

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 888 902**

51 Int. Cl.:

F03D 13/10 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2017 PCT/DK2017/050294**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2018 WO18050195**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2017 E 17768977 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.08.2021 EP 3513068**

54 Título: **Método para encajar una extensión de punta en una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

15.09.2016 IN 201611031521
03.11.2016 DK PA201670865

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.01.2022

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BARTON, LEON;
NIELSEN, KENNET HVID y
RAJAN, BINOY

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 888 902 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para encajar una extensión de punta en una pala de turbina eólica

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere generalmente a extensiones de punta para palas de turbina eólica, y en particular, a un método para encajar una extensión de punta en una pala de turbina eólica.

10 **Antecedentes**

Existe un deseo continuo de generar mayores niveles de potencia desde las instalaciones de producción de energía eólica existentes, como parques eólicos en tierra y en alta mar. Una manera de lograr esto es añadir turbinas eólicas adicionales a un parque eólico o reemplazar turbinas eólicas existentes por turbinas eólicas más grandes capaces de generar más potencia. Otra manera de lograr esto es aumentar la producción de potencia y captura de energía a partir de las turbinas existentes, por ejemplo, reemplazando las palas con palas más grandes. Sin embargo, como las palas de las turbinas eólicas son componentes caros, reemplazar las palas a menudo es prohibitivo en términos de coste.

20 Por lo tanto, se ha propuesto modificar las palas de las turbinas eólicas existentes añadiendo dispositivos a las palas. Por ejemplo, se conoce añadir dispositivos a las palas para aumentar las dimensiones de las palas. Un ejemplo de esto es una extensión de punta de pala, que puede proporcionarse en forma de un manguito o calcetín que encaja por encima de la punta de una pala y aumenta la longitud de la pala. Proporcionar extensiones de punta aumenta la longitud global de las palas y, por lo tanto, aumenta el área de barrido del rotor, permitiendo que la turbina eólica capture más energía del viento.

25 La instalación de extensiones de punta de pala es técnicamente desafiante. Las extensiones de punta deben encajarse con precisión en la pala y unirse firmemente. Como los dispositivos se instalan normalmente en palas de turbina eólica en el campo, el proceso se lleva a cabo por operarios que trabajan a una altura significativa con exposición a condiciones climáticas a menudo duras. Por lo tanto, es importante desarrollar procesos de unión que sean tanto sencillos como fiables.

30 El documento CN105822497 describe un método para montar una extensión de punta en una pala de turbina eólica.

35 **Sumario de la invención**

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para encajar una extensión de punta en una pala de turbina eólica según la reivindicación 1.

40 El rotor de turbina eólica está dispuesto preferiblemente de manera que la pala de rotor en la que va a encajarse la extensión de punta está apuntando hacia abajo, y de manera preferiblemente sustancial en una posición de las seis en punto. Esto minimiza la altura sobre el suelo a la que va a encajarse la extensión de punta. El proceso de instalación puede implicar el uso de un andamio colgante, por ejemplo, en el extremo de un brazo articulado, para elevar el personal hasta la pala para instalar la abrazadera de pala. Con la pala apuntando verticalmente hacia abajo, puede tirarse de la extensión de punta generalmente hacia arriba por encima del extremo de punta de la pala.

45 Las barras de conexión proporcionan ventajosamente un medio de conexión relativamente de bajo coste y simple pero fiable entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación.

50 El método puede comprender disponer un dispositivo de elevación entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación de extensión de punta. El dispositivo de elevación puede hacerse funcionar para elevar la herramienta de elevación y la extensión de punta soportada hacia la abrazadera de pala. El dispositivo de elevación puede comprender uno o más polipastos de trinquete. Los polipastos de trinquete pueden estar conectados entre los cáncamos de elevación de la abrazadera de pala y la herramienta de elevación, respectivamente.

55 El dispositivo de elevación puede comprender adicional o alternativamente un cabrestante. El cabrestante está ubicado preferiblemente cerca de la base de la torre de turbina eólica. Por ejemplo, el cabrestante puede ubicarse preferiblemente en el suelo, o en el caso de una turbina eólica de alta mar, el cabrestante puede estar ubicado en la plataforma de cimentación de turbina eólica o en una embarcación situada en el mar. La abrazadera de pala puede estar dotada de una o más poleas. Pueden extenderse cables hacia arriba desde el cabrestante, alrededor de la una o más poleas, y hacia abajo hasta la herramienta de elevación. El cabrestante puede hacerse funcionar convenientemente desde el suelo con el fin de elevar la herramienta de elevación y la extensión de punta soportada hasta la pala de turbina eólica.

60 La herramienta de elevación de extensión de punta puede comprender una o más almohadillas de presión ajustables. Las almohadillas de presión pueden estar dispuestas para soportar la extensión de punta. Por ejemplo, las almohadillas de presión pueden entrar en contacto con una superficie externa de la extensión de punta,

preferiblemente en ambos lados de la extensión de punta. El método puede comprender ajustar las almohadillas de presión para mover la extensión de punta dentro de la herramienta de elevación. Esto permite que la extensión de punta se mueva en relación con la herramienta de elevación cuando la herramienta de elevación está conectada a la abrazadera de pala. De esta manera, puede ajustarse la alineación precisa entre la extensión de punta y la pala. Las almohadillas de presión están dispuestas preferiblemente de manera que el ajuste de las almohadillas de presión provoca que la extensión de punta se mueva en relación con la pala sustancialmente en una dirección en el sentido de la aleta. Como conocen los expertos en la técnica, la dirección en el sentido de la aleta es perpendicular a las direcciones tanto en el sentido de la cuerda como en el sentido de la envergadura de una pala.

El extremo de punta de la pala puede incluir un conector de punta de pala. El conector de punta de pala proporciona preferiblemente una conexión eléctrica (es decir, una conducción conductora) a un sistema de protección contra rayos de la pala. La extensión de punta también puede incluir componentes de protección contra rayos tales como uno o más receptores de rayos. Puede proporcionarse un conector de extensión de punta dentro de la extensión de punta. El conector de extensión de punta se ubica preferiblemente dentro del conector de manera que se alinea con el conector de punta de pala cuando la extensión de punta se encaja en la pala. Los dos conectores forman preferiblemente una conexión de encaje por empuje. El método puede comprender establecer una conexión de encaje por empuje dentro de la extensión de punta entre los respectivos conectores ajustando el dispositivo de conexión. Cuando los conectores están conectados, los componentes de protección contra rayos de la extensión de punta están conectados al sistema de protección contra rayos existente de la pala.

El método puede comprender proporcionar la herramienta de elevación de extensión de punta y la abrazadera de pala en forma de un kit de herramientas en el que la abrazadera de pala se conecta a la herramienta de elevación de extensión de punta por medio del dispositivo de conexión. El método puede comprender además desunir la abrazadera de pala de la herramienta de elevación de extensión de punta antes de unir la abrazadera de pala a la pala. Por lo tanto, el dispositivo de conexión puede servir tanto para conectar la abrazadera de pala como la herramienta de elevación juntas en el kit de herramientas, y también para proporcionar la conexión ajustable entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación utilizada durante el encaje de la extensión de punta.

Puede proporcionarse un aparato para su uso en el encaje de una extensión de punta en una pala de turbina eólica, comprendiendo el aparato: una herramienta de elevación de extensión de punta que comprende un almacén de soporte para soportar la extensión de punta; una abrazadera de pala para unirse a la pala de turbina eólica; y un dispositivo de conexión para conectar la abrazadera de pala a la herramienta de elevación de extensión de punta, en el que el dispositivo de conexión puede ajustarse para variar la separación entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación cuando la abrazadera de pala y la herramienta de elevación están conectadas.

El aparato se denomina en el presente documento kit de herramientas, y comprende los componentes principales usados en el proceso de instalación de extensión de punta, que pueden conectarse convenientemente entre sí para facilitar la manipulación y el transporte del equipo. El kit de herramientas comprende preferiblemente un conjunto de rueda. El conjunto de rueda puede unirse a la herramienta de elevación de extensión de punta. El conjunto de rueda facilita el manejo del kit de herramientas y también facilita el proceso inicial de elevación del dispositivo de elevación de extensión de punta desde una posición horizontal a una vertical. El conjunto de rueda puede desunirse de la herramienta de elevación antes de elevar la herramienta de elevación del suelo.

El almacén de soporte de la herramienta de elevación tiene preferiblemente un diseño de concha de almeja. El almacén de soporte comprende preferiblemente mitades de barlovento y sotavento que están conectadas de manera pivotante a lo largo de un lado del almacén de soporte. Al pivotar las mitades de barlovento o sotavento del almacén se permite que el almacén de soporte se abra o se cierre. El almacén de soporte puede abrirse para recibir la extensión de punta y cerrarse para formar una abrazadera alrededor de la extensión de punta.

La abrazadera de pala tiene preferiblemente un diseño de concha de almeja. La abrazadera de pala comprende preferiblemente mitades de barlovento y sotavento que están conectadas de manera pivotante a lo largo de un lado de la abrazadera de pala. Al pivotar las mitades de barlovento o sotavento de la abrazadera de pala se permite que la abrazadera de pala se abra o se cierre. La abrazadera de pala puede abrirse para unirse a o desunirse de la pala y cerrarse para formar una abrazadera alrededor de la pala.

Como se comentó anteriormente en el contexto del método, la herramienta de elevación de extensión de punta puede comprender además una pluralidad de almohadillas de presión ajustables. Las almohadillas de presión son preferiblemente móviles en relación con el almacén de soporte para ajustar la posición de la extensión de punta con respecto al almacén de soporte. Las almohadillas de presión pueden montarse en miembros longitudinales del almacén de soporte. Las almohadillas de presión pueden moverse preferiblemente hacia dentro y hacia fuera con respecto al interior del almacén de soporte. Las almohadillas de presión tienen preferiblemente una superficie de caucho, que agarra ventajosamente la superficie de la extensión de punta sin dañar la superficie.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una turbina eólica que comprende una pluralidad de palas dotadas de extensiones de punta;

- la figura 2 muestra una extensión de punta para encajarse en una pala de turbina eólica;
- 5 la figura 3 muestra un kit de herramientas de instalación de extensión de punta que comprende una herramienta de elevación de extensión de punta y una abrazadera de pala;
- la figura 4 es una vista en perspectiva de la herramienta de elevación de extensión de punta en aislamiento;
- 10 la figura 5 es una vista en perspectiva de la abrazadera de pala en aislamiento;
- la figura 6 muestra una herramienta de elevación de extensión de punta en una configuración abierta lista para recibir la extensión de punta;
- 15 la figura 7 muestra la extensión de punta colocada en la herramienta de elevación con la herramienta de elevación en la configuración abierta;
- la figura 8 muestra la herramienta de elevación cerrándose alrededor de la extensión de punta;
- 20 la figura 9 muestra el extremo de punta de la pala dispuesta en un andamio colgante para facilitar la preparación de la pala para el encaje de la extensión de punta;
- la figura 10a muestra una punta de metal sólida de la pala que se retira antes de encajar la extensión de punta;
- 25 la figura 10b muestra barreras de adhesivo aplicadas al extremo de punta de la pala antes de encajar la extensión de punta;
- las figuras 11 y 12 muestran la abrazadera de pala montada en la pala antes de encajar la extensión de punta;
- 30 la figura 13 muestra polipastos de trinquete unidos a la abrazadera de pala;
- la figura 14 muestra cadenas de los polipastos de trinquete extendidas y fijadas temporalmente a la pala;
- la figura 15 muestra la herramienta de elevación unida a un polipasto de elevación;
- 35 la figura 16 muestra un conjunto de rueda desuniéndose de la herramienta de elevación;
- la figura 17 muestra la extensión de punta encajándose por encima de la punta de la pala;
- 40 la figura 18 muestra las cadenas de trinquete unidas a la herramienta de elevación;
- la figura 19 ilustra los polipastos de trinquete haciéndose funcionar para tirar más de la extensión de punta por encima de la pala;
- 45 la figura 20 ilustra las barras de conexión conectándose entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación de extensión de punta;
- la figura 21 muestra las barras de conexión girándose para atraer la herramienta de elevación de extensión de punta más cerca de la abrazadera de pala;
- 50 las figuras 22 y 22a ilustran una conexión eléctrica dentro de la extensión de punta entre los componentes de protección contra rayos de la pala y la extensión de punta;
- las figuras 23 y 23a ilustran la extensión de punta alineándose con la pala mediante ajuste de almohadillas de presión de la herramienta de elevación;
- 55 las figuras 24 y 24a muestran adhesivo inyectándose a través de orificios de inyección proporcionados en la extensión de punta;
- 60 la figura 25 muestra la abrazadera de pala y la herramienta de elevación liberándose de la extensión de pala y la punta respectivamente;
- la figura 26 ilustra esquemáticamente un ejemplo alternativo de la invención en el que se usa un cabrestante situado en el suelo para elevar la extensión de punta.
- 65

Descripción detallada

La figura 1 es una vista esquemática de una turbina eólica de eje horizontal 10 según una realización de la presente invención. La turbina eólica 10 comprende una torre 12 que soporta una góndola 14. Un rotor 16 está montado en la góndola 14. El rotor 16 comprende una pluralidad de palas de turbina eólica 18. En este ejemplo, el rotor 16 comprende tres palas 18, pero en otras realizaciones, el rotor 16 puede tener cualquier número de palas 18. Un extremo de punta 19 de cada pala 18 se retroajusta con una extensión de punta de pala (BTE) 20, que extiende la longitud efectiva de la pala 18.

La figura 2 muestra una extensión de punta de pala 20 en aislamiento. La extensión de punta de pala 20 comprende una carcasa externa 28 que define un interior sustancialmente hueco 29 para albergar el extremo de punta 19 de una pala de turbina eólica 18 (véase la figura 1). La carcasa externa 28 preferiblemente está hecha principalmente de materiales compuestos, por ejemplo, plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP). La extensión de punta 20 tiene forma de calcetín, y comprende un extremo interior 30 y un extremo exterior 32. Cuando se encaja en la pala 18, el extremo interior 30 de la extensión de punta 20 está ubicado más cerca de una raíz 33 (véase la figura 1) de la pala 18 que el extremo exterior 32. El extremo interior 30 de la extensión de punta 20 está abierto para recibir el extremo de punta 19 de la pala 18 que va a extenderse. El extremo exterior 32 de la extensión de punta 20 está cerrado y comprende una punta 36, que forma la punta de la pala extendida 18 cuando se encaja la extensión de punta 20.

La carcasa externa 28 de la extensión de punta 20 se extiende longitudinalmente en una dirección longitudinal ('en el sentido de la envergadura') S entre el extremo de raíz abierto 30 hacia la punta 36, y se extiende transversalmente en una dirección en el sentido de la anchura ('en el sentido de la cuerda') C entre un borde de ataque 38 y un borde de salida 40. La carcasa externa 28 define un perfil aerodinámico en sección transversal. La carcasa externa comprende un lado de barlovento 42 (también denominado lado de presión), y un lado de sotavento (también denominado lado de succión). Solo el lado de barlovento 42 puede verse en la figura 2. La punta 36 de la extensión de punta 20 está curvada en este ejemplo de manera que está en ángulo en sentido contrario de la torre de turbina eólica 12 (véase la figura 1) cuando la extensión de punta 20 se une a la pala 18. Esto evita el riesgo de que la pala extendida 18 golpee la torre 12 en uso cuando se somete a cargas de flexión. En otras realizaciones, la extensión de punta 20 puede ser recta.

Aunque no se muestra en la figura 2, la extensión de punta 20 puede incluir opcionalmente componentes de un sistema de protección contra rayos, por ejemplo, uno o más receptores de rayos. La extensión de punta 20 también puede incluir un conector 44 (mostrado en la figura 22a) dispuesto dentro de la extensión de punta 20, que se conecta a un conector 46 correspondiente (también mostrado en la figura 22a) en la pala 18, cuando se instala la extensión de punta 20. Los conectores 44, 46 permiten que los componentes de protección contra rayos de la extensión de punta 20 se enchufen en el sistema de protección contra rayos existente en la pala 18. Preferiblemente, se forma una conexión de encaje por empuje entre los conectores 44, 46.

Haciendo referencia a la figura 3, esta muestra un kit de herramientas 50 empleado en la instalación o el encaje de la extensión de punta 20 en una pala de turbina eólica 18. El kit de herramientas 50 comprende una herramienta de elevación de extensión de punta 52 y una abrazadera de pala 54. En este ejemplo, el kit de herramientas 50 también comprende un conjunto de rueda opcional 56. La abrazadera de pala 54 y el conjunto de rueda 56 pueden conectarse cada uno a la herramienta de elevación 52, pudiendo conectarse la abrazadera de pala 54 a un extremo de la herramienta de elevación 52 y pudiendo conectarse el conjunto de rueda 56 al otro extremo. Conectar las diversas partes 52, 54, 56 juntos facilita el transporte, la manipulación y el almacenamiento del kit de herramientas 50, y proporciona convenientemente una sola unidad que comprende los componentes principales utilizados cuando se encaja la extensión de punta 20 en la pala 18.

La figura 4 es una vista en perspectiva de la herramienta de elevación de extensión de punta 52 en aislamiento. La herramienta de elevación 52 comprende generalmente un almacén de soporte 58 para sostener y soportar la extensión de punta 20 durante la elevación de la extensión de punta 20 y cuando se encaja la extensión de punta 20 en la pala 18. El almacén de soporte 58 tiene un diseño de concha de almeja, que comprende mitades de barlovento y sotavento 60, 62 que están conectadas de manera pivotante por una conexión articulada 64. La conexión articulada 64 está en un lado del almacén 58 (en este ejemplo, en un lado de borde de ataque 66 del almacén 58). La conexión articulada 64 entre las mitades de almacén 60, 62 permite que la mitad del almacén (en este caso la mitad de barlovento 60) pivote con respecto a la otra mitad (en este caso la mitad de sotavento 62) de modo que el almacén 58 pueda abrirse o cerrarse. En este ejemplo, la mitad de almacén de barlovento 60 pivota alrededor de un carril 67 que se extiende longitudinalmente a lo largo del lado de borde de ataque 66 del almacén de soporte 58.

En este ejemplo, el almacén de soporte 58 comprende dos secciones longitudinales: una sección interior 68 y una sección exterior 70. La sección interior 68 está configurada para soportar una parte relativamente interior de la extensión de punta 20, cerca del extremo abierto 30 de la extensión de punta 20, mientras que la sección exterior 70 está configurada para soportar una parte relativamente exterior de la extensión de punta 20 más cercana a la punta 36 de la extensión de punta 20. Las secciones interior y exterior 68, 70 del almacén de soporte 58 puede abrirse y cerrarse independientemente una de la otra. En otras realizaciones, el almacén 58 puede comprender una única sección longitudinal, o más de dos secciones longitudinales. Formar el almacén 58 en múltiples secciones longitudinales puede ser ventajoso porque permite que se personalice la forma de las secciones 68, 70 para encajar con el perfil aerodinámico local de la extensión de punta 20, y reduce el peso de las secciones 68, 70 que van a

elevarse manualmente cuando se abre o se cierra el armazón 58.

5 Cuando están cerrados, las mitades de armazón de barlovento y sotavento 60, 62 pueden bloquearse entre sí mediante elementos de sujeción 72. En esta realización, los elementos de sujeción 72 tienen la forma de tuercas y pernos hexagonales. Como se muestra en la figura 4, pueden proporcionarse ojales 74a, 74b en un lado de borde de salida 76 de las mitades de armazón 60, 62. Los ojales 74a en las mitades de barlovento 60 del armazón 58 se alinean con los ojales 74b en las mitades de sotavento 62 del armazón 58 cuando el armazón de soporte 58 está cerrado. Los pernos hexagonales 72 se insertan a través de los ojales alineados 74a, 74b y las tuercas y arandelas se proporcionan en los extremos de los pernos hexagonales. Cuando se aprietan, las tuercas y pernos 72 sirven para bloquear el armazón 58 en la posición cerrada. En lugar de tuercas y pernos, en otras realizaciones pueden usarse otros elementos de sujeción adecuados y convenientes, tales como elementos de cierre.

15 La herramienta de elevación 52 también incluye una pluralidad de cáncamos de elevación 78, que se proporcionan en uno o ambos extremos de la herramienta 52. Como se describirá más adelante, los cáncamos de elevación 78 se utilizan cuando se eleva la herramienta de elevación 52 hasta una pala de turbina eólica 18 durante el encaje de la extensión de punta 20.

20 Haciendo referencia ahora a la figura 5, esta muestra la abrazadera de pala 54 del kit de herramientas 50. Como se describirá más adelante, la abrazadera de pala 54 se encaja en la pala de turbina eólica 18 para extenderse antes de unir la extensión de punta 20. La abrazadera de pala 54 también tiene un diseño de concha de almeja, e incluye mitades de barlovento y sotavento 80, 82, que están articuladas juntas a lo largo de un lado (en este caso a lo largo de un lado de borde de ataque 84), permitiendo que la abrazadera 54 se abra y se cierre. Similar a la herramienta de elevación 52 comentada anteriormente, la abrazadera 54 puede sujetarse en la posición cerrada mediante uno o más elementos de sujeción 86 (en este caso una tuerca y perno hexagonal) que se extienden a través de ojales alineados 88, proporcionados en un lado de borde de salida 90 de la abrazadera 54. Pueden proporcionarse almohadillas (no mostradas) en las superficies interiores 92 de la abrazadera 54 para engancharse con la pala 18. Las almohadillas 92, que están hechas preferiblemente de caucho, proporcionan agarre e impiden que la abrazadera 54 dañe la superficie de la pala 18.

30 La abrazadera 54 incluye un dispositivo de conexión 94a, 94b, que en este ejemplo tiene la forma de un par de barras de conexión. Las barras de conexión 94a, 94b se usan para conectar la abrazadera 54 a la herramienta de elevación 52 en el kit de herramientas 50, y también se usan para fijar la abrazadera 54 a la herramienta de elevación 52 durante el encaje de la extensión de punta 20 como se describirá más adelante. Las barras de conexión 94a, 94b en este ejemplo son en forma de barras de perno. Se proporciona una primera barra 94a en el lado de borde de ataque 84 de la abrazadera 54 y se proporciona una segunda barra 94b en un lado de borde de salida 90 de la abrazadera 54. La primera barra 94a se extiende longitudinalmente a lo largo del eje de pivote 96 entre las mitades de barlovento y sotavento 80, 82 de la abrazadera 54. La segunda barra 94b se extiende longitudinalmente a través de la mitad de sotavento 82 de la abrazadera 54.

40 Las barras 94a, 94b se extienden cada una a través de los respectivos manguitos longitudinales 98 y las aberturas 100 de la abrazadera 54. Las aberturas 100 se proporcionan en los respectivos extremos interior y exterior 102, 104 de la abrazadera 54, y los manguitos 98 se extienden entre los extremos interior y exterior 102, 104. Extremos libres 106 de las barras 94a, 94b sobresalen longitudinalmente más allá de la abrazadera de pala 54 cuando las barras 94a, 94b están completamente insertadas a través de las aberturas 100 y los manguitos 98 de la abrazadera 54. Los extremos libres 106 de las barras 94a, 94b incluyen roscas de tornillo (no mostradas), que se enganchan con aberturas roscadas 108 en la herramienta de elevación de extensión de punta 52 (véase la figura 4) cuando la abrazadera 54 se conecta a la herramienta de elevación 52. Cuando las barras 94a, 94b se enganchan con la herramienta de elevación 52, pueden ajustarse (por giro) para variar la separación entre la abrazadera de pala 54 y la herramienta de elevación 52.

50 La abrazadera de pala 54 también incluye una pluralidad de cáncamos 110, que se proporcionan en uno o ambos extremos 102, 104 de la abrazadera 54. Como se describirá más adelante, los cáncamos 110 se utilizan para operaciones de elevación y para unir líneas de seguridad a la abrazadera 54.

55 El proceso de encajar una extensión de punta 20 en una pala de turbina eólica 18 utilizando el kit de herramientas 50 se describirá ahora con referencia a las figuras restantes.

60 Haciendo referencia a la figura 6, esta muestra una realización del kit de herramientas de extensión de punta 50 con la abrazadera de pala 54 retirada y en la que la herramienta de elevación de extensión de punta 52 se muestra en una configuración abierta lista para recibir la extensión de punta 20 (no mostrada). En la configuración abierta, las mitades de barlovento 60 del armazón de soporte 58 se hacen pivotar en sentido contrario de las mitades de sotavento 62, de manera que puede accederse al interior del armazón de soporte 58.

65 Como se muestra en la figura 6, las mitades de barlovento y sotavento 60, 62 de la herramienta de elevación de extensión de punta 52 en esta realización incluyen una pluralidad de almohadillas de presión 112. Las almohadillas de presión 112 entran en contacto y soportan los lados de barlovento y sotavento de la extensión de punta 20 cuando

la extensión de punta 20 se soporta en el armazón 58. Las almohadillas de presión 112 están hechas de caucho u otro material adecuado que puede proporcionar agarre mientras impide daños a la superficie de la extensión de punta 20. Las almohadillas de presión 112 en este ejemplo están conectadas cada una independientemente a los miembros longitudinales 114 del armazón de soporte 58 por medio de elementos de sujeción ajustables 116, en este caso, 5 pernos. Los elementos de sujeción 116 pueden ajustarse para variar las posiciones de las almohadillas de presión 112 con respecto al armazón de soporte 58. Las almohadillas de presión 112 pueden moverse de manera continua entre las posiciones más interna y más externa en relación con los miembros longitudinales 114 del armazón 58. Esto permite que la herramienta de elevación 52 se ajuste para soportar extensiones de punta 20 de diversas formas y tamaños. Como se describirá más adelante, las almohadillas de presión ajustables 112 también permiten un ajuste 10 posicional preciso de la extensión de punta 20 cuando se soportan en el armazón 58.

Antes de elevar la extensión de punta 20 en el interior del armazón de soporte 58, las almohadillas de presión 112 se mueven a sus posiciones más externas (es decir, más cerca de sus puntos de montaje en el armazón de soporte 58). Las almohadillas de presión 112 se ajustan a mano girando sus pernos de ajuste asociados 116 (véase la parte 15 ampliada de la figura 6).

Haciendo referencia a la figura 7, con la herramienta de elevación 52 abierta y las almohadillas de presión 112 en sus posiciones más externas, la extensión de punta 20 se eleva en el interior del armazón de soporte 58. En la configuración abierta de la herramienta de elevación 52 mostrada en la figura 7, la extensión de punta 20 se soporta 20 al menos parcialmente por las almohadillas de presión 112 unidas a las mitades de sotavento 62 del armazón de soporte 58. Haciendo referencia a la figura 8, la herramienta de elevación 52 se cierra entonces haciendo pivotar las mitades de barlovento 60 del armazón de soporte 58 hacia las mitades de sotavento 62. Los pernos 72 se aprietan para bloquear las respectivas mitades 60, 62 juntas. La extensión de punta 20 ahora se soporta firmemente dentro del armazón de soporte 58 y está lista para elevarse hacia la pala 18.

En preparación para encajar la extensión de punta 20 en la pala 18, el rotor de turbina eólica 16 (véase la figura 1) se hace rotar de manera que la pala 18 a la que va a unirse la extensión de punta apunta verticalmente hacia abajo en una posición de las seis en punto. El rotor 16 se bloquea entonces en esta posición mediante la aplicación de los 25 frenos de rotor de la turbina eólica.

Antes de ajustar la extensión de punta 20, el extremo de punta 19 (indicado en la figura 1) de la pala de turbina eólica 18 puede someterse opcionalmente a algunos procedimientos de preparación, como se describirá ahora brevemente con referencia a las figuras 9 y 10.

Haciendo referencia a la figura 9, esta muestra un andamio colgante 118 montado en un extremo de un brazo 35 telescópico y articulado 120. El otro extremo del brazo 120 (no mostrado) puede estar conectado a un camión o grúa u otro vehículo terrestre en el caso de una instalación de turbina en tierra, o a un barco u otra embarcación marítima en el caso de una instalación en alta mar. El andamio colgante 118 se eleva hasta la pala 18 de manera que el extremo de punta 19 de la pala 18 se coloca dentro del andamio colgante 118.

Haciendo referencia a la figura 10a, en este ejemplo, el extremo de punta 19 de la pala incluye una punta de metal 40 sólida 122, que forma parte del sistema de protección contra rayos de la pala. La punta de metal sólida 122 puede retirarse de la pala 18 antes de encajar la extensión de punta 20. La retirada de la punta de metal sólida 122 revela un conector de punta de pala 46, que sobresale desde una superficie de extremo romo 124 de la pala 18. El conector de 45 punta de pala 46 proporciona la conexión eléctrica entre la punta de metal sólida 122 y los demás componentes del sistema de protección contra rayos de la pala. Como se mencionó anteriormente en relación con la figura 2, la extensión de punta 20 puede incluir componentes de protección contra rayos, y un conector 44 (mostrado en la figura 22a) puede proporcionarse dentro de la extensión de punta 20, que se conecta con el conector de punta de pala 46 en la pala 18 cuando se encaja la extensión de punta 20.

Haciendo referencia a la figura 10b, pueden aplicarse barreras de adhesivo 126 a la superficie externa del extremo de 50 punta 19 de la pala 18 antes de encajar la extensión de punta 20. Las barreras de adhesivo 126 pueden comprender cinta de espuma. Las barreras de adhesivo 126 están dispuestas en el perímetro de áreas de enlace predefinidas 128 definidas en la superficie externa de la pala 18. Cuando se encaja la extensión de punta 20, se suministra adhesivo 55 entre la extensión de punta 20 y la pala 18 para enlazar la extensión de punta 20 con la pala 18. Las barreras de adhesivo 126 sirven para restringir el adhesivo a las áreas de enlace predefinidas 128.

El extremo de punta 19 de la pala 18 puede someterse a procedimientos de preparación adicionales si es necesario, por ejemplo, puede limpiarse y/o puede retirarse recubrimiento de gel y/o pintura al menos de las áreas de enlace 128 60 y las áreas de enlace 128 pueden lijarse con chorro de arena si es necesario para proporcionar una superficie rugosa que mejora el enlazado. Cualquier receptor de rayos en el extremo de punta 19 de la pala 18 también puede retirarse si va a cubrirse por la extensión de punta 20.

Con referencia ahora a la figura 11, después de la preparación del extremo de punta 19 de la pala 18, la abrazadera 65 de pala 54 se une a la pala 18. La abrazadera de pala 54 se une en una posición en el sentido de la envergadura predeterminada de la pala 18 que está en el interior de la región preparada de la pala 18 para cubrirse por la extensión

de punta 20. En este ejemplo, la abrazadera de pala 54 está unida en una posición que es radialmente interior con respecto a, y adyacente a, el extremo de punta 19 de la pala 18.

Como se muestra en la figura 11, el andamio colgante 118 también puede usarse cuando se une la abrazadera de pala 54 a la pala 18. La abrazadera 54 se presenta con respecto a la pala 18 en su posición abierta y luego se cierra alrededor de la pala 18. Haciendo referencia a la figura 12, el perno 86 se inserta luego a través de los ojales 88 en el lado de borde de salida 90 de la abrazadera 54 y se fija con una tuerca y una arandela. El perno 86 se aprieta para sujetar la abrazadera de pala 54 firmemente alrededor de la pala 18. Como se muestra en la figura 12, una línea de seguridad 130 puede unirse a los cáncamos 110 de la abrazadera 54 y el otro extremo de la línea de seguridad 130 puede unirse a la torre, buje o góndola de la turbina eólica.

Haciendo referencia a la figura 13, un dispositivo de elevación 132 está unido a la abrazadera de pala 54. En este ejemplo, el dispositivo de elevación 132 se implementa como un par de polipastos de trinquete 132, que están unidos a los cáncamos 110 en el extremo externo 104 de la abrazadera 54. Los polipastos de trinquete 132 incluyen cada uno una palanca de trinquete 134 y una cadena de trinquete 136, como se muestra en la parte ampliada de la figura 13. Las palancas de trinquete 134 están unidas a los cáncamos 110, mientras que las cadenas de trinquete 136 cuelgan hacia abajo de las palancas 134. Haciendo referencia a la figura 14, las cadenas de trinquete 136 se extienden hacia abajo y se fijan temporalmente a la pala 18 cerca de la punta 138 de la pala 18. En esta posición, los extremos libres 140 de las cadenas 136 se sitúan convenientemente para su posterior unión a la herramienta de elevación de pala 52, como se describirá más adelante.

Haciendo referencia a la figura 15, esta muestra la herramienta de elevación de extensión de punta 52 unida a un polipasto de elevación 142. El polipasto de elevación 142 se extiende desde un brazo de elevación 144 en el andamio colgante 118, y se conecta a los cáncamos de elevación 78 del armazón de soporte 58 de la herramienta de elevación 52. El conjunto de rueda 56 permite que la herramienta de elevación 52 ruede por el suelo a medida que la herramienta de elevación 52 se eleva inicialmente desde una posición horizontal.

Haciendo referencia a la figura 16, el andamio colgante 118 se eleva hasta que la herramienta de elevación 52 está en una orientación vertical, con el conjunto de rueda 56 todavía en contacto con o cerca del suelo. En este punto, el conjunto de rueda 56 puede desunirse de la herramienta de elevación 52.

Haciendo referencia a la figura 17, el andamio colgante 118 se eleva entonces hacia la pala de turbina eólica 18 y la extensión de punta 20 se encaja por encima de la punta 138 de la pala 18. Específicamente, la extensión de punta 20 se sitúa de modo que la punta 138 de la pala 18 esté ubicada dentro del extremo interior abierto 30 de la extensión de punta 20.

Haciendo referencia a la figura 18, las cadenas de trinquete 136 se desunen de su unión temporal a la pala 18 y los extremos libres 140 de las cadenas 136 se unen a los cáncamos de elevación 78 en la sección interior 68 del armazón de soporte 58 de la herramienta de elevación de extensión de punta 52.

Haciendo referencia a la figura 19, las palancas de trinquete 134 se hacen funcionar ahora para elevar la herramienta de elevación de extensión de punta 52 hacia la abrazadera de pala 54. Este proceso de elevación hace que se tire de la extensión de punta soportada 20 más hacia arriba y por encima del extremo de punta de la pala 18.

Haciendo referencia a la figura 20, cuando la herramienta de elevación de extensión de punta 52 está dentro de la proximidad suficiente de la abrazadera de pala 54, el dispositivo de conexión 94a, 94b se conecta a la herramienta de elevación 52. Específicamente, en esta realización, los extremos sobresalientes roscados 106 de las barras 94a, 94b que se extienden a través de la abrazadera de pala 54 se enganchan con las aberturas roscadas 108 definidas en la herramienta de elevación 52.

Haciendo referencia a la figura 21, el dispositivo de conexión 94a, 94b se ajusta entonces para variar la separación entre la abrazadera de pala 54 y la herramienta de elevación 52. Específicamente, las barras de conexión 94a, 94b se giran dentro de las aberturas roscadas 108 de la herramienta de elevación 52 provocando que la herramienta de elevación 52 se acerque más hacia la abrazadera de pala 54. Esto hace que se tire de la extensión de punta 20 por encima del extremo de punta de la pala 18. El uso de las barras de conexión roscadas 94a, 94b permite que se tire de la posición de la extensión de punta 20 sobre la pala 18 de manera controlada. Alternativamente, en otros ejemplos, en lugar de las barras de conexión 94a, 94b que se usan, podrían usarse otros dispositivos mecánicos o hidráulicos para tirar de la extensión de punta sobre la pala.

Con referencia adicional a la figura 22 y en particular a la vista ampliada de la 22a, las barras 94a, 94b se ajustan hasta que el conector 44 dentro de la extensión de punta 20 se conecta con el conector de punta de pala 46 de la pala 18. Los conectores 44, 46 forman preferiblemente una conexión de encaje por empuje. Uno de los conectores 44 o 46 comprende preferiblemente un enchufe macho y el otro conector 44 o 46 comprende preferiblemente un enchufe hembra. Los conectores conectados 44, 46 establecen una conexión eléctrica conductora entre los componentes de protección contra rayos de la extensión de punta 20 y el sistema de protección contra rayos existente de la pala.

Haciendo referencia a la figura 23, las almohadillas de presión 112 de la herramienta de elevación de extensión de punta 52 se ajustan para mover la extensión de punta 20 dentro de la herramienta de elevación 52 y, de ese modo, ajustar el tamaño de hueco entre la superficie interna de la extensión de punta 20 y las áreas de enlace 128 (véase la figura 10b) definidas en la superficie externa de la pala 18. Esto es para garantizar que haya suficiente espacio para adhesivo en estas regiones, que se suministra en una etapa posterior.

Haciendo referencia a la vista ampliada de la figura 23a, el tamaño del hueco puede medirse usando un calibrador 146 que puede insertarse a través de orificios de inyección de adhesivo 148 que preferiblemente se perforan previamente a través de la carcasa externa 28 de la extensión de punta 20. Si el hueco de enlace es mayor o menor que lo que se requiere, entonces las almohadillas de presión relevantes 112 pueden ajustarse moviéndolas hacia dentro o hacia fuera según se requiera para mover la extensión de punta 20 en una dirección en el sentido de la aleta con respecto a la pala 18.

Haciendo referencia a la figura 24 y la vista ampliada de la figura 24a, con la extensión de punta 20 situada adecuadamente por encima del extremo de punta de la pala 18, el adhesivo 150 se inyecta a través de los orificios de inyección 148 proporcionados en la cubierta exterior 28 de la extensión de punta 20. Para cada región de enlace, se proporciona una serie de orificios de inyección 148 en la extensión de punta 20, estando los orificios 148 espaciados entre sí en la dirección longitudinal (es decir, a lo largo de la longitud) de la extensión de punta 20. El adhesivo 150 se inyecta a través de cada orificio 148 en la serie comenzando secuencialmente con el orificio 148 más cercano a la punta 36 de la extensión de punta 20 y moviéndose de un orificio a otro hacia el extremo interior 30 de la extensión de punta 20. El adhesivo 150 comienza a llenar los huecos de enlace definidos entre la superficie interna de la extensión de punta 20 y la superficie externa de la pala 18, y se restringe a estas regiones por las barreras de adhesivo 126 aplicadas al extremo de punta 19 de la pala 18 (y mostradas en la figura 10b), que forman un sello alrededor de las regiones de enlace entre la extensión de punta 20 y la superficie de pala.

Como se muestra en la figura 24a, el flujo de adhesivo 150 en las regiones de enlace puede monitorizarse visualmente a través de la carcasa externa de GFRP 28 de la extensión de punta 20, que es ventajosamente translúcida. Cuando se ve que el flujo de adhesivo 150 se aproxima dentro de una distancia predeterminada del siguiente orificio de inyección 148 (en este caso dentro de aproximadamente 25 mm), se termina la inyección a través del presente orificio 148 y comienza la inyección a través del siguiente orificio 148 en la serie. Inyectar secuencialmente a través de cada orificio 148 que se mueve hacia el extremo interior 30 de la extensión de punta 20 es ventajoso porque el extremo interior 30 está abierto y permite que escape aire durante el proceso de inyección. Esto evita que el aire se bloquee en las regiones de enlace y, por lo tanto, evita que se formen vacíos en los enlaces adhesivos. Además, detener la inyección de adhesivo dentro de la distancia predeterminada también reduce la contrapresión del adhesivo, y, por lo tanto, reduce el riesgo de romper las barreras de adhesivo.

Una vez que se ha completado la inyección del adhesivo 150, se da al adhesivo 150 un tiempo predeterminado para curarse. Opcionalmente pueden aplicarse mantas calentadas por encima de la extensión de punta 20 para aumentar la velocidad del proceso de curado.

Haciendo referencia a la figura 25, una vez que el adhesivo se ha curado, la abrazadera de pala 54 y la herramienta de elevación de extensión de punta 52 se abren y se retiran de la pala 18 y la extensión de punta 20 respectivamente. Esto completa el proceso de instalación de extensión de punta. Opcionalmente, pueden emplearse procesos adicionales. Por ejemplo, puede proporcionarse sellante alrededor del extremo interior 30 de la extensión de punta 20. Pueden proporcionarse orificios de drenaje en la extensión de punta 20 si se requiere. Si se retirara algún receptor de rayos del extremo de punta de la pala 18 durante la preparación de la punta de pala, este puede reincorporarse luego en la extensión de punta 20 en posiciones similares.

Haciendo referencia a la figura 26, esta muestra un ejemplo alternativo de encaje de una extensión de punta 20 dentro del alcance de la presente invención. El proceso puede utilizar el mismo kit de herramientas 50 que se describió anteriormente, es decir, una abrazadera de pala 54 y una herramienta de elevación de extensión de punta 52. Sin embargo, en esta realización, puede usarse un dispositivo de elevación en forma de cabrestante 152 en lugar de un andamio colgante para elevar la extensión de punta 20.

Como se muestra en la figura 26, un cabrestante 152 que incluye un contrapeso (no mostrado) está ubicado en el suelo 154 cerca de la torre de turbina eólica 12. Los cables 156 se extienden desde el cabrestante 152 hasta la abrazadera de pala 54. La abrazadera de pala 54 incluye un par de poleas 158 por encima de las cuales discurren los cables 156 antes de extenderse hacia abajo para conectarse a los cáncamos de elevación 78 de la herramienta de elevación de extensión de punta 52. El cabrestante 152 también puede obviar la necesidad de polipastos de trinquete, aunque los polipastos de trinquete tales como los descritos anteriormente pueden seguir usándose en combinación con el cabrestante 152 si es conveniente.

El cabrestante 152 se hace funcionar para elevar la herramienta de elevación de extensión de punta 52 hacia la abrazadera de pala 54. La abrazadera de pala 54 puede conectarse entonces a la herramienta de elevación 52 de una manera similar a la comentada para el ejemplo anterior, por ejemplo, usando barras de conexión. El proceso puede llevarse a cabo por personal suspendido de cuerdas de rapel, por ejemplo. Pueden conectarse cables de

retención 160 a la herramienta de elevación 52 para estabilizarla durante la elevación y evitar que se balancee.

Pueden hacerse muchas modificaciones a los ejemplos específicos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para encajar una extensión de punta (20) en una pala de turbina eólica (18), comprendiendo el método:
- 5 proporcionar una turbina eólica (10) que comprende una pala de turbina eólica que tiene un extremo de punta;
- proporcionar una extensión de punta (20) en forma de calcetín que tiene un interior para albergar el extremo de punta (19) de la pala;
- 10 soportar la extensión de punta (20) en una herramienta de elevación de extensión de punta (52);
- unir una abrazadera de pala (54) a la pala de turbina eólica en una ubicación radialmente interna del extremo de punta (19);
- 15 elevar la herramienta de elevación de extensión de punta (52) y la extensión de punta (20) hasta el extremo de punta (19) de la pala;
- conectar un dispositivo de conexión (94a, 94b) entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación, pudiendo ajustarse el dispositivo de conexión para variar la separación entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación;
- 20 ajustar el dispositivo de conexión (94a, 94b) para mover la herramienta de elevación hacia la abrazadera de pala de manera que se tire de la extensión de punta por encima del extremo de punta de la pala;
- 25 caracterizado porque el dispositivo de conexión (94a, 94b) incluye una o más barras de conexión roscadas que se extienden desde la abrazadera de pala (54) o la herramienta de elevación (52), y el método comprende ubicar las una o más barras de conexión respectivamente en una o más aberturas roscadas (100) en la herramienta de elevación (52) o la abrazadera de pala, y en el que ajustar el dispositivo de conexión comprende girar las barras de conexión dentro de las aberturas roscadas.
- 30
2. El método según la reivindicación 1, que comprende además disponer un dispositivo de elevación (132) entre la abrazadera de pala y la herramienta de elevación de extensión de punta y hacer funcionar el dispositivo de elevación para elevar la herramienta de elevación hacia la abrazadera de pala.
- 35
3. El método según la reivindicación 2,
- en el que el dispositivo de elevación (132) comprende uno o más polipastos de trinquete.
- 40
4. El método según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que el dispositivo de elevación (132) comprende un cabrestante.
5. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que la herramienta de elevación de extensión de punta (52) comprende una o más almohadillas de presión ajustables (112) dispuestas para soportar la extensión de punta, y el método comprende ajustar las almohadillas de presión para mover la extensión de punta dentro de la herramienta de elevación y alinear la extensión de punta con la pala.
- 45
6. El método según la reivindicación 5, en el que ajustar las almohadillas de presión (112) provoca que la extensión de punta se mueva con respecto a la pala sustancialmente en una dirección en el sentido de la aleta.
- 50
7. El método según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, que comprende ajustar la(s) almohadilla(s) de presión (112) con la herramienta de elevación conectada a la abrazadera de pala por medio del dispositivo de conexión.
- 55
8. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el extremo de punta (19) de la pala incluye un conector de punta de pala (46) y se proporciona un conector de extensión de punta dentro de la extensión de punta (20), y el método comprende establecer una conexión de encaje por empuje dentro de la extensión de punta entre los respectivos conectores ajustando el dispositivo de conexión.
- 60
9. El método según cualquier reivindicación anterior, que comprende proporcionar la herramienta de elevación de extensión de punta (52) y la abrazadera de pala (54) en forma de un kit de herramientas (50) en el que la abrazadera de pala está conectada a la herramienta de elevación de extensión de punta por medio del dispositivo de conexión, comprendiendo además el método desunir la abrazadera de pala de la herramienta de elevación de extensión de punta antes de unir la abrazadera de pala a la pala.
- 65

10. El método según cualquier reivindicación anterior, que comprende disponer la pala (18) de modo que esté apuntando verticalmente hacia abajo sustancialmente en una posición de las seis en punto.

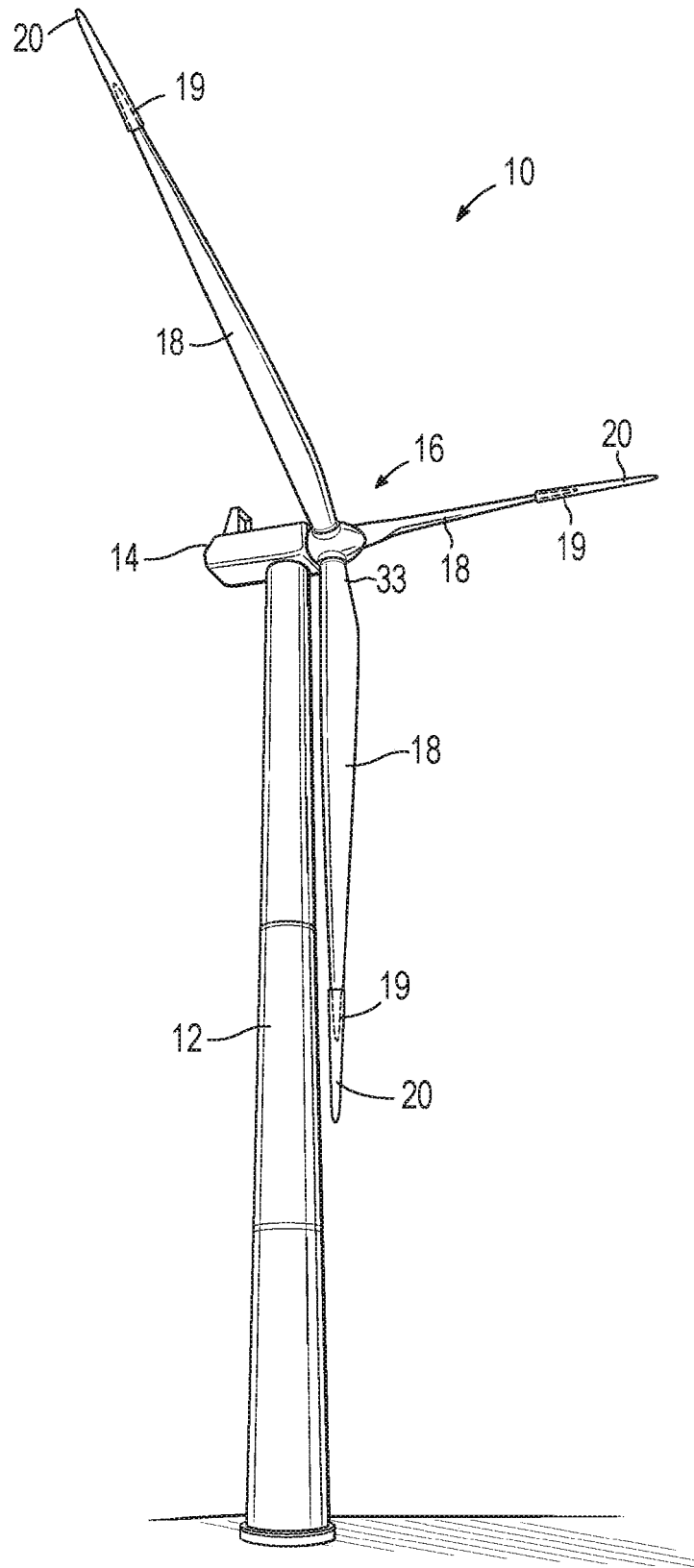


FIG. 1

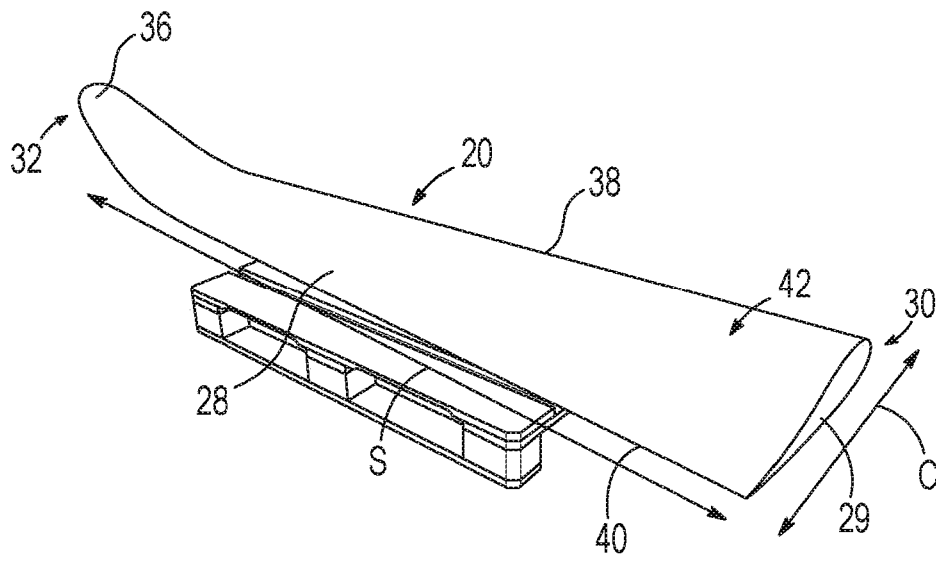


FIG. 2

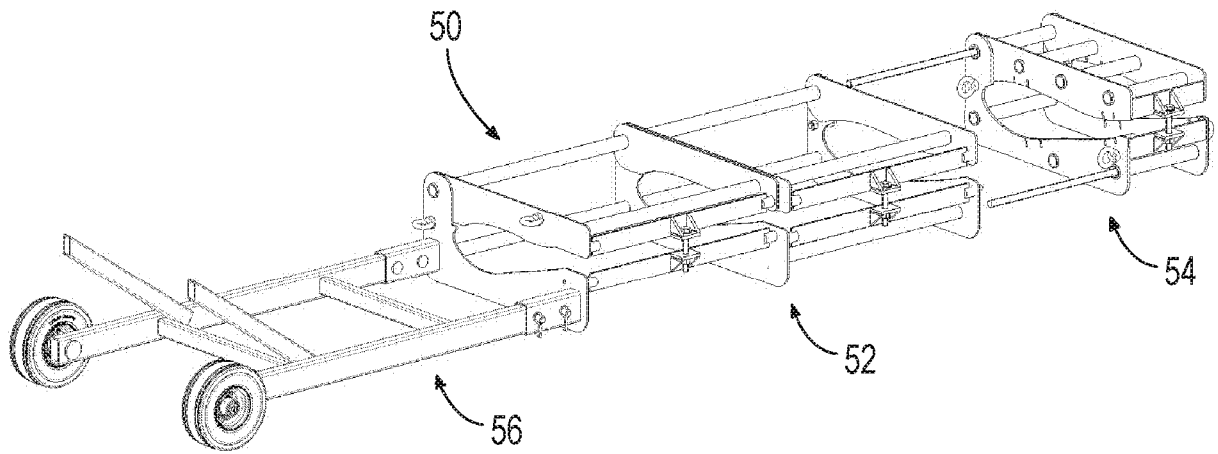


FIG. 3

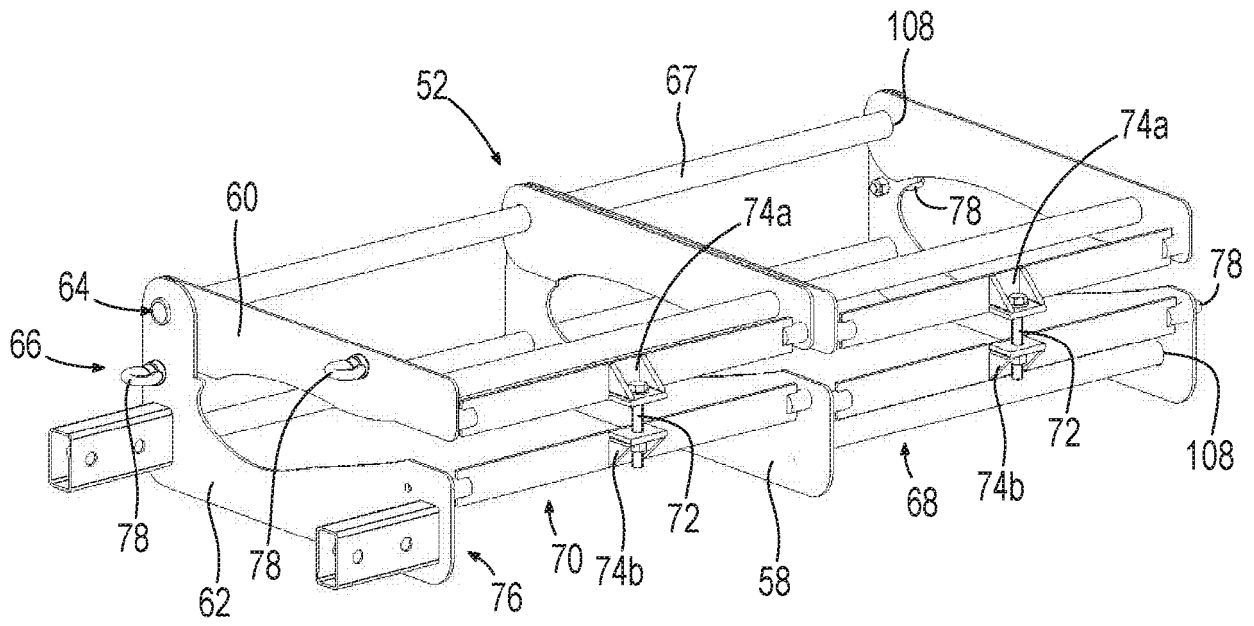


FIG. 4

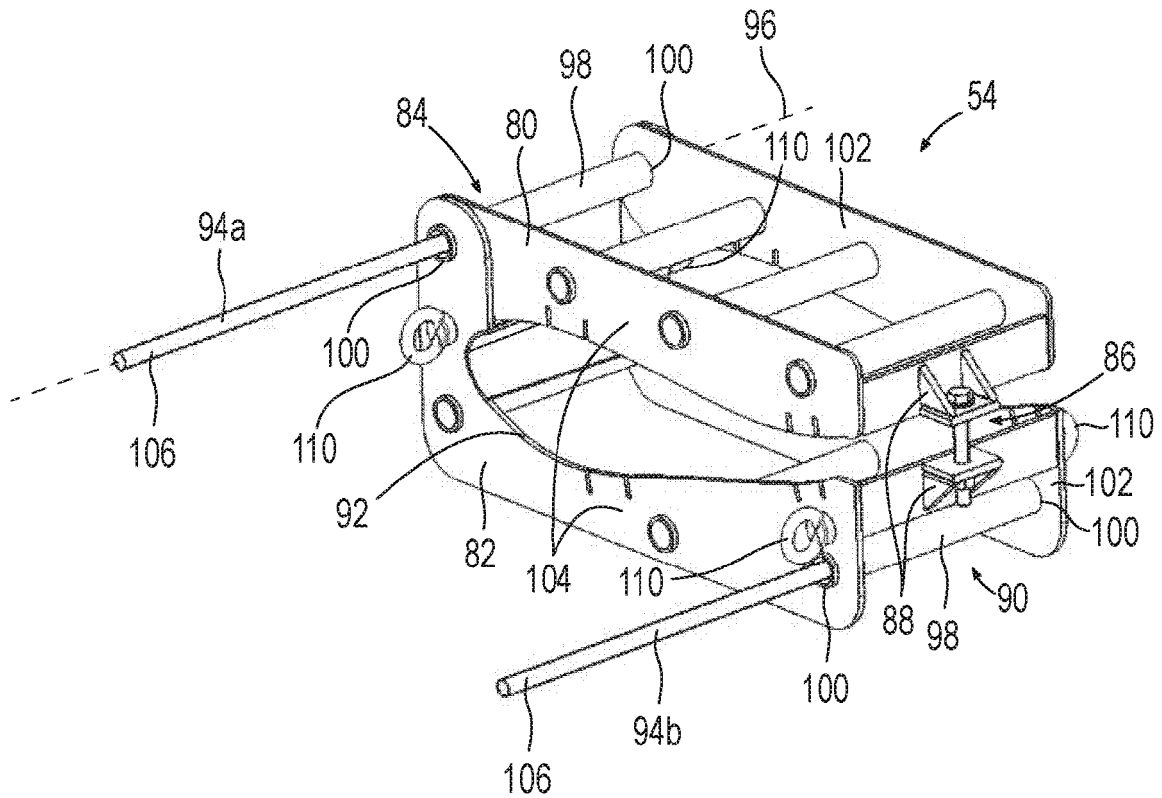


FIG. 5

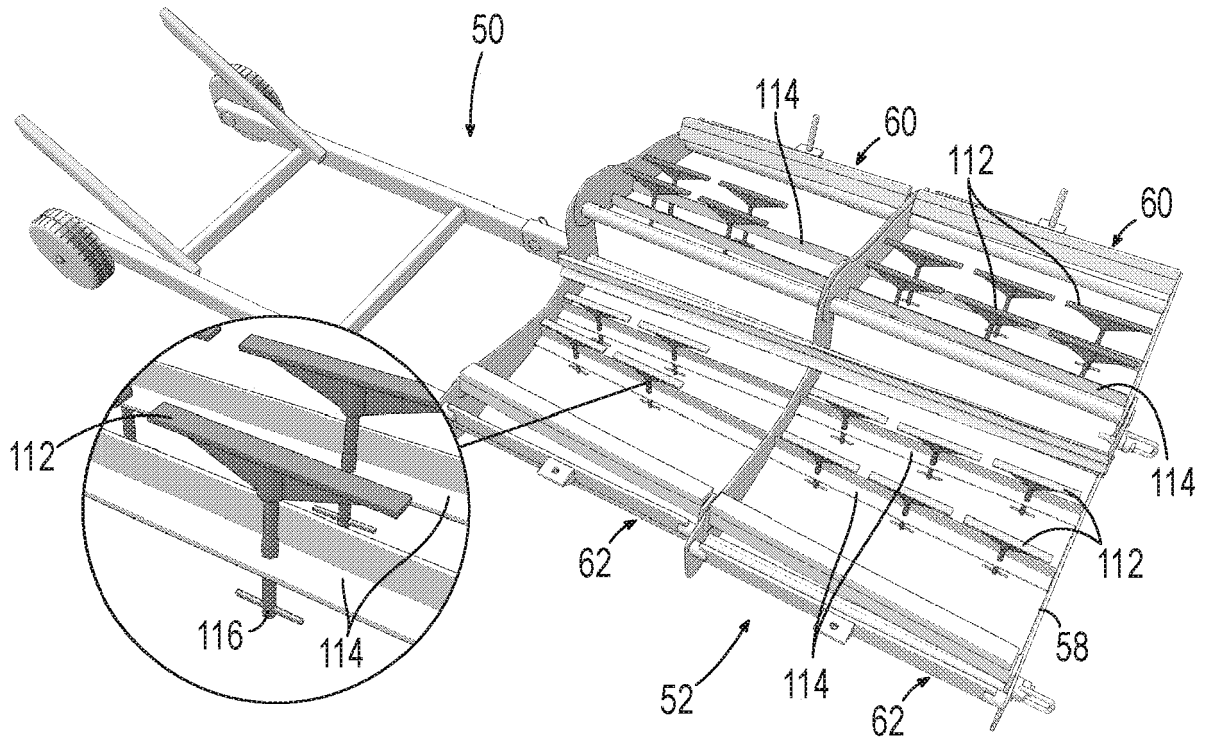


FIG. 6

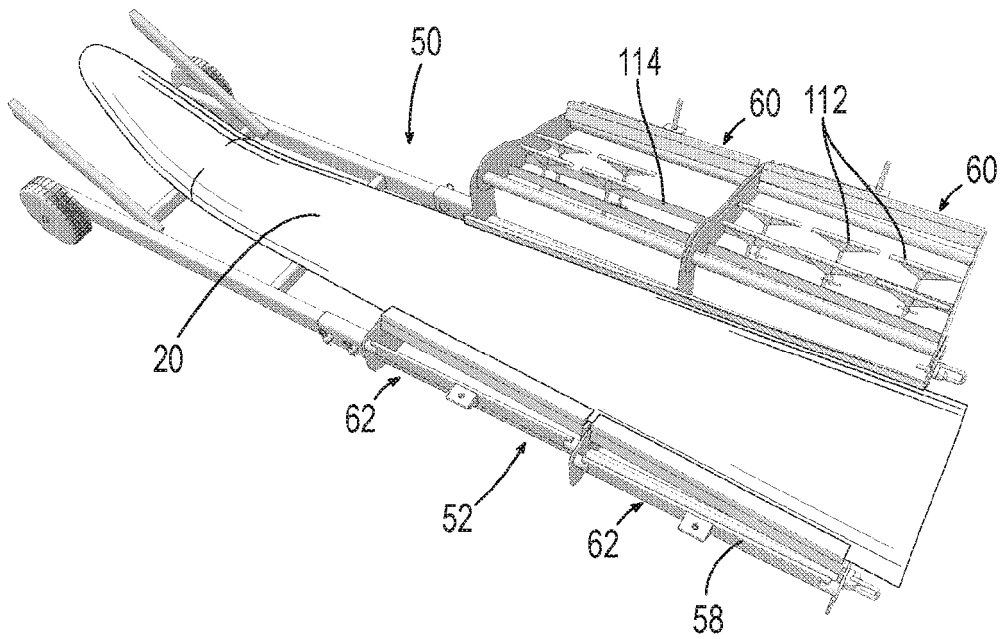


FIG. 7

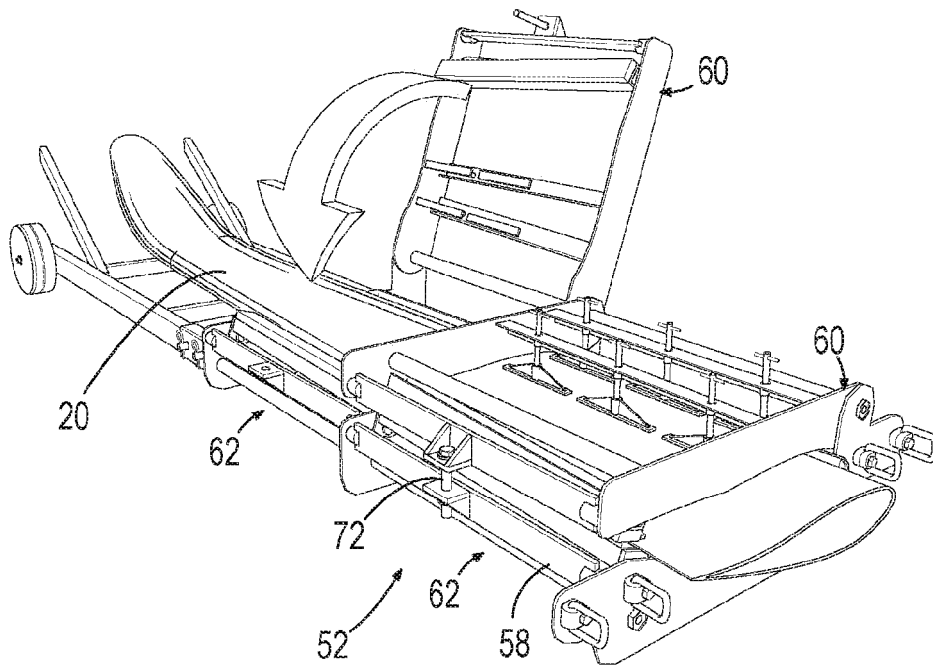


FIG. 8

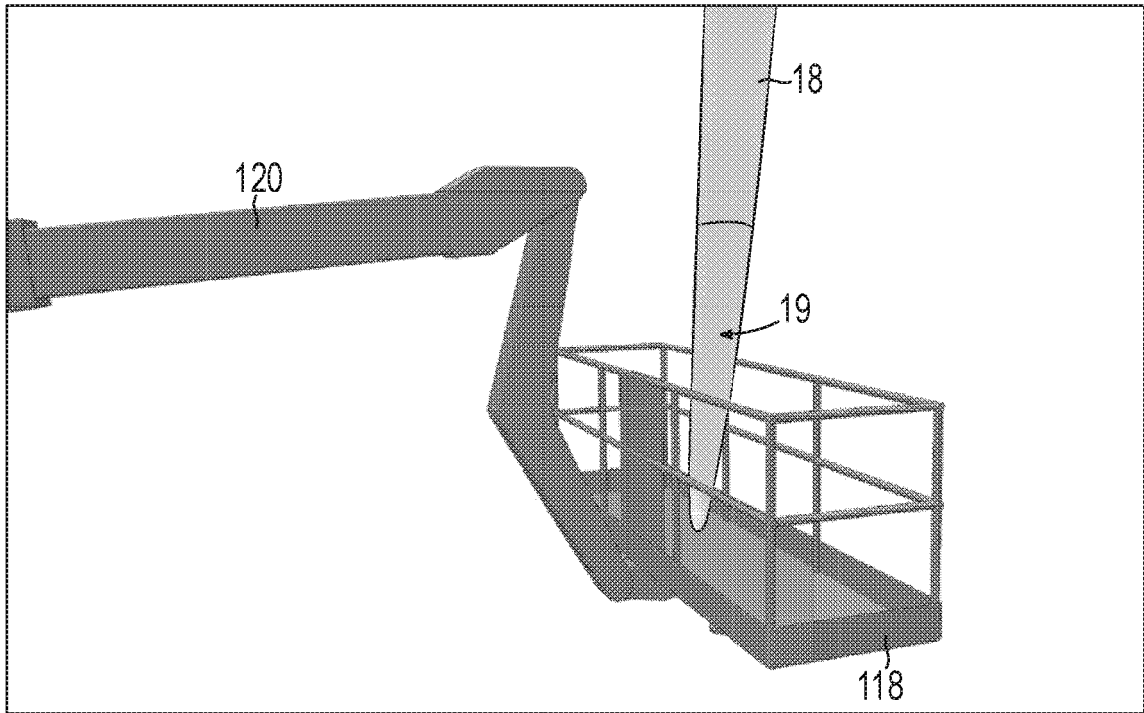


FIG. 9

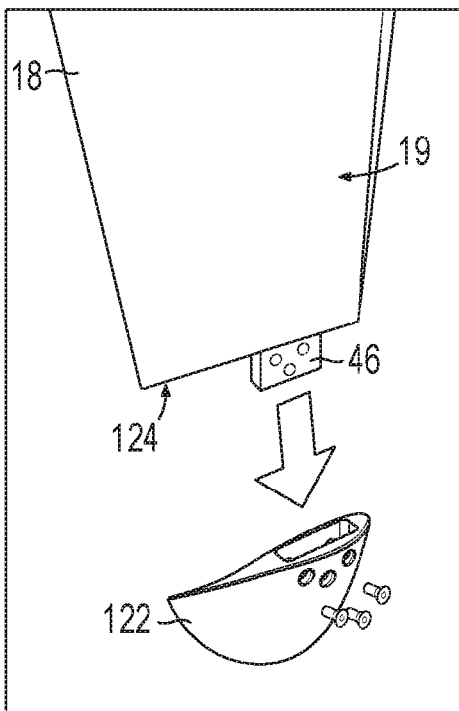


FIG. 10a

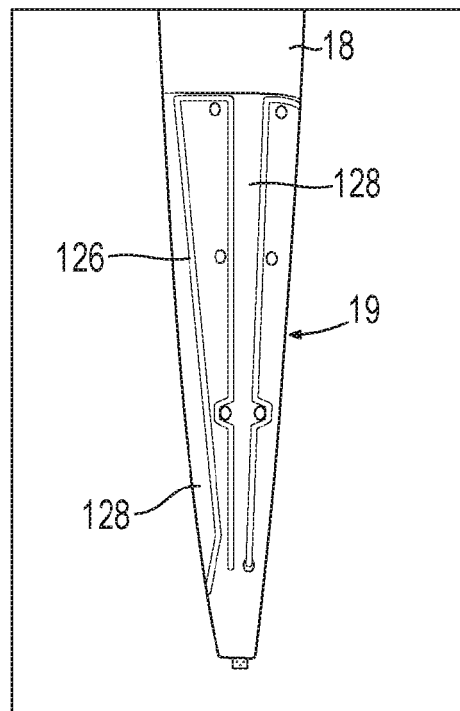


FIG. 10b

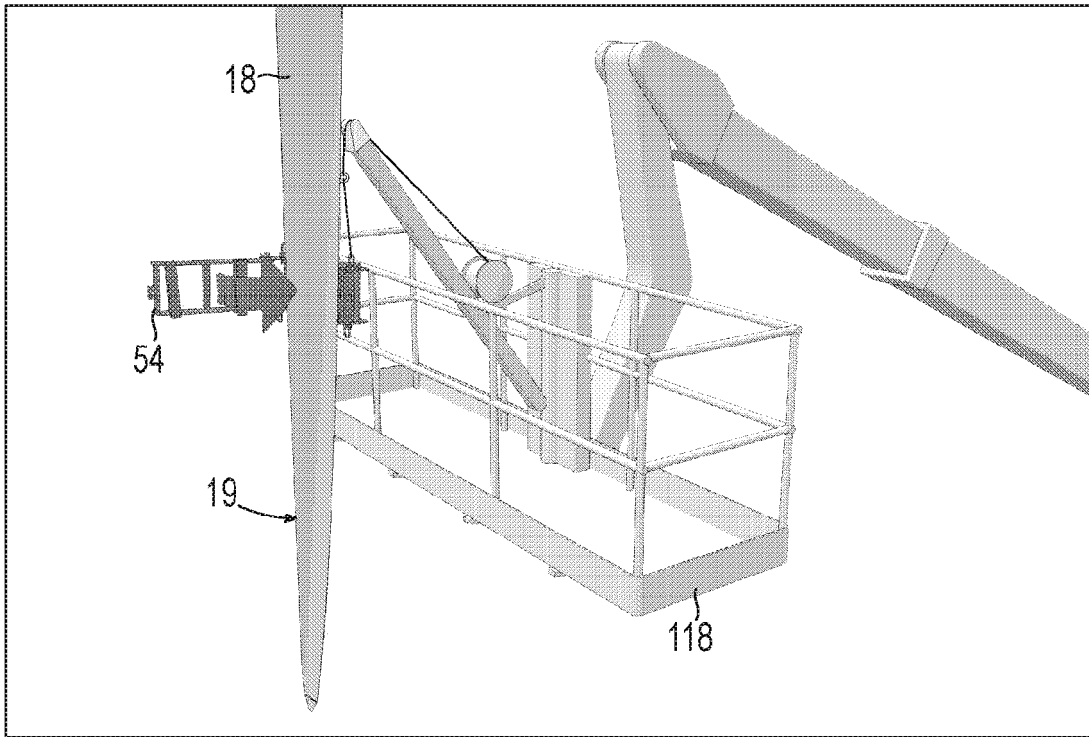


FIG. 11

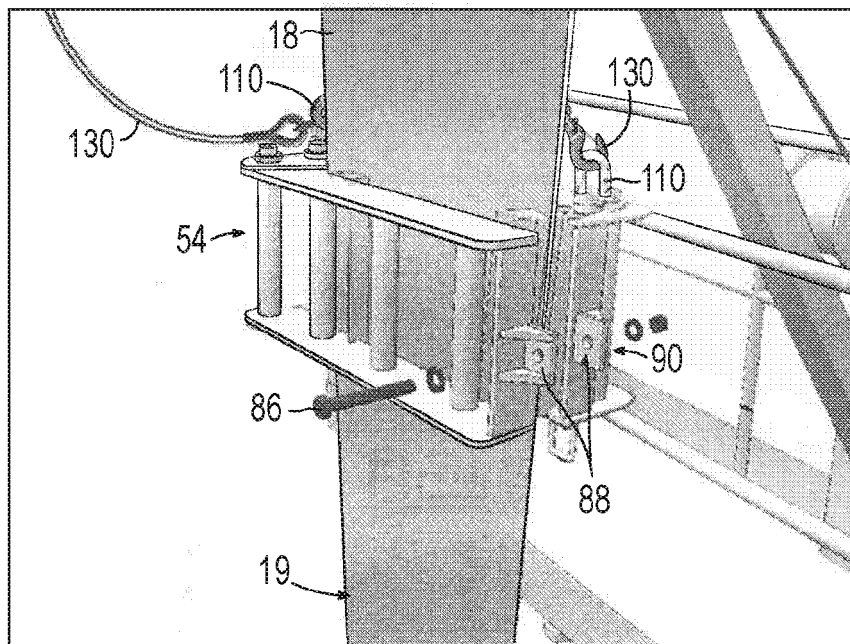


FIG. 12

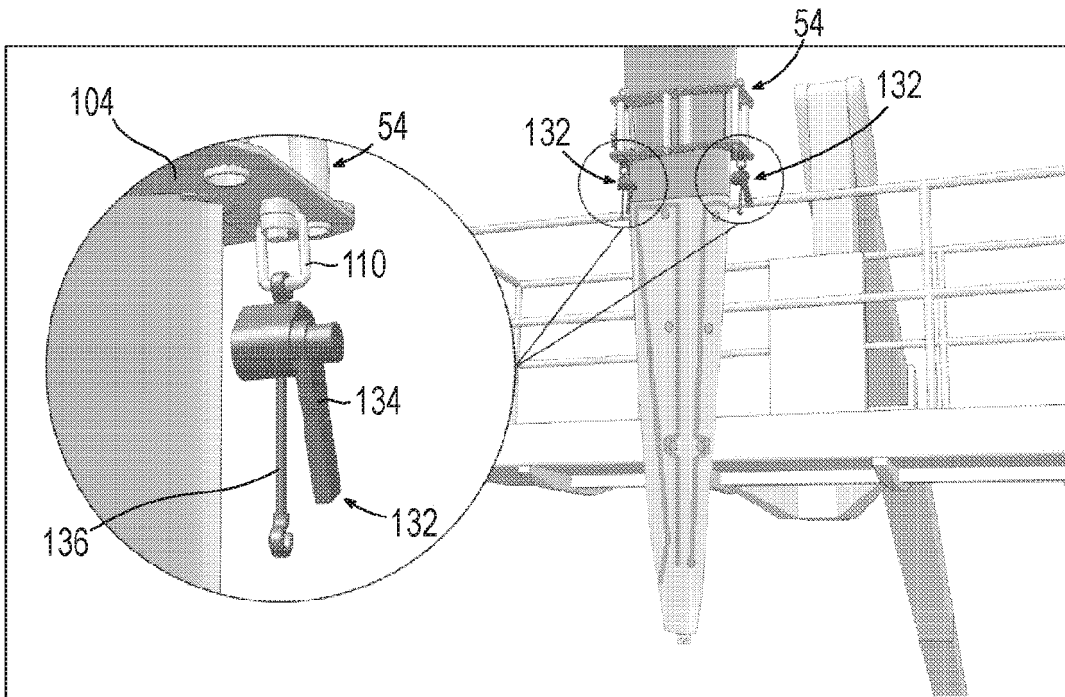


FIG. 13

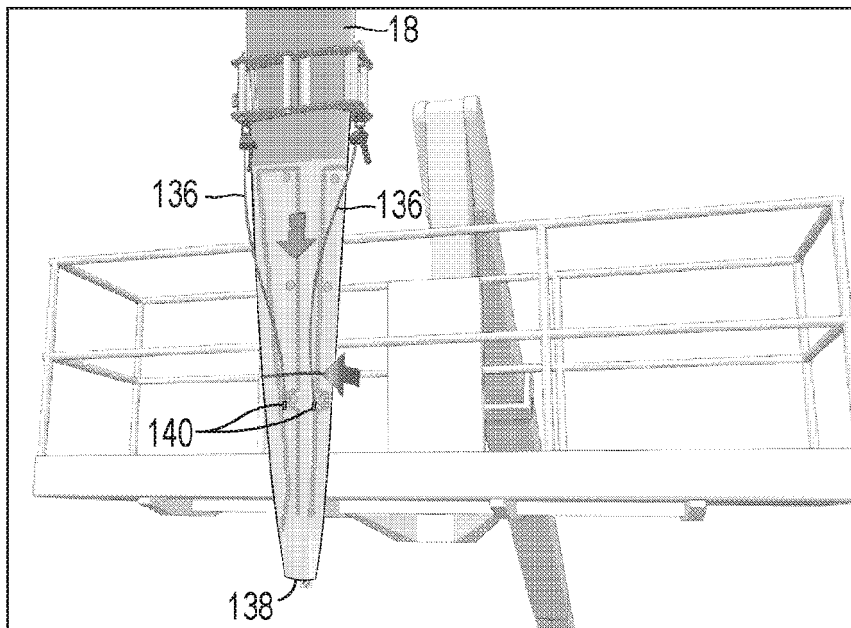


FIG. 14

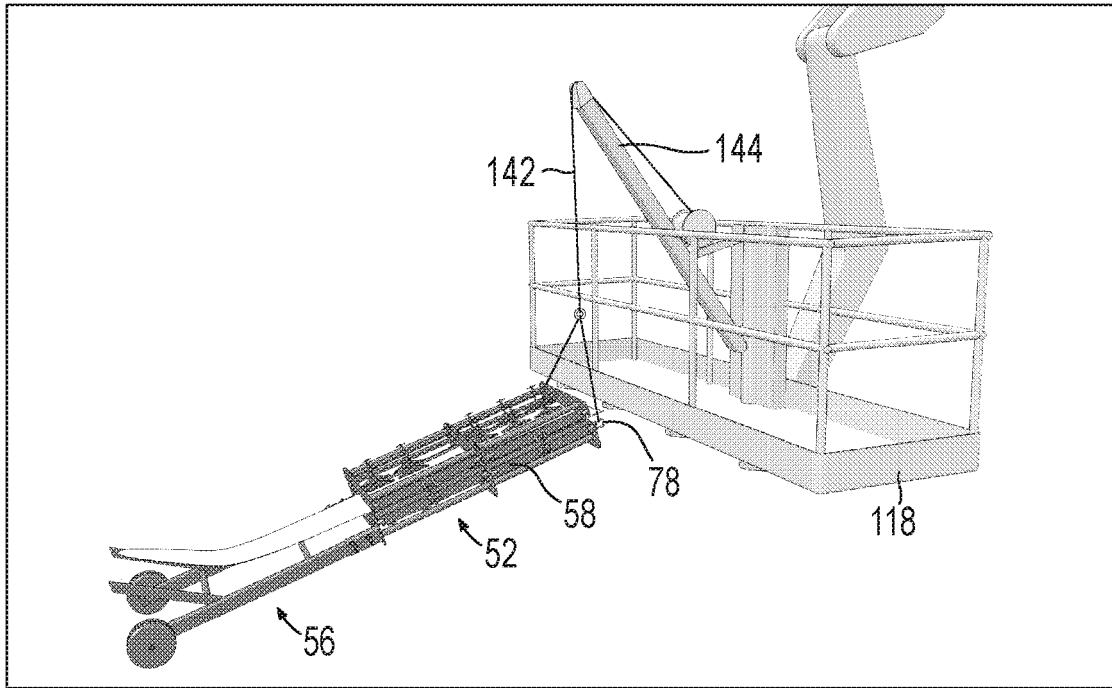


FIG. 15

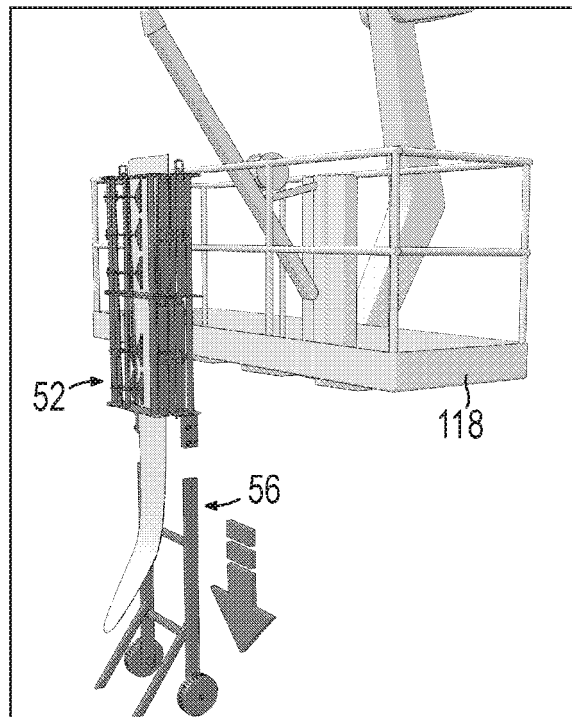


FIG. 16

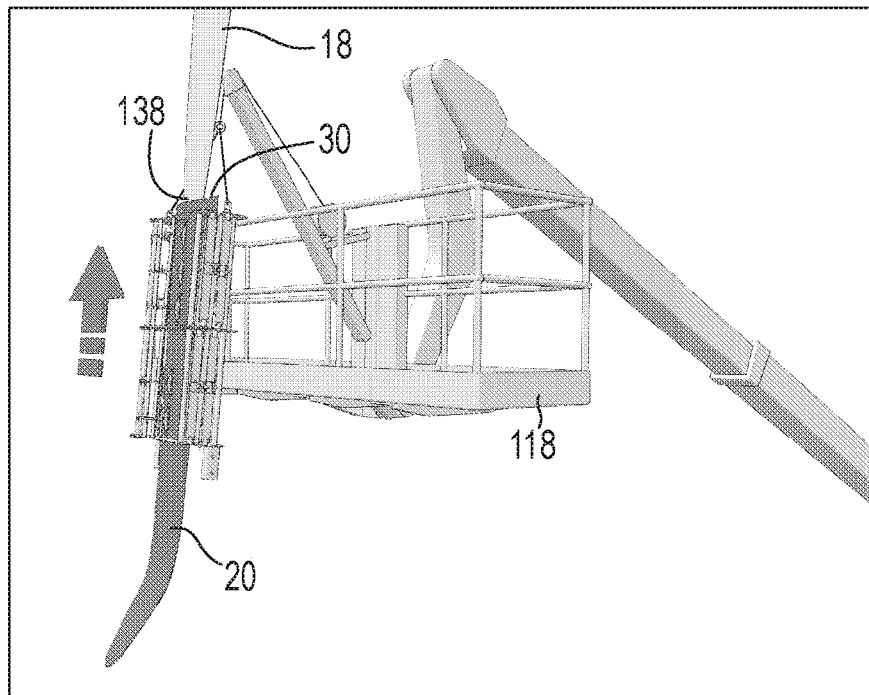


FIG. 17

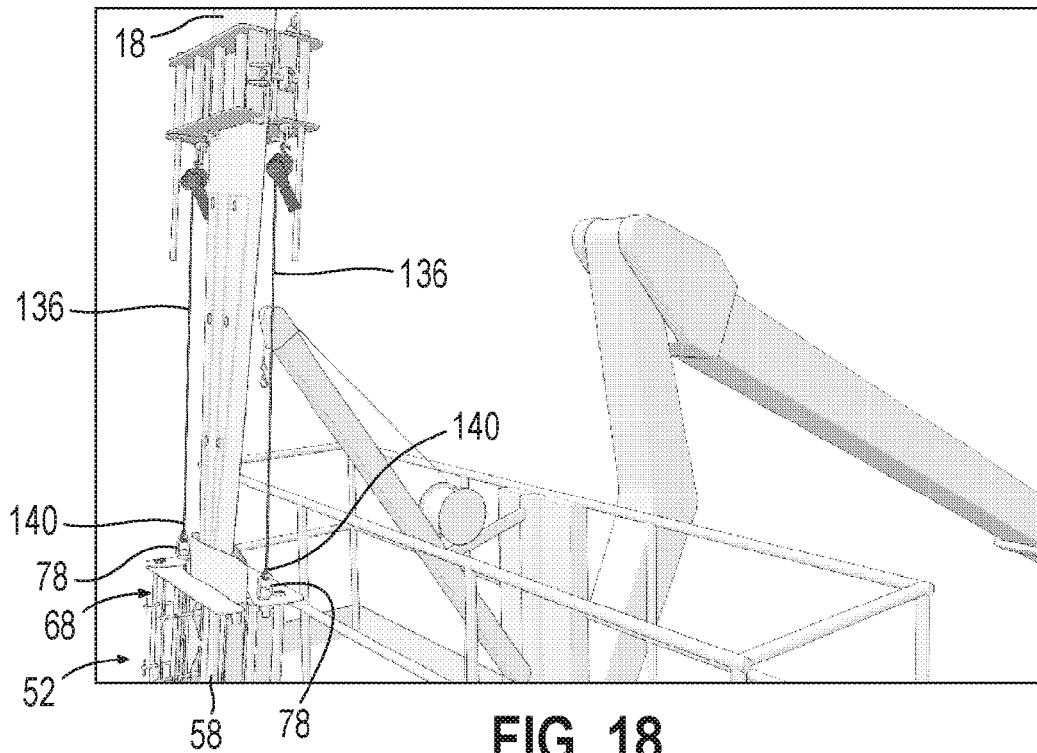


FIG. 18

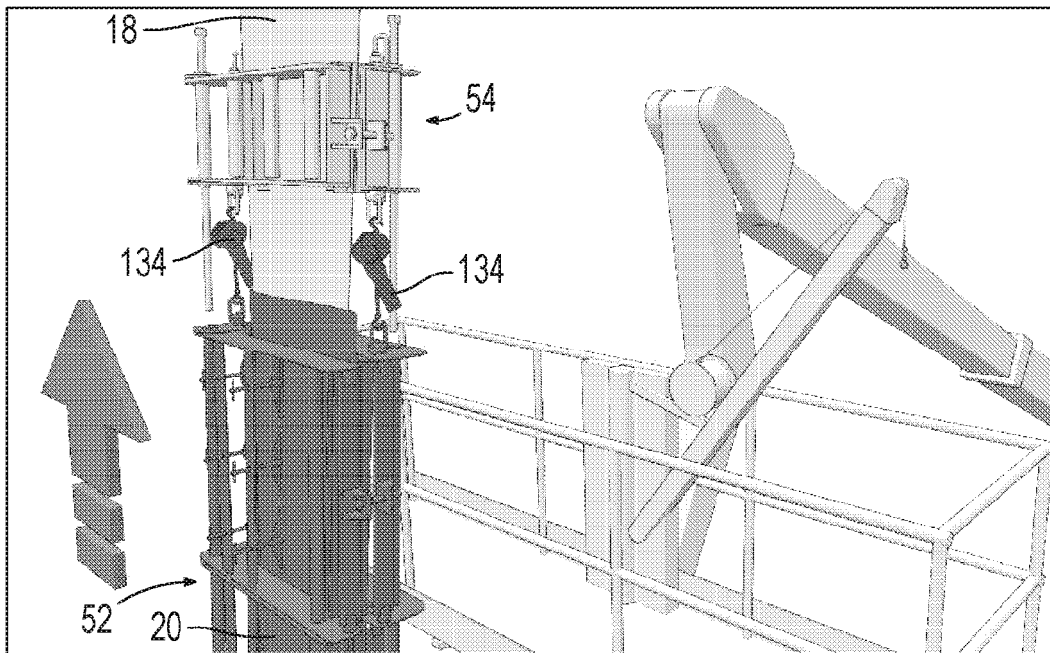


FIG. 19

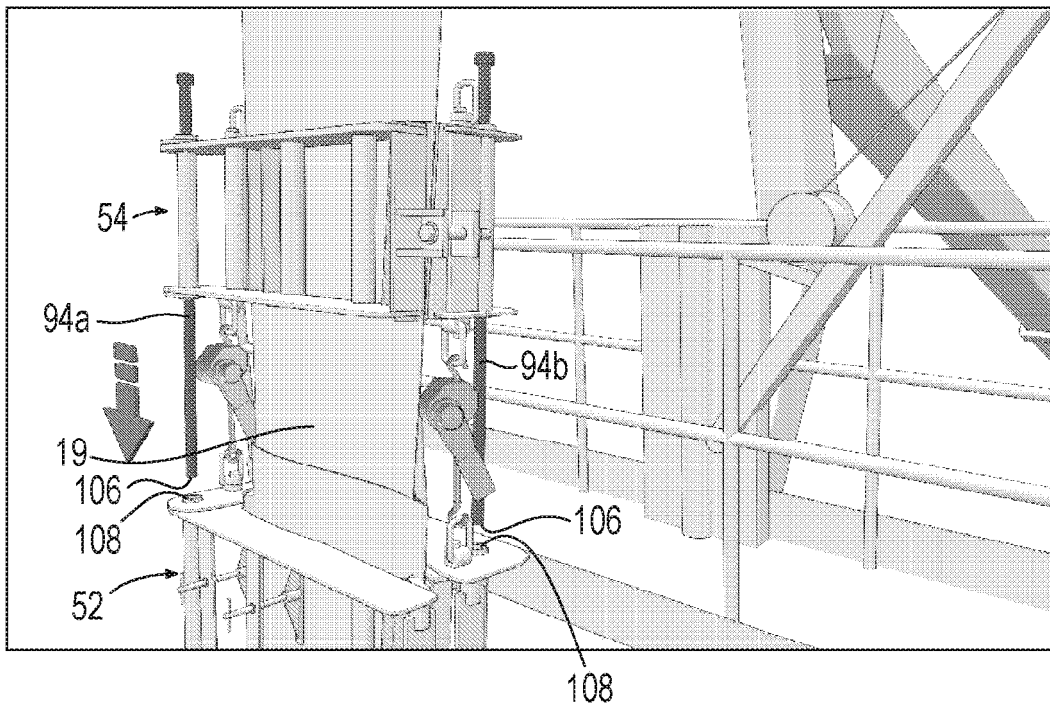


FIG. 20

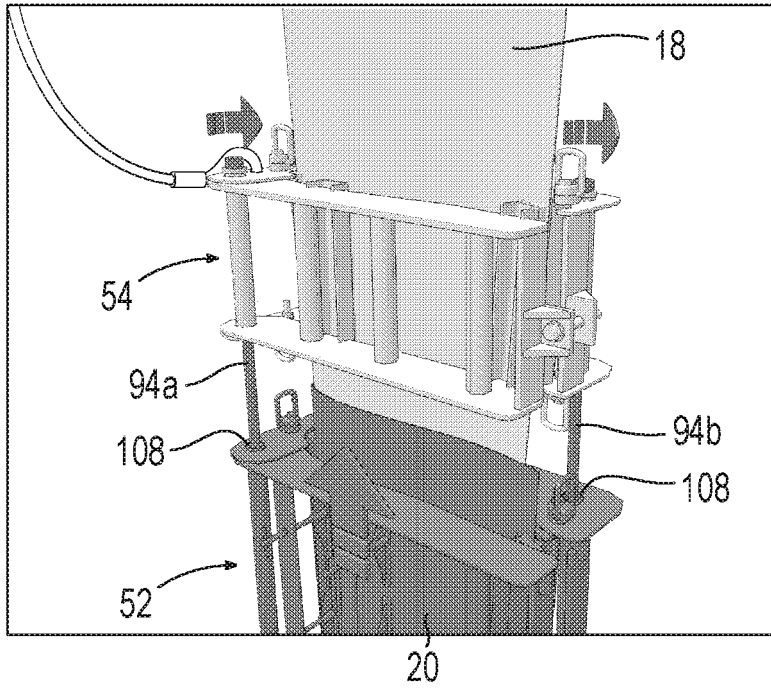


FIG. 21

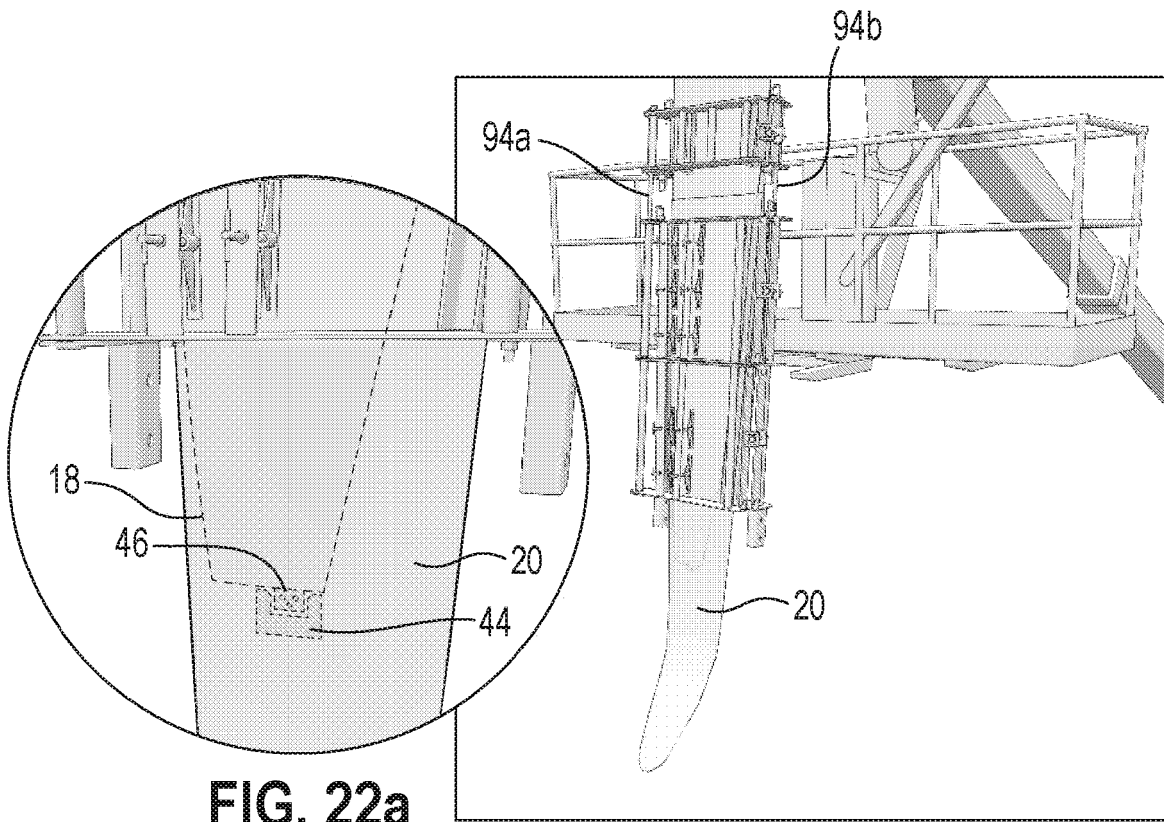


FIG. 22a

FIG. 22

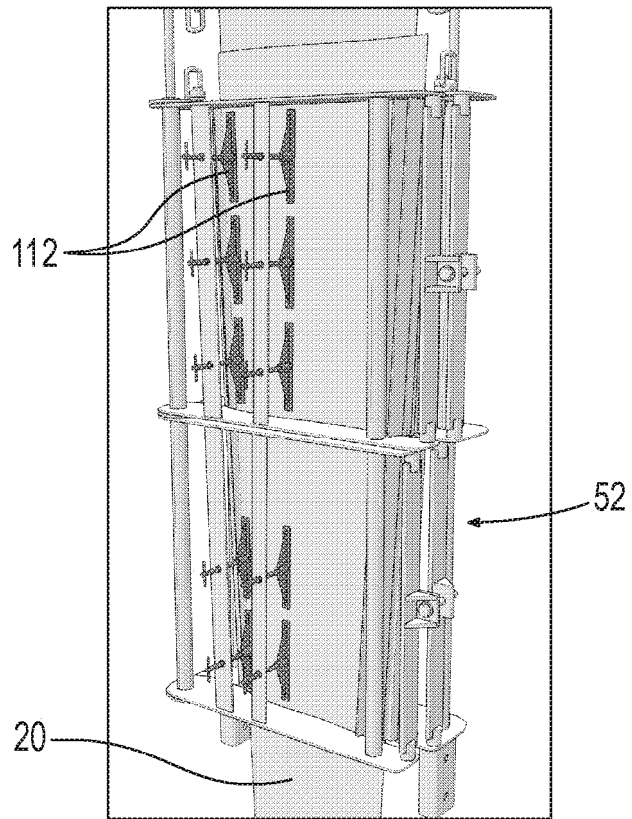


FIG. 23

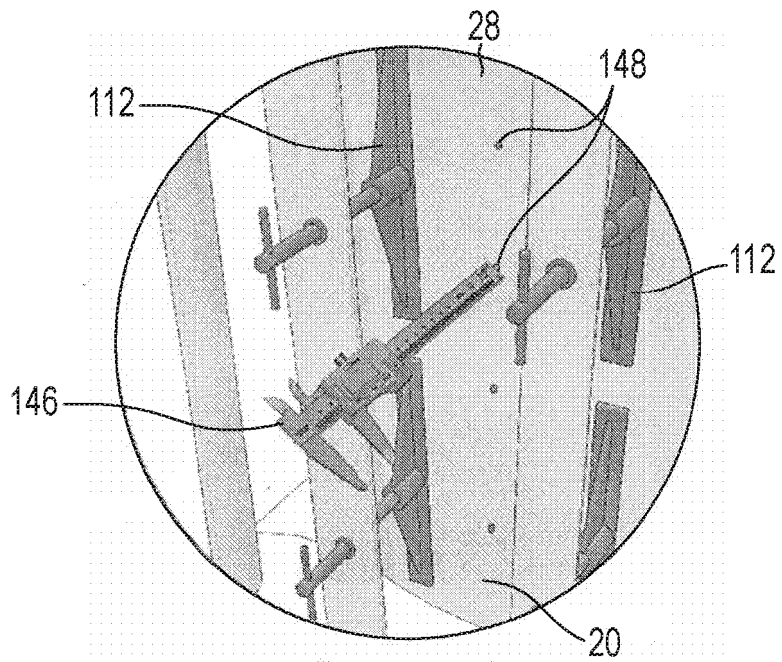


FIG. 23a

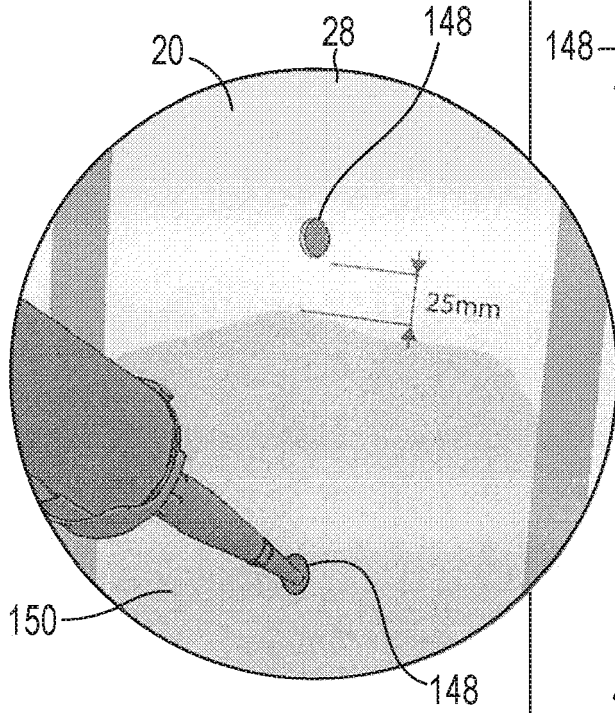


FIG. 24a

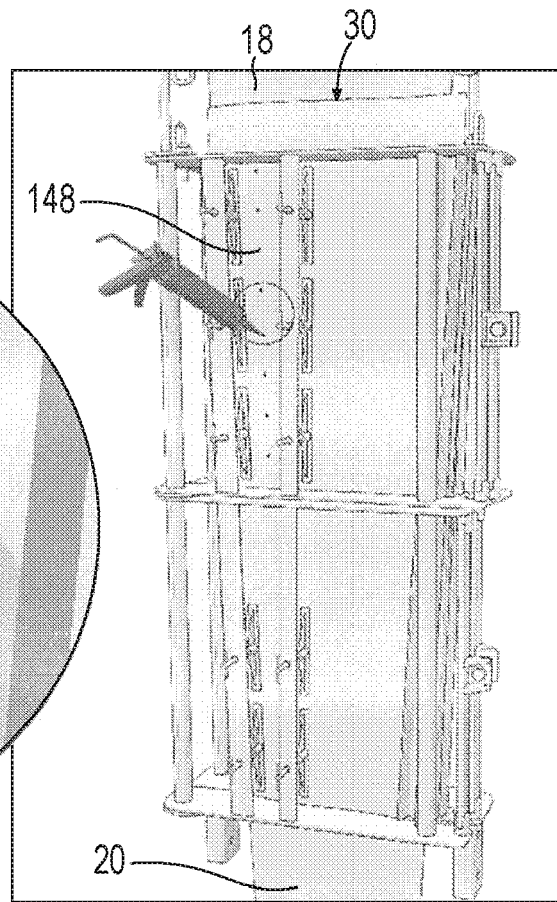


FIG. 24

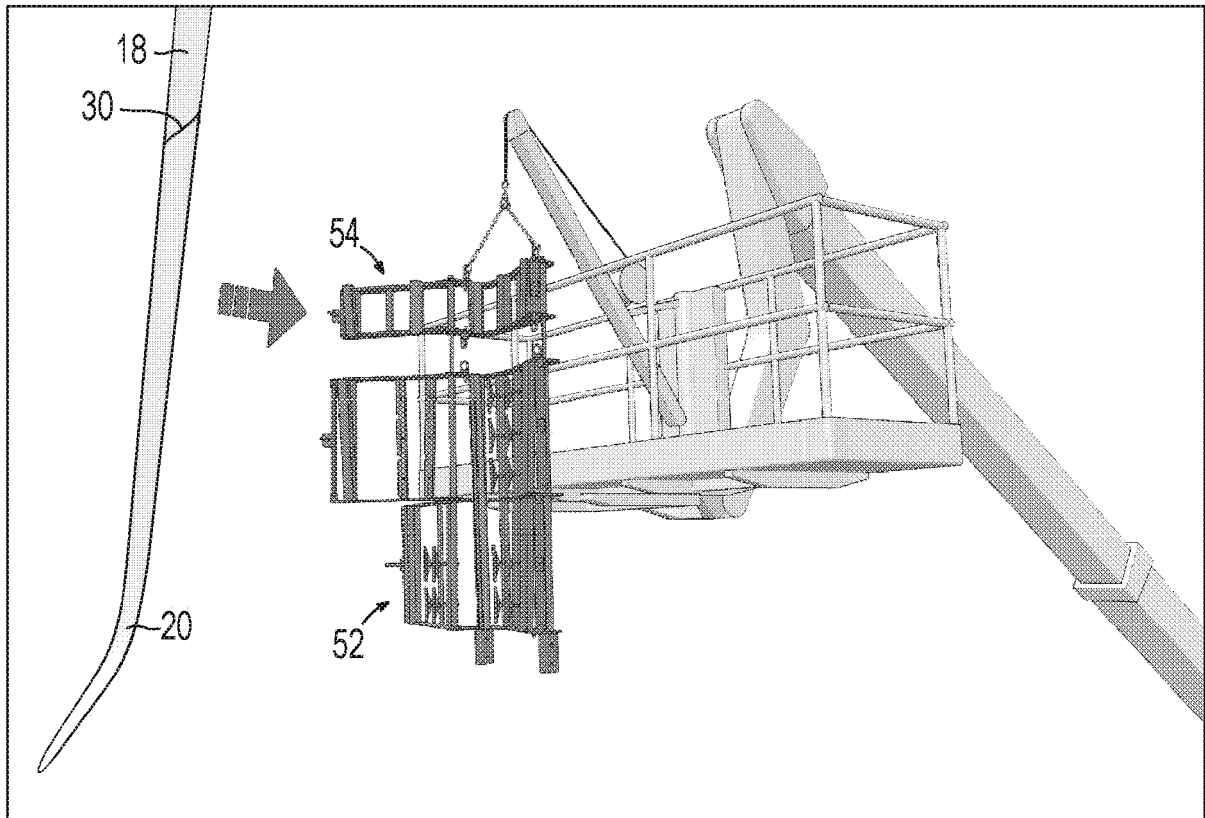


FIG. 25

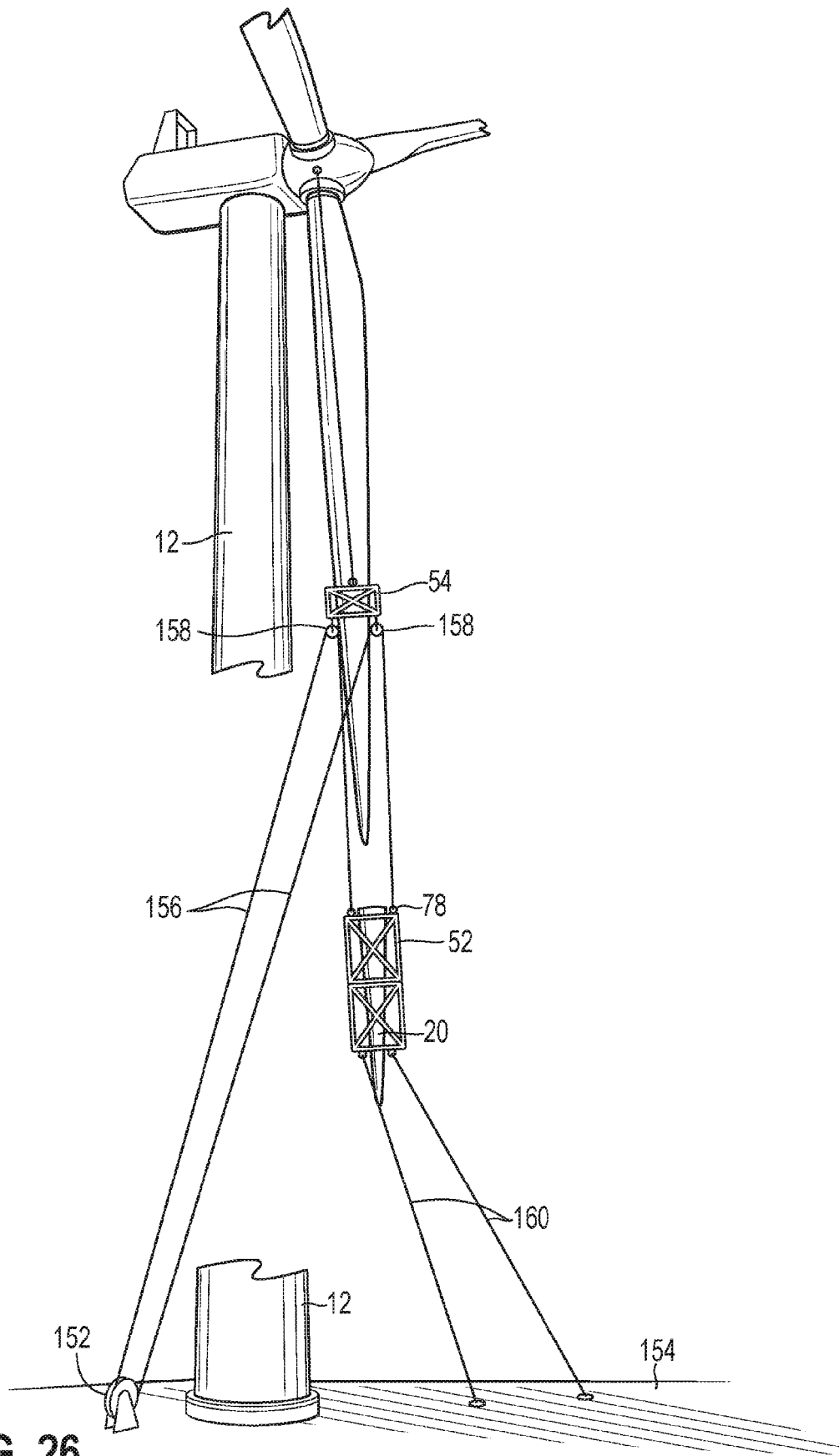


FIG. 26