de soporte que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna (102, 104), en la que dichos elementos (110) de soporte comprenden pinzas de vacío dispuestas para recibir una superficie de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica
5
- caracterizada porque la cuna (102, 104) comprende un cuerpo (105) de cuna de armazón abierto, y dichas pinzas de vacío pueden moverse en traslación con respecto a dicho cuerpo (105) de cuna.
2. Cuna según la reivindicación 1, en la que dicha al menos una matriz de elementos (110) de soporte está dispuesta en una línea entre el primer extremo y el segundo extremo de la cuna (102, 104), en la que dicha línea
10 está configurada para corresponder sustancialmente a la ubicación de un alma de cizalladura en una sección de una pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna (102, 104).
3. Cuna según cualquier reivindicación anterior, en la que la cuna (102, 104) comprende matrices primera y segunda de elementos (110) de soporte, en la que dichas matrices (110) primera y segunda están dispuestas en líneas sustancialmente paralelas entre el primer extremo y el segundo extremo de la cuna (102, 104), en la que dichas
15 líneas sustancialmente paralelas están dispuestas para extenderse a lo largo de ambos lados de una línea imaginaria correspondiente a la ubicación de un alma de cizalladura en una sección de una pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna.
4. Cuna según cualquier reivindicación anterior, en la que dicha cuna está dispuesta para controlar selectivamente la presión aplicada por las pinzas de vacío de dicha al menos una matriz.
5. Cuna según cualquier reivindicación anterior, en la que dicha cuna está dispuesta para recibir una sección de una pala de turbina eólica que comprende una porción de una sección contra el viento o una sección a favor del viento de una pala de turbina eólica, y en la que la cuna comprende al menos una matriz de elementos (106) de soporte secundarios que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna (102, 104), en la que
20 dicha al menos una matriz de elementos (106) de soporte secundarios están dispuestos para soportar un borde de ataque o un borde de salida de dicha sección de una pala de turbina eólica.
6. Cuna según la reivindicación 5, en la que dichos elementos de soporte secundarios comprenden pinzas de vacío dispuestas para recibir una superficie de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica.
7. Cuna según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en la que dicha al menos una matriz de elementos de soporte secundarios está formada a partir de una pluralidad de módulos de soporte individuales, en la que dicha pluralidad
25 de módulos de soporte individuales pueden retirarse selectivamente de dicha al menos una matriz de elementos de soporte secundarios.
8. Cuna según cualquier reivindicación anterior, en la que dichos elementos de soporte comprenden una superficie de soporte que tiene al menos una abertura definida en la misma, en la que al menos una pinza de vacío está montada de manera móvil dentro de dicha al menos una abertura, pudiendo accionarse dicha al menos una pinza de vacío de manera lineal desde una primera posición rebajada en la que dicha al menos una pinza de vacío se sujeta dentro de dicha al menos una abertura, hasta una segunda posición sobresaliente en la que dicha al menos una pinza de vacío sobresale fuera de dicha abertura, sobresaliendo dicha al menos una pinza de vacío de dicha superficie de soporte.
9. Cuna según cualquier reivindicación anterior, en la que la cuna comprende además al menos un carril de borde proporcionado a lo largo de al menos una porción de un primer lado de dicha cuna, en la que dicho al menos un carril de borde está dispuesto para recibir una herramienta de procesamiento de pala para operación en al menos una porción de una sección de pala de turbina eólica recibida en dicha cuna.
10. Cuna según cualquier reivindicación anterior, comprendiendo la cuna:
45 una primera matriz de elementos de soporte secundarios dispuestos para soportar un borde de ataque de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica;
una segunda matriz de elementos de soporte secundarios dispuestos para soportar un borde de salida de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica; y
al menos una matriz de elementos de soporte primarios dispuestos para soportar una porción de dicha al menos una sección de una pala de turbina eólica entre dicho borde de ataque y dicho borde de salida.
11. Estación (100) tras el moldeo para recibir una cubierta de pala de turbina eólica contra el viento y una cubierta de pala de turbina eólica a favor del viento a partir de un molde de pala, comprendiendo las cunas de estación tras el moldeo (102; 104) primera y segunda según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
50

12. Método de recepción de una sección de pala de turbina eólica en una cuna (102, 104) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10 que tiene una matriz de elementos (110) de soporte primarios que comprenden pinzas de vacío que se extienden entre un primer extremo y un segundo extremo de dicha cuna (102, 104), comprendiendo el método las etapas de:
- 5 proporcionar una primera cuna (102, 104) para recibir una sección de una pala de turbina eólica;
- posicionar una sección de una pala de turbina eólica dentro de dicha cuna (102, 104) de tal manera que una pluralidad de pinzas de vacío se apoyan contra una superficie de dicha sección de una pala de turbina eólica; y
- aplicar un vacío en dicha pluralidad de pinzas de vacío para retener dicha sección de una pala de turbina eólica en dicha cuna (102, 104).
- 10 13. Método según la reivindicación 12, en el que el método comprende controlar el vacío aplicado en dicha pluralidad de pinzas de vacío, que comprende:
- dividir dicha matriz de pinzas de vacío en una pluralidad de conjuntos de pinzas de vacío dispuestas en una secuencia numerada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo;
- comenzando en el primer extremo de dicha cuna, aplicar un vacío al primer conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos;
- 15 aplicar un vacío al segundo conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos;
- liberar el vacío en el primer conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos para permitir que dicha sección de pala de turbina eólica se asiente sobre el segundo conjunto de pinzas de vacío de dicha pluralidad de conjuntos; y
- 20 volver a aplicar un vacío en dicho primer conjunto de pinzas de vacío,
- en el que la etapa de control comprende además:
- repetir secuencialmente las etapas anteriores de aplicar, liberar y volver a aplicar un vacío para conjuntos adyacentes de pinzas de vacío en dicha matriz, desde dicho primer extremo hasta dicho segundo extremo, para permitir que toda la sección de pala de turbina eólica recibida en dicha cuna se asiente sobre toda la matriz de pinzas de vacío.
- 25 14. Método según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en el que el método comprende la adicional etapa de configurar el perfil de los elementos de soporte en la cuna mediante: ajustar la al menos una matriz de elementos de soporte para corresponder con el perfil del contramolde maestro de molde de pala usado para diseñar los moldes de pala usados para formar la sección de pala de turbina eólica que va a recibirse en dicha cuna.
- 30

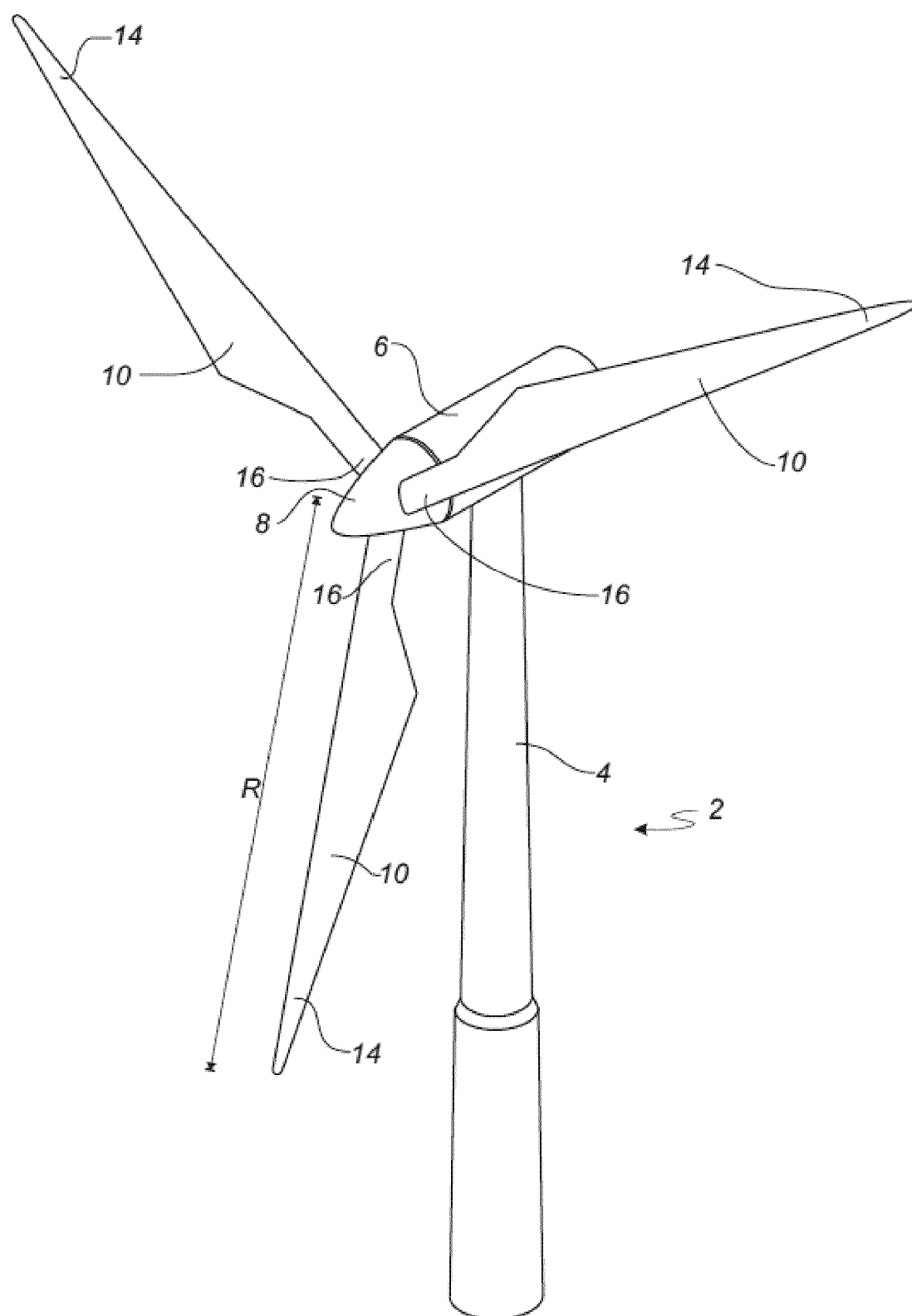
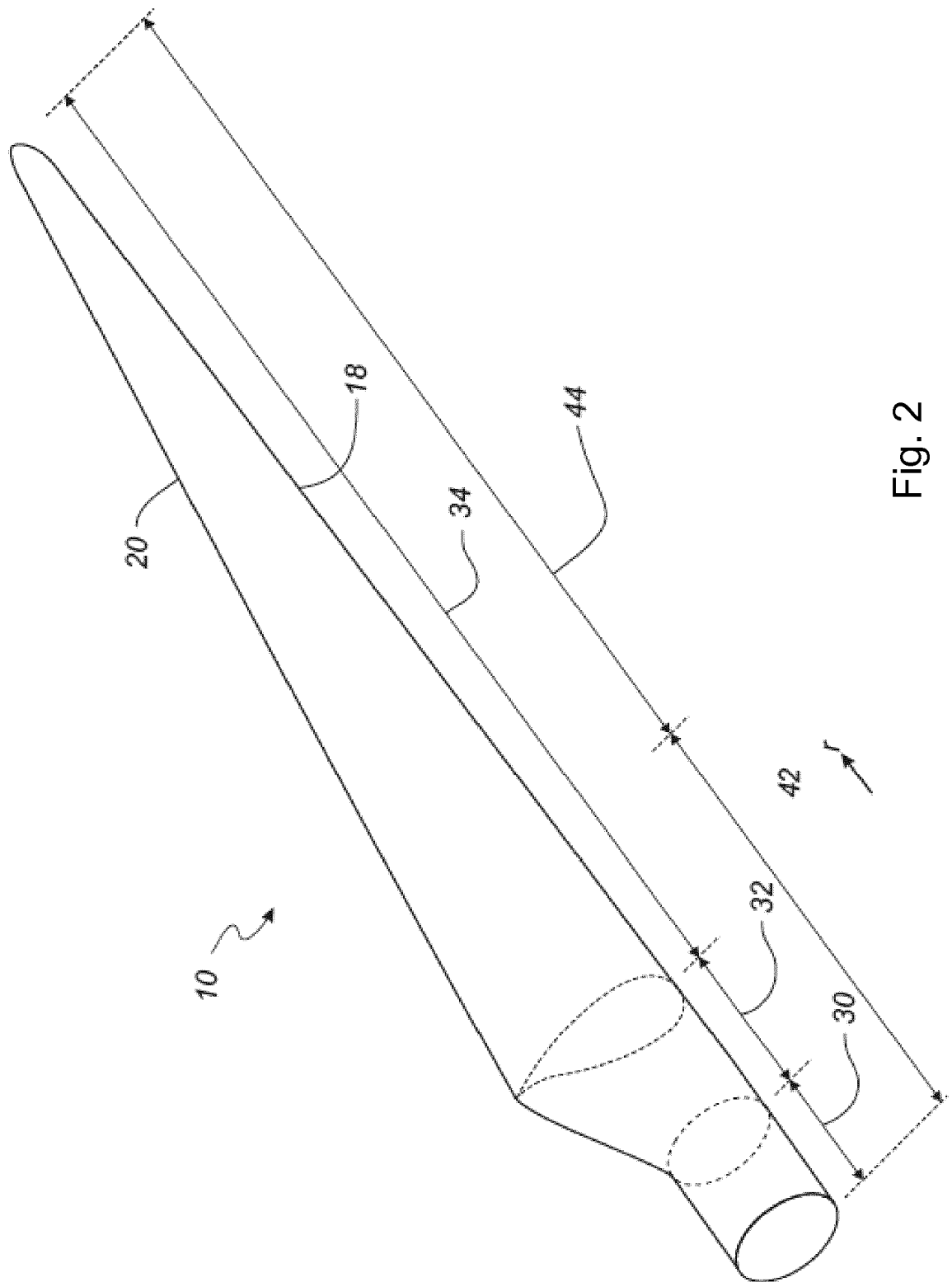


Fig. 1



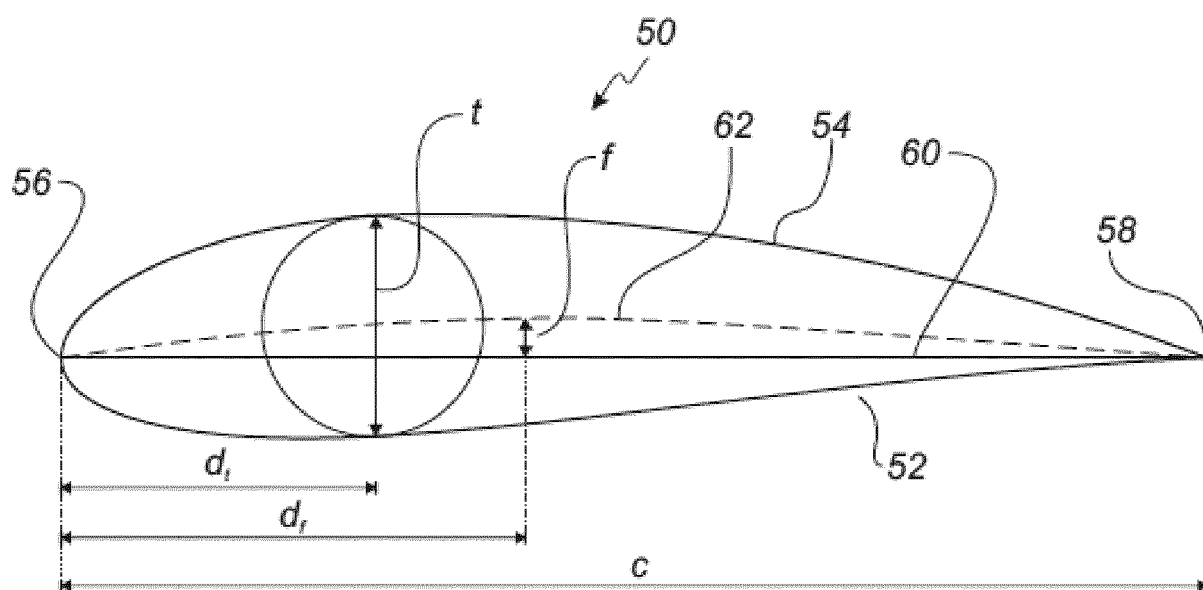


Fig. 3

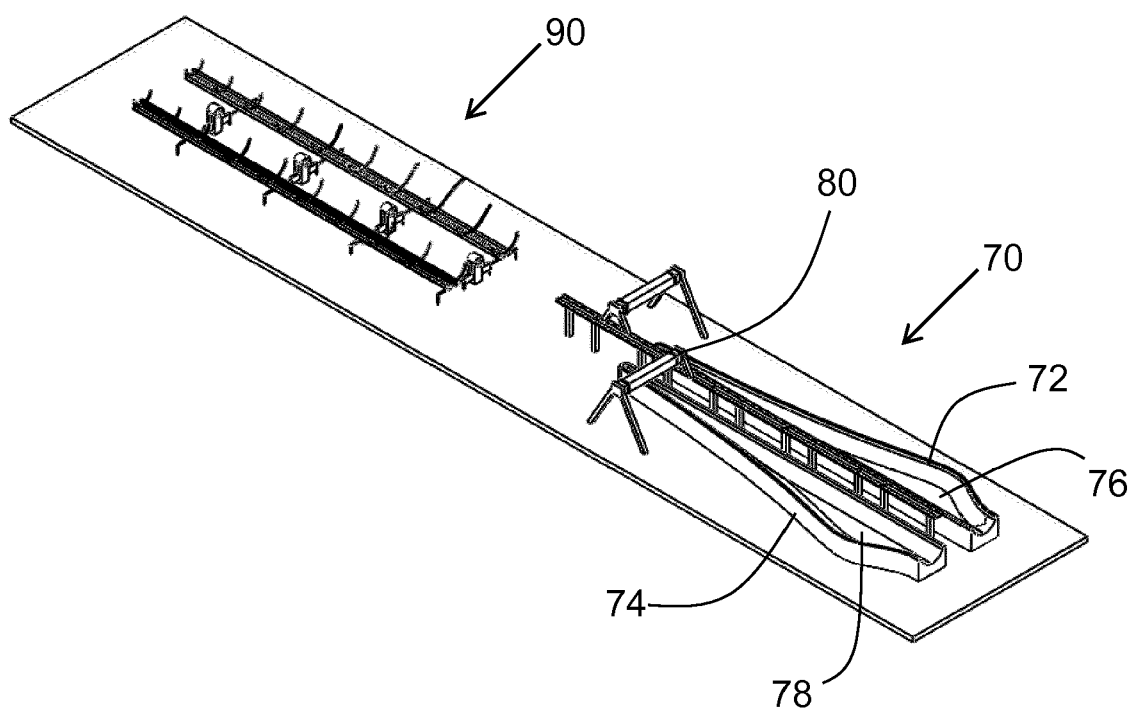


Fig. 4

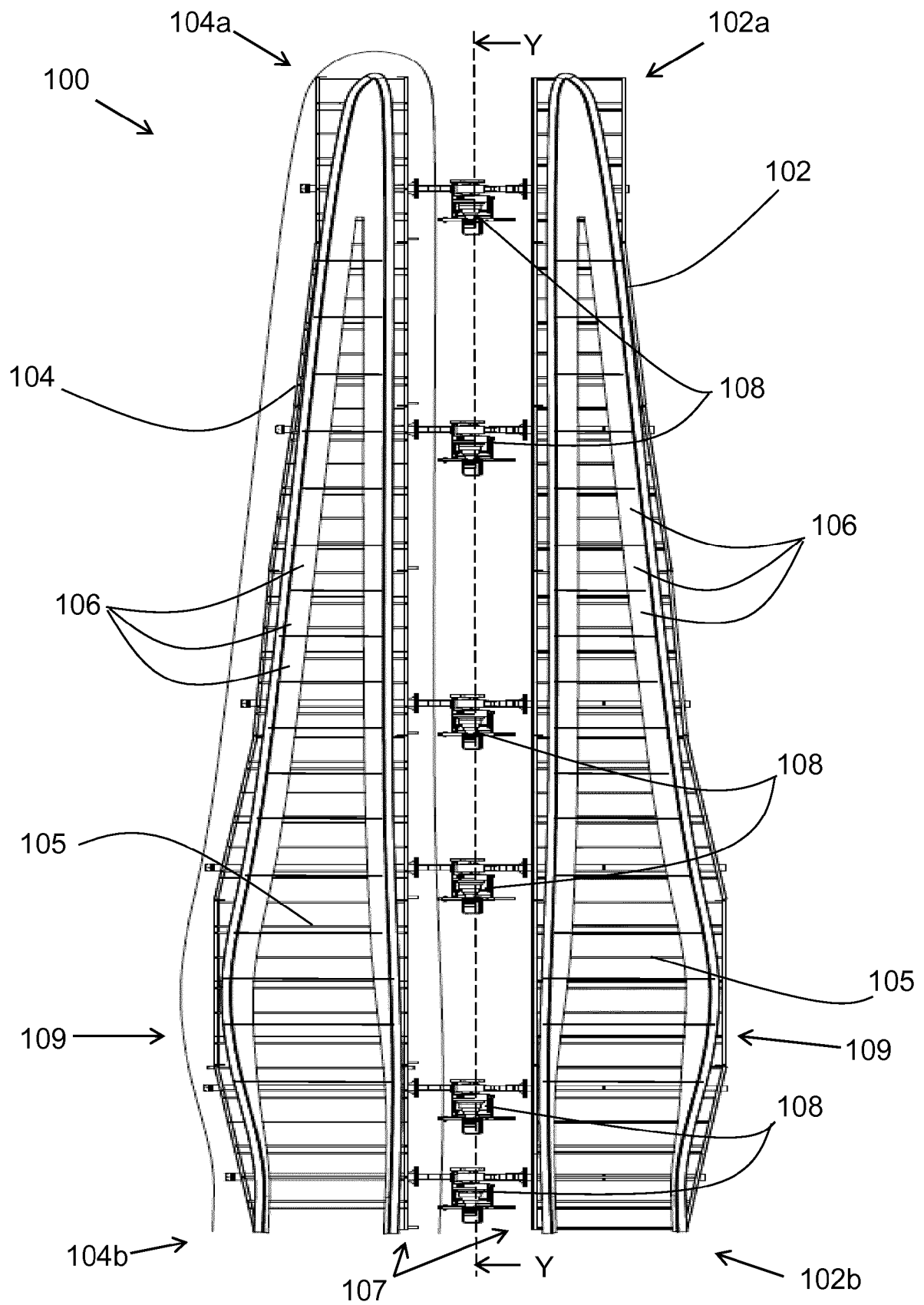


Fig. 5

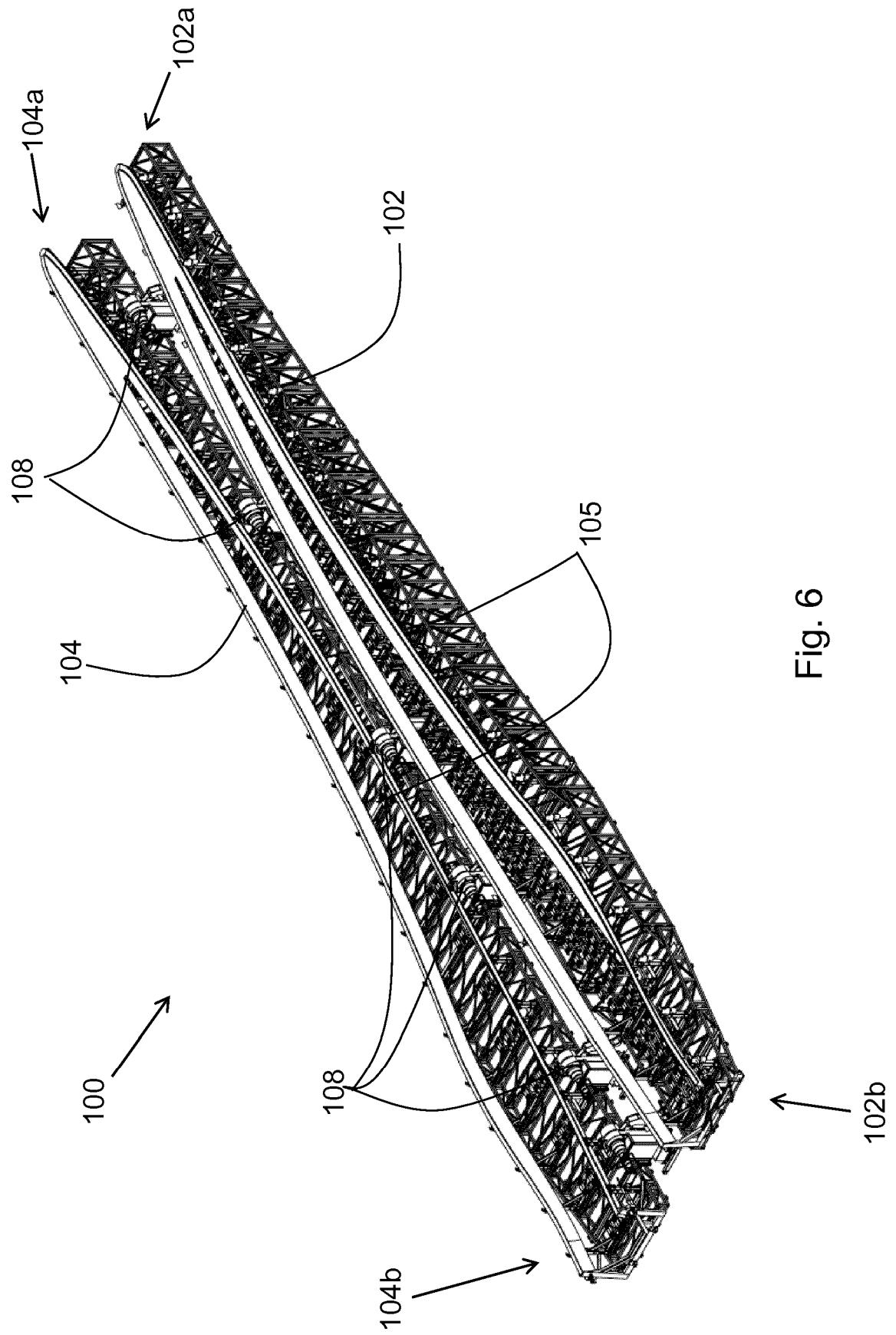


Fig. 6

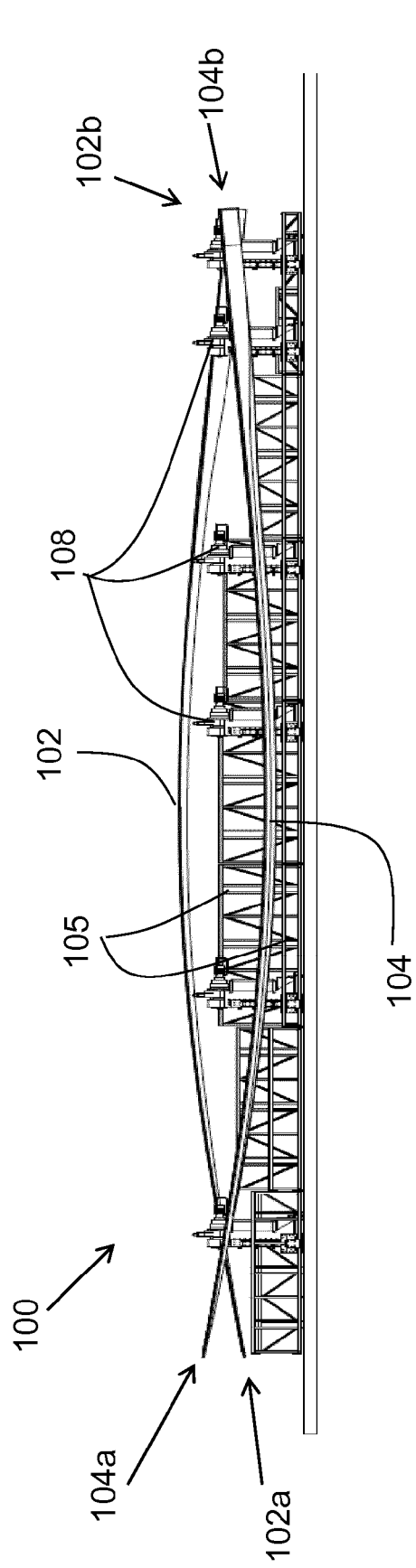


Fig. 7(a)

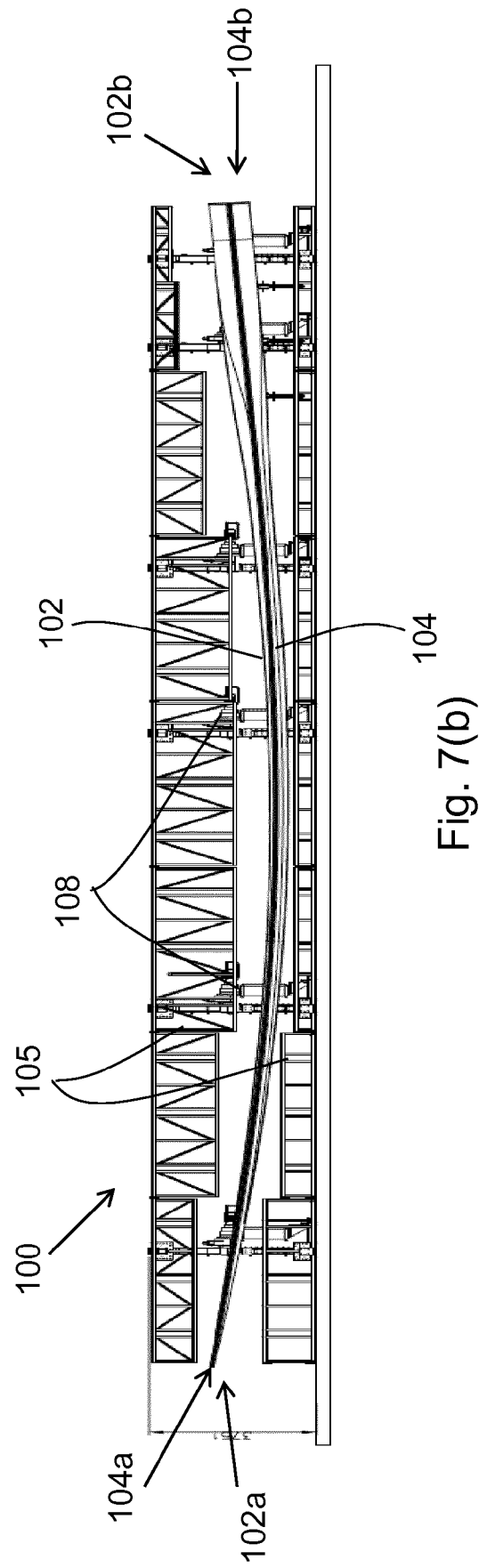
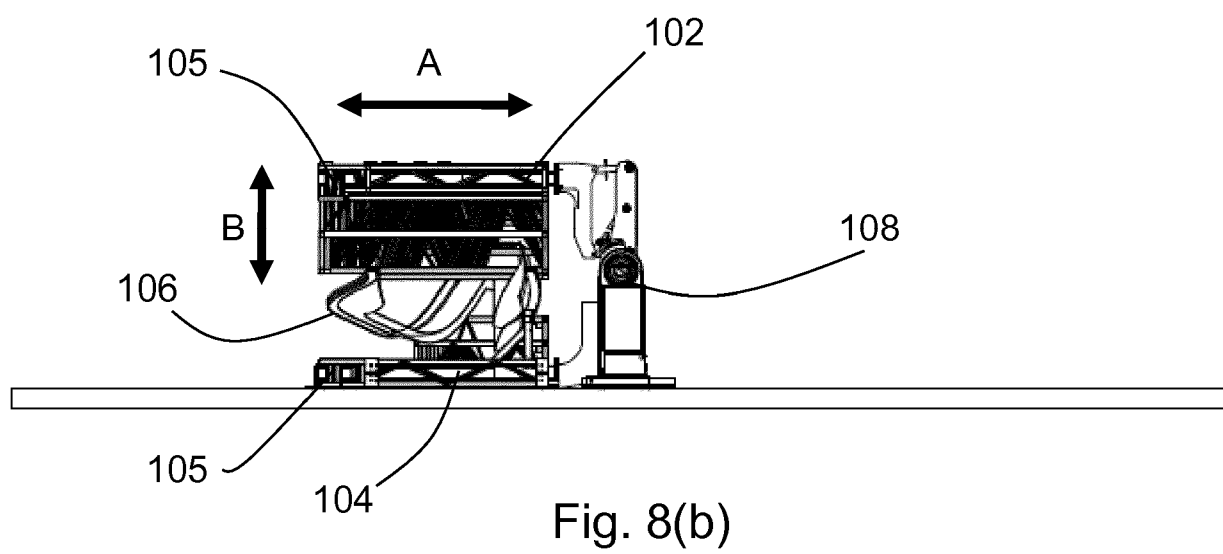
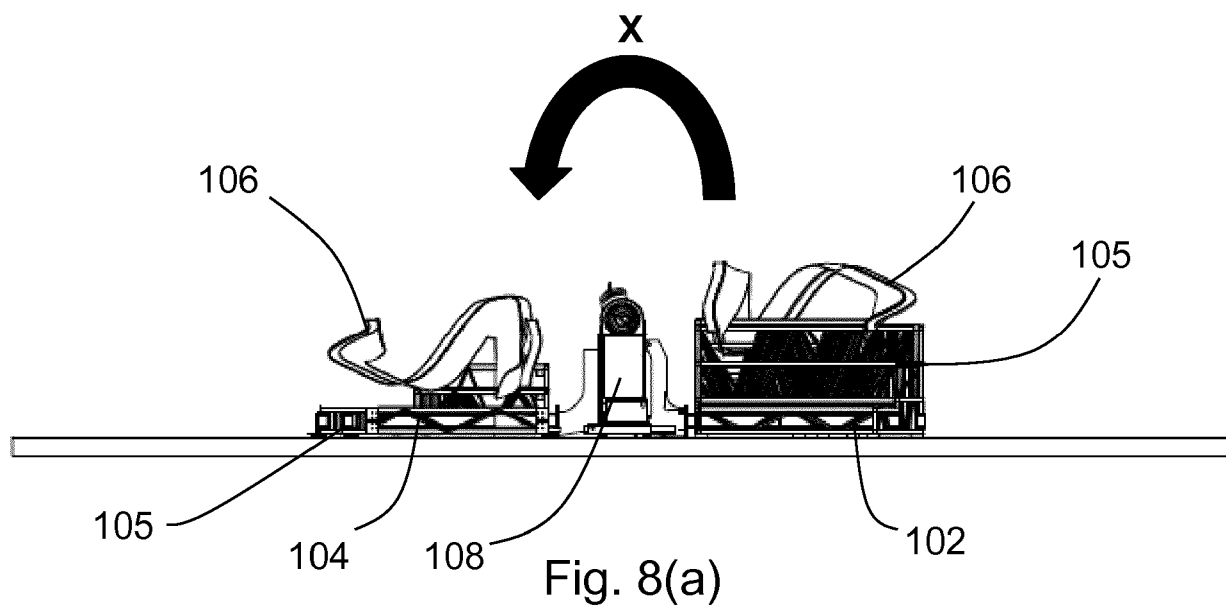


Fig. 7(b)



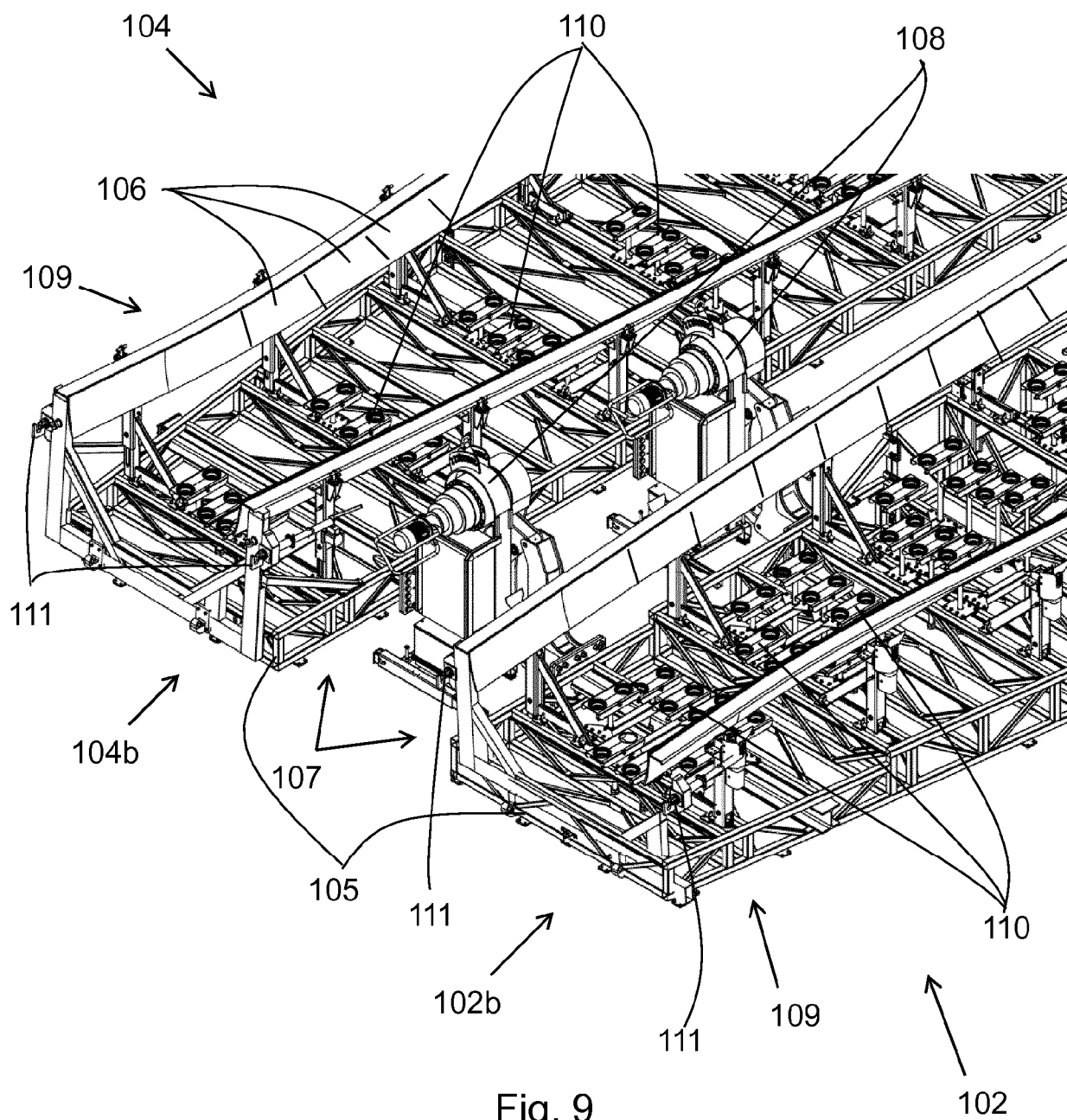


Fig. 9

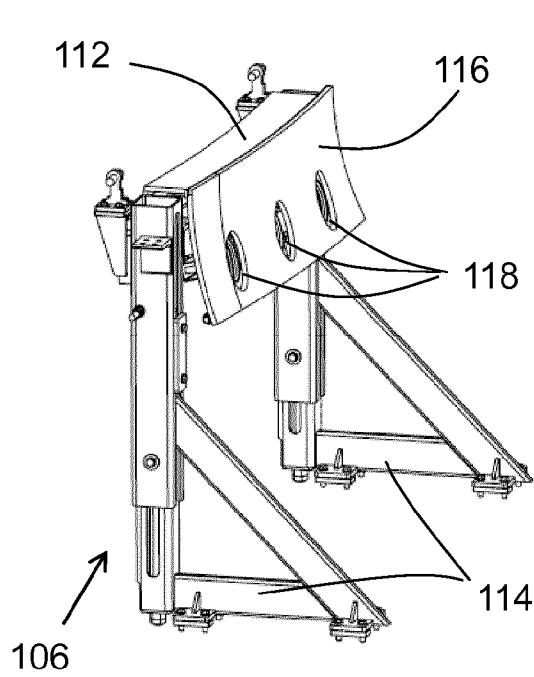


Fig. 10(a)

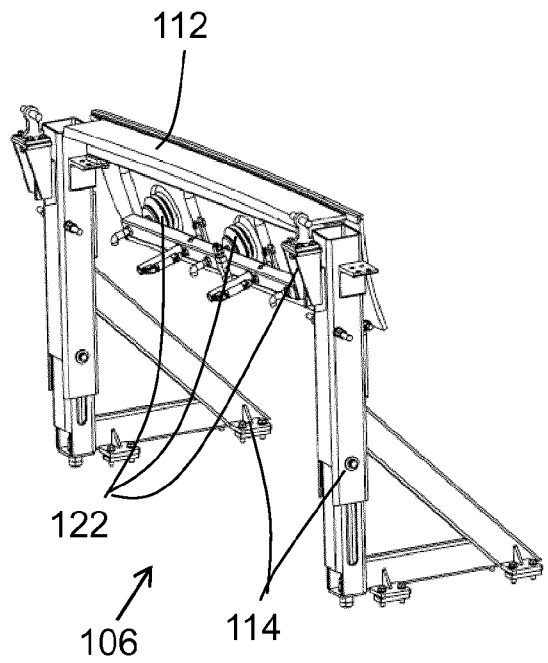


Fig. 10(b)

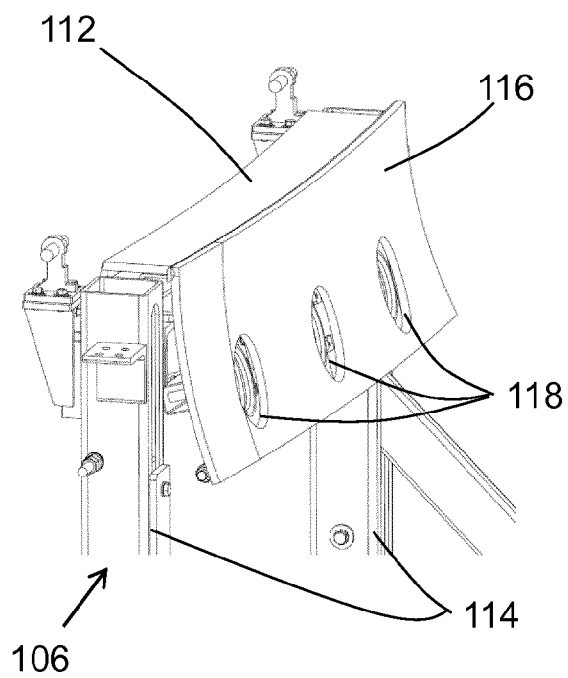


Fig. 11(a)

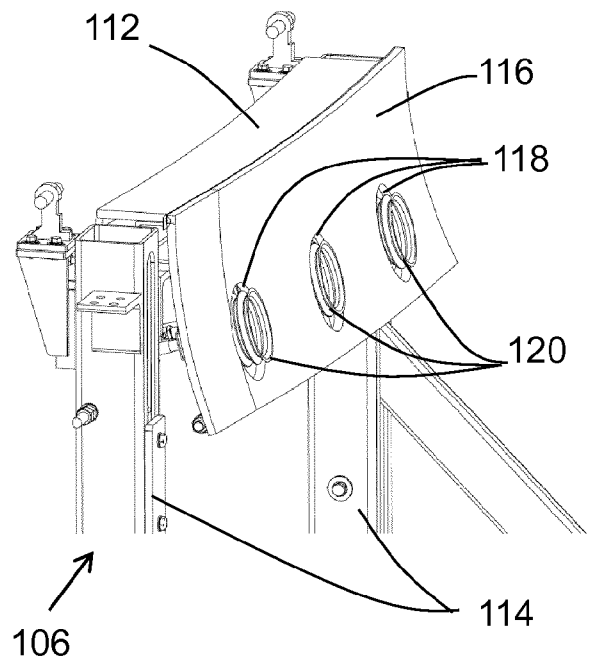
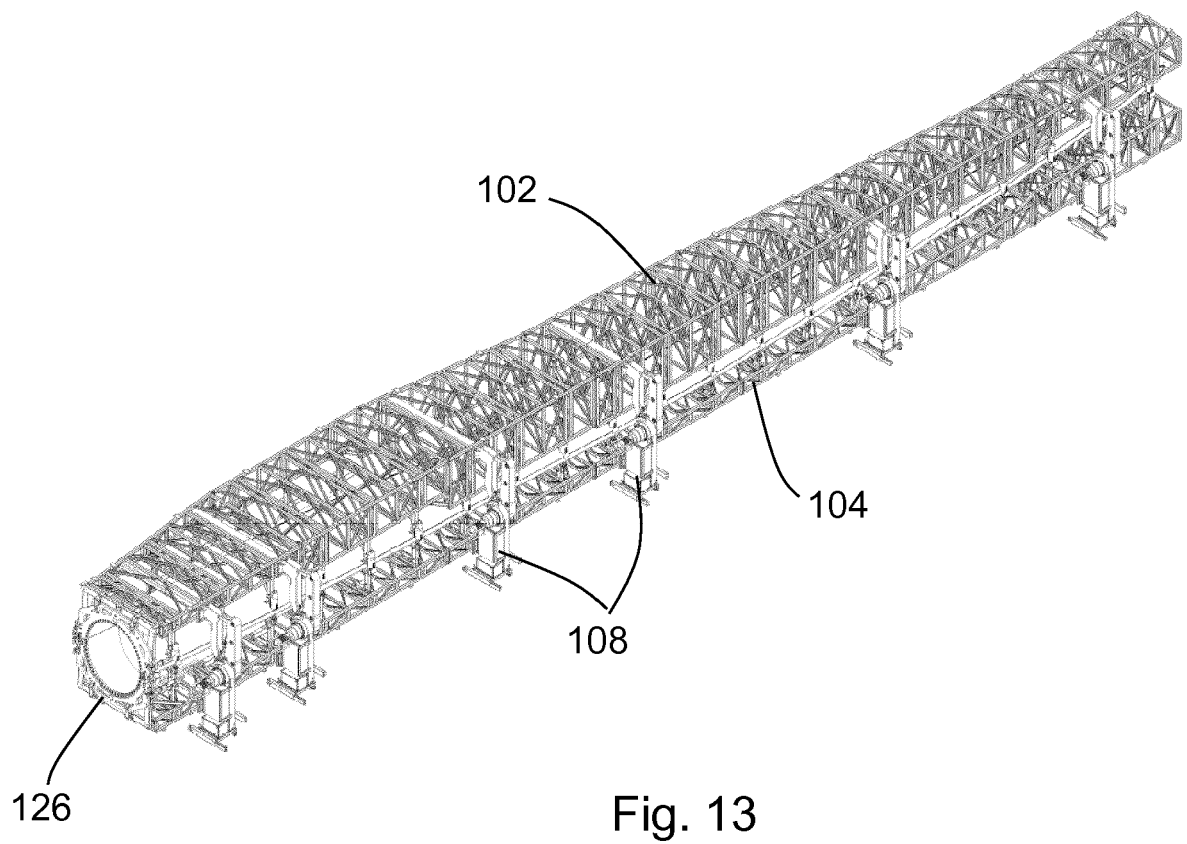
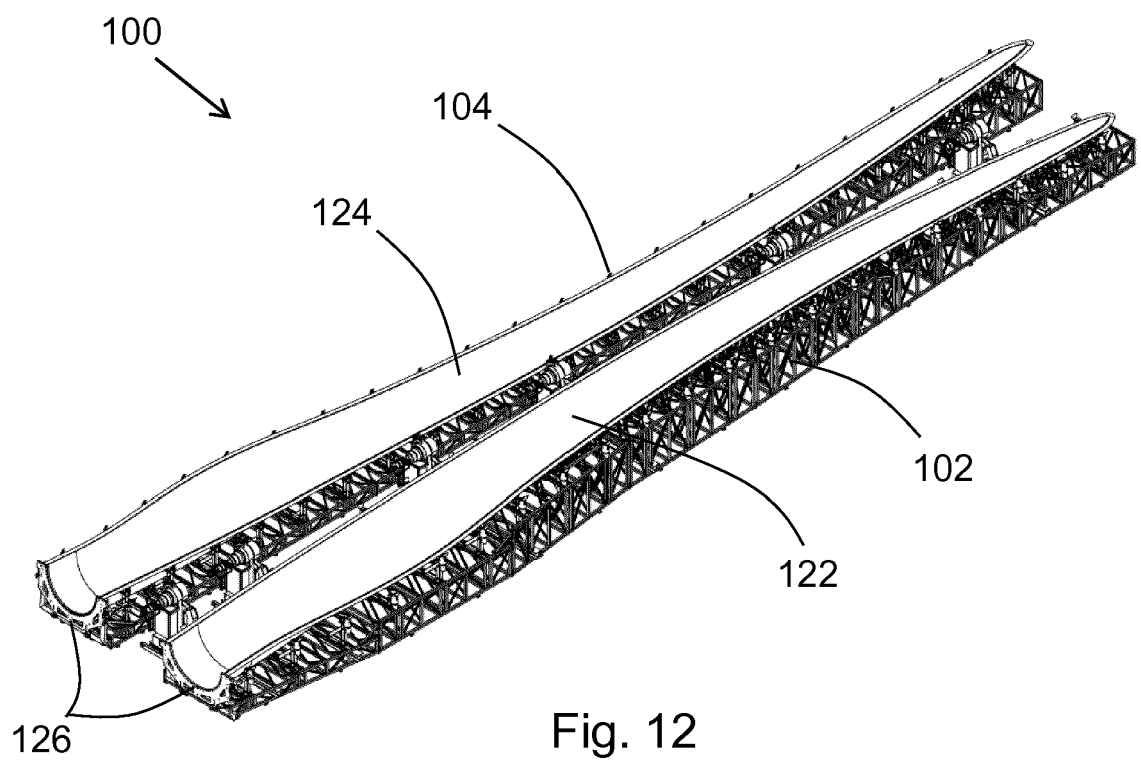


Fig. 11(b)



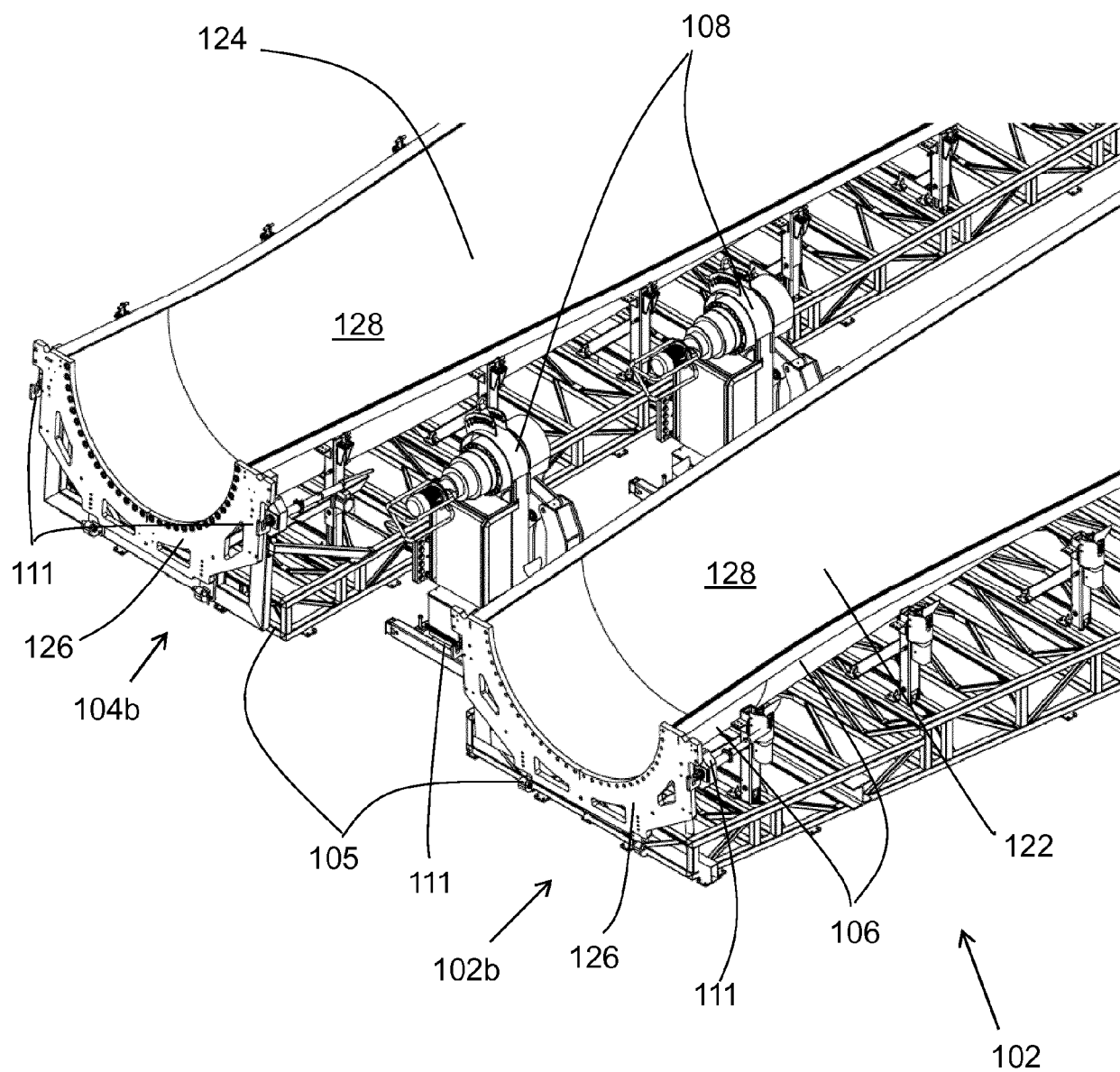


Fig. 14

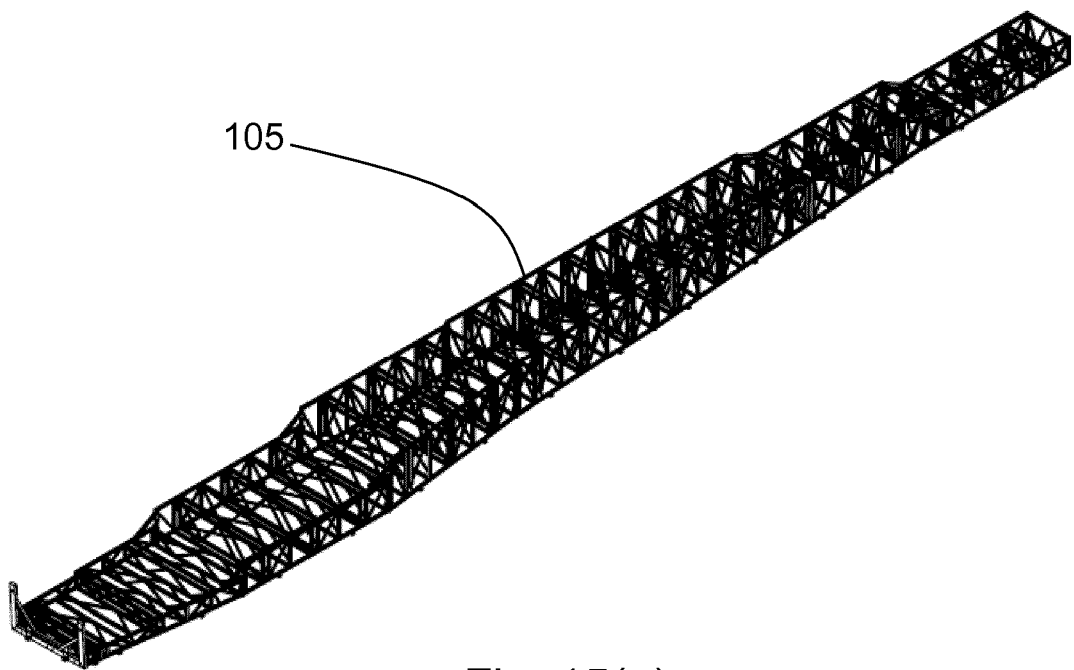


Fig. 15(a)

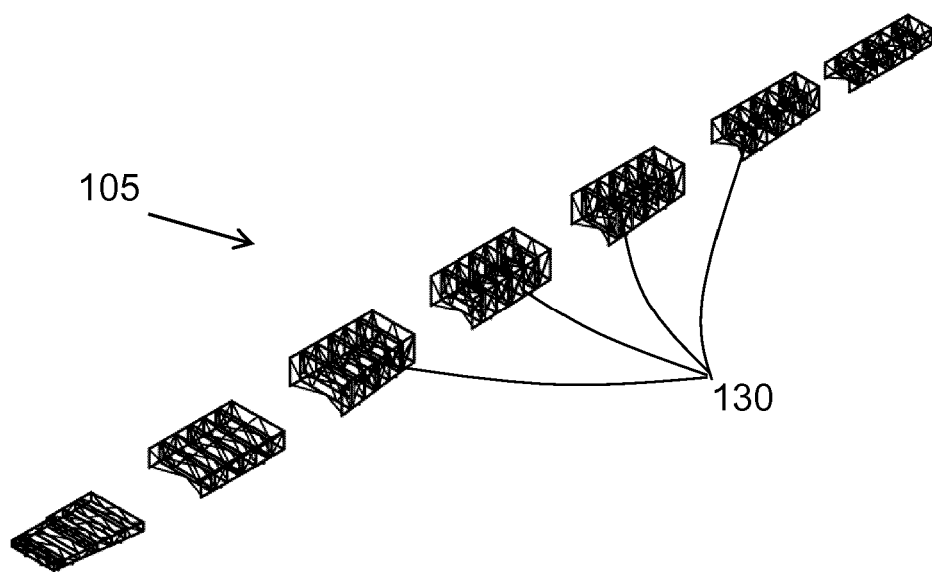


Fig. 15(b)

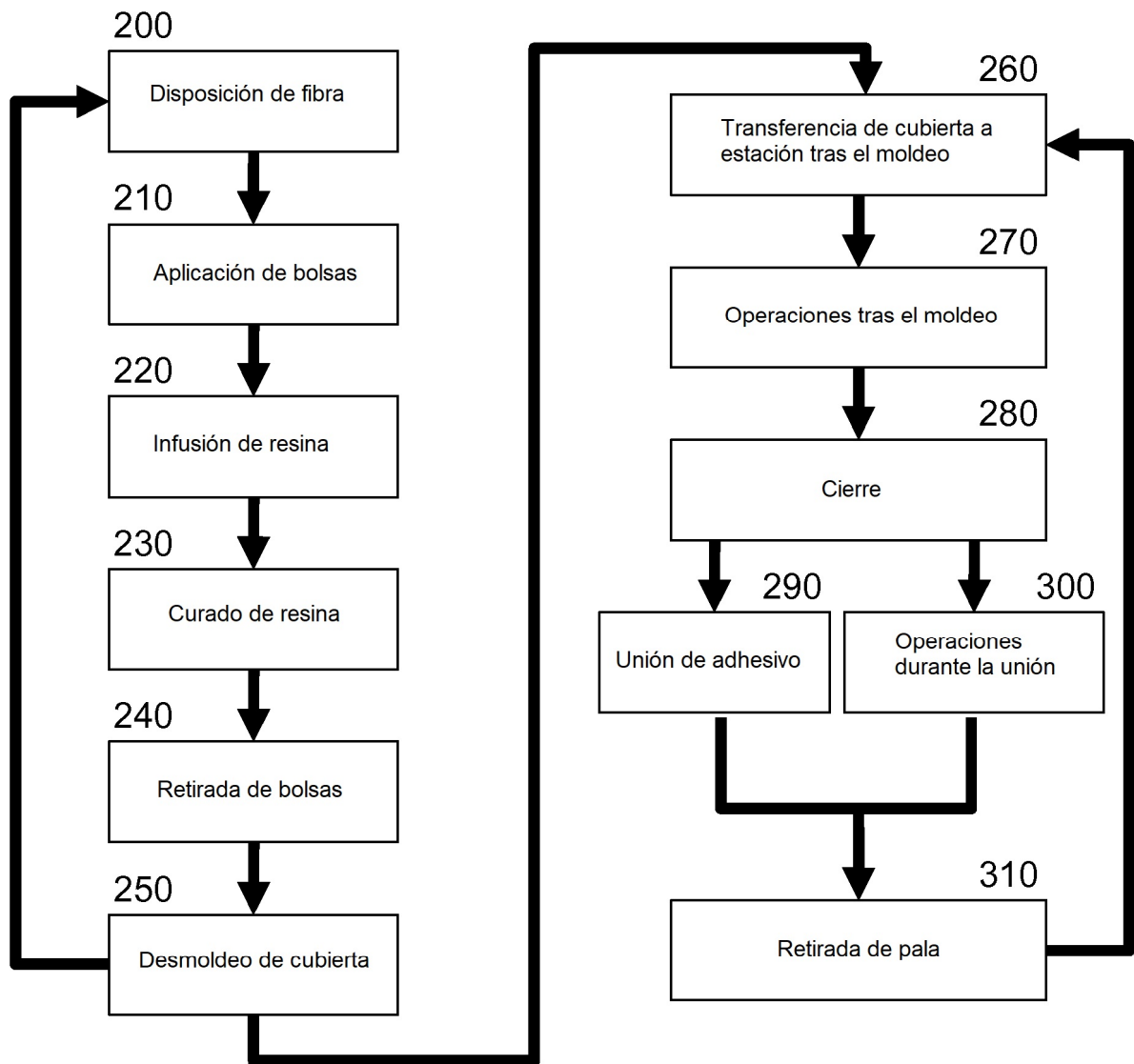


Fig. 16