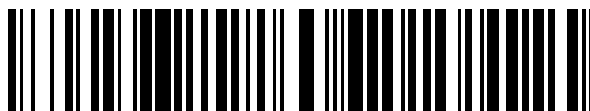


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 629**

51 Int. Cl.:

B25J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2016 PCT/IB2016/056560**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17072741**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2016 E 16795426 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3368251**

54 Título: **Sistema de manipulación de materiales flexibles**

30 Prioridad:

31.10.2015 GB 201519284

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

31.07.2020

73 Titular/es:

**LOOP TECHNOLOGY LIMITED (100.0%)
Loop Technology Centre Paceycombe Way,
Poundbury, Dorchester
Dorset DT1 3EW, GB**

72 Inventor/es:

**COX, JOHN;
GARTON, TIM y
WRIGHT, JOHN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 776 629 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de manipulación de materiales flexibles

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para manipular materiales flexibles. Más en concreto, aunque no en exclusiva, la invención se refiere a un sistema para manipular hojas delgadas o muy delgadas de materiales flexibles, tales como por ejemplo fibras de carbono que se usan como refuerzo de tracción, que tienen un tamaño superior a 10 m².

10

Antecedentes

Durante la construcción de una superficie aerodinámica, fuselaje o cola de un avión, a menudo deben transportarse y colocarse con cuidado y precisión grandes hojas de materiales flexibles sin dañarlas y, lo que es más importante, sin que se creen torsiones o pliegues. Este proceso a menudo se conoce como colocación de una hoja de material.

15

La manipulación de hojas grandes y frágiles hechas de materiales flexibles presenta problemas, particularmente cuando es importante orientar las hojas en una dirección específica para impartir resistencia a un objeto que está cubriendo la hoja. Un problema frecuente es que las hojas deben transportarse entre lugares y colocarse en estructuras que tienen superficies con formas complejas. Por ejemplo, a veces es necesario recoger una hoja flexible grande de una superficie plana o uniforme y colocarla sobre una superficie compleja, que puede tener regiones convexas y/o cóncavas. Una de esas superficies complejas es la que está presente en una pala o álabe de turbina eólica u otra superficie aerodinámica.

20

El proceso de colocación se ha llevado a cabo utilizando mordazas que se pueden mover sobre un dispositivo de retención deformable mediante un elemento de soporte. El dispositivo de retención podía pasar alternativamente de un estado relajado, con baja resistencia a la deformación, a un estado arriostrado en el que reproducía la superficie compleja.

25

Al colocar hojas de fibra de material es importante situarlas de manera específica. En el documento EP-A-2 732 153 (Vestas Wind Systems) se describe un ejemplo de un método para colocar material de hoja de fibra para fabricar palas de turbinas eólicas. El método conocido como colocación en el sentido de la cuerda se utiliza para colocar un material de hoja de fibra oblonga que en su dirección lateral es más ancho que una capa unidireccional lateral.

30

Técnica anterior

35

Existen varios sistemas para manipular hojas de material flexible. La solicitud de patente europea EP-A1-0 429 901 (Krupp) describe un dispositivo de manipulación, en particular para manipular objetos hechos de materia flexible, que comprende componentes de retención que se pueden mover sobre una pieza de fijación con forma variable mediante de un componente de soporte.

40

La pieza de fijación con forma variable se pasa de un estado rígido a un estado relajado mediante el cambio de una magnitud física, tal como la temperatura o la presión. En el estado relajado, la pieza de fijación está floja y se deforma para adquirir la forma de una superficie sobre la cual se coloca una hoja de material flexible.

45

Un problema asociado al sistema descrito en el documento EP-A1-0 429 901 es que no es posible deformar la pieza de fijación hasta la forma de una superficie sin poner la pieza de fijación en contacto con la superficie. Por lo tanto, si se coloca una hoja de material flexible en la superficie o el sistema la sujeta durante este proceso, existe el riesgo de que el material se dañe por las fuerzas ejercidas entre la superficie y la pieza de fijación.

50

La solicitud de patente internacional WO-A-2015092364 (Short Brothers PLC) da a conocer un sistema de ajuste de posición para un atractor que comprende una placa de posicionamiento desechable adyacente a una superficie de un molde. Una transmisión se utiliza para mover y/o reorientar la placa de posicionamiento con respecto al molde. Al menos un posicionador cuelga de una abertura en la placa y se puede mover independientemente de ella. Al menos un atractor está conectado al al menos un posicionador y se proporciona una junta entre el posicionador y la placa de posicionamiento.

55

El aparato puede comprender una pluralidad de posicionadores y atractores y los atractores adyacentes pueden conectarse entre sí mediante conectores.

60

Un problema asociado al sistema dado a conocer en el documento WO-A-2015092364 es que cada atractor debe ser manipulado independientemente. Por lo tanto, el aparato es complicado, costoso y no fácilmente adaptable para manipular hojas de material de mayor tamaño.

65

Otro problema asociado al sistema descrito en el documento WO-A-2015092364 es que la orientación de un atractor solo puede variarse girando el posicionador por el punto en el que está conectado a la placa de posicionamiento. Esto

puede generar un cambio sustancial en la ubicación del atractor y puede dificultar la orientación de las caras activas de los atractores para que se ajusten a la superficie deseada al colocar el material.

5 La solicitud de patente internacional WO-A-2014094903 (Short Brother PLC) da a conocer un sistema de manipulación de tela que incluye una mesa de trabajo, un molde y un conjunto de manipulación de tela adaptado para transferir al menos una forma de tela desde la mesa de trabajo al molde. El conjunto de manipulación de tela incluye una pluralidad de atractores en un conjunto con orientación variable con respecto a la mesa de trabajo y el molde. Los atractores pueden estar suspendidos de un bastidor y ser desplazables verticalmente.

10 Un problema asociado al sistema descrito en el documento WO-A-2014094903 es que el sistema está limitado a la manipulación de hojas de material en un modo sustancialmente horizontal. Además, los atractores suspendidos verticalmente no se mantienen rígidamente en su posición, esto limita la precisión con la que el aparato puede manipular y manejar material flexible y aumenta el riesgo de que el material se dañe durante la manipulación.

15 Otro problema asociado a este sistema es que la orientación de los atractores no se puede controlar fácilmente. Por lo tanto, es difícil garantizar que la superficie activa del atractor se oriente directamente hacia una superficie deseada.

20 Es difícil garantizar que los conectores en los sistemas dados a conocer en los documentos WO-A-2014094903 y WO-A-2014094903 se ajusten a la misma superficie que las caras activas de los atractores. Por lo tanto, cuando hay una curvatura en la superficie sobre la cual se colocará una hoja de material flexible, la distancia entre los atractores y la superficie varía. Esto puede estirar el material retenido por los atractores cuando se induce una curvatura convexa o se arruga el material cuando se induce la curvatura cóncava. El documento ES-A-20110318 (Loxin) describe un soporte para mecanizar una hoja de metal. La hoja en este caso no es flexible en la misma medida que las telas tejidas. Otros ejemplos de sistemas se describen en los documentos US 4.527.783 (Grumman Aerospace), US
25 2014/0199153 (Broetje-Automation GmbH) y WO-A-2014/199124 (Universidad de Bristol).

El documento US 2014/199153 A1 (REINHOLD RAPHAEL) da a conocer un sistema para manipular una hoja de material flexible que incluye una placa flexible como soporte para cabezales de aspiración.

30 Ninguno de los sistemas descritos en cualquiera de las descripciones mencionadas anteriormente puede levantar y manipular una hoja de material o tela flexible, y superponerla de manera controlable sobre una superficie compleja sin plegarla, deformarla o dañarla.

35 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema para manipular hojas de material flexible que permita que las hojas de material flexible se levanten, manipulen y coloquen con un alto grado de precisión y se minimice al mismo tiempo el riesgo de daños al material.

Otro objeto del sistema es poder manipular grandes hojas de material flexible de manera fiable y repetible y ser modular y adaptable para una producción a gran escala.

40 Breve descripción de la invención

Según un primer aspecto de la invención, un sistema para manipular una hoja de material flexible incluye: un transportador principal que comprende una pluralidad de tiras flexibles paralelas dispuestas en pares; unas ríostros
45 primera y segunda que conectan entre sí tiras flexibles paralelas en una pluralidad de ubicaciones para definir así una pluralidad de dispositivos de montaje de conector que soportan cada uno un conector liberable que eleva o libera de manera selectiva una hoja de material flexible; al menos un medio de ajuste extremo está conectado a una tira e imparte una fuerza de tracción/compresión sobre la tira; y al menos un medio de desplazamiento actúa para desplazar al menos una de un par de tiras flexibles paralelas en una dirección perpendicular a su eje longitudinal; las fuerzas
50 aplicadas por el medio de ajuste extremo y el medio de desplazamiento se combinan para proporcionar una fuerza resultante que genera una flexión a lo largo de al menos una de las tiras y una torsión de al menos una de ellas, de modo que se define una curva polinómica a lo largo de la longitud de la al menos una tira, variando así la orientación y/o la ubicación de los dispositivos de montaje, de modo que unas caras activas de los conectores liberables se presentan paralelas a una superficie compleja.

55 Una ventaja del sistema es que es capaz de impartir desplazamiento e inclinación a muchas regiones pequeñas de una hoja en dos planos, de modo que las regiones teseladas sobre las que se actúa adoptan una forma general compleja. Un ejemplo es que anteriormente los accionadores solo podían orientar mordazas para que fueran normales a la superficie de un cilindro; mientras que la provisión de tiras flexibles paralelas permite que las superficies activas
60 se coloquen normales a la superficie de superficies complejas, tales como la definida por conos y curvas de silla de montar.

65 El sistema puede usarse para levantar, manipular, transportar y manejar hojas de material flexible, tales como: hojas de fibra de carbono o tela de fibra de vidrio u hojas de grafeno. Idealmente, las hojas de material flexible manipuladas por el sistema se levantan y/o depositan en posiciones seleccionadas por el usuario sobre una superficie tridimensional, tal como una mesa de trabajo o un molde.

- Las tiras se forman idealmente a partir de un material fuerte y flexible tal como fibra de carbono. El medio de ajuste extremo aplica de manera selectiva tensión y/o compresión en una primera tira de un par; y/o aplica de manera selectiva tensión y/o compresión en una segunda tira del par. Estas fuerzas, en combinación con las fuerzas perpendiculares aplicadas por el medio de desplazamiento, alteran la posición, así como la orientación, de dispositivos de montaje de conector, de modo que las caras activas de los conectores liberables varían debido a que las tiras flexibles se doblan y tuercen selectivamente. El medio de ajuste extremo se proporciona idealmente en cada extremo de cada tira flexible.
- En realizaciones preferidas, una hoja de material flexible, que está fijada a los conectores liberables, se mantiene con la forma de una superficie en tres dimensiones definidas por la ubicación y orientación de los conectores liberables. Por lo tanto, las orientaciones y/o ubicaciones variables de los conectores liberables permiten que el sistema mantenga de forma liberable una hoja de material o tela flexible en forma de una pluralidad de superficies diferentes definidas en tres dimensiones. Por lo tanto, cuando el sistema levanta una hoja de material flexible de una superficie, las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores liberables pueden variar de modo que el sistema mantenga la hoja de material o tela flexible en la misma forma o en una forma definida por el usuario. De esta forma, el sistema puede levantar la hoja de material o tela flexible de una superficie sin deformarla de ningún modo, minimizando así el riesgo de que la hoja se arrugue, se pliegue, se rasgue o se dañe de otra manera.
- De manera similar, el sistema puede colocar la hoja de material o tela flexible en una ubicación precisa sobre una superficie que puede no ser lisa o plana, sin dañar la hoja de material o tela flexible. Las posiciones y/u orientaciones de los conectores liberables varían de manera que el sistema sostiene la hoja de material o tela flexible en una forma que se ajusta a la de la superficie sobre la que se va a depositar. El sistema puede colocar la hoja sobre la superficie sin tener que liberar ninguna parte de la hoja antes de que se ponga en contacto con la superficie, esto minimiza el riesgo de que la hoja se arrugue, se pliegue, se rasgue o se dañe de otra manera.
- En realizaciones preferidas, se proporciona un medio para variar las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores liberables mientras se mantiene una hoja de material flexible para que pueda orientarse hacia un perfil o forma específica, por ejemplo, durante el tránsito desde que se recoge hasta que se coloca en una ubicación seleccionada.
- Opcionalmente, se conectan pares de tiras secundarias de manera perpendicular a los pares de tiras flexibles paralelas para ayudar a controlar la curvatura de una superficie compleja a lo largo de un segundo eje que puede definirse mediante el par secundario de tiras. Se pueden proporcionar accionadores para variar la posición y/o ubicación del par secundario de tiras.
- Las posiciones y/u orientaciones de los conectores liberables, que en uso se fijan a una hoja de material, pueden variarse mediante la desactivación selectiva de una o más caras activas para que algunas partes de la hoja puedan deformarse bajo el efecto de la gravedad.
- En realizaciones preferidas, el transportador principal tiene la forma de un soporte alargado, una grúa o una superficie plana flexible. Idealmente, los medios que varían las ubicaciones y/u orientación de los conectores liberables funcionan deformando el transportador principal hasta una superficie en tres dimensiones definidas por un usuario.
- El soporte alargado, la grúa o la superficie plana flexible que soporta los conectores, puede comprender una hoja o banda o tirante de un material flexible. La hoja o banda o tirante de material flexible puede consistir en una pluralidad de tiras flexibles estrechas. Si la superficie está formada por tiras flexibles, las tiras pueden estar dispuestas en forma cuadrada, rectangular, triangular u otra forma de rejilla.
- En algunas realizaciones, cada riorra de un par puede estar separada sustancialmente la misma distancia entre tiras adyacentes de tiras flexibles paralelas para definir una forma de malla cuadrada.
- Opcionalmente, las tiras flexibles paralelas pueden no estar interconectadas por riorras y, en cambio, estar dispuestas para ser independientes entre sí. En otra realización alternativa, una superficie plana flexible puede comprender una hoja estirable de material flexible fijada en un lado inferior de una pluralidad de tiras flexibles.
- Preferiblemente, los conectores liberables se apoyan sobre la superficie plana flexible de modo que, antes de que se libere la hoja de material flexible, las caras activas de los conectores se encuentran en el mismo plano que la superficie compleja sobre la cual se colocará la hoja de material flexible. Por lo tanto, cuando la superficie, o una parte de la superficie de la hoja de material flexible de material, se deforma o se superpone sobre una forma cóncava o convexa, la distancia desde la superficie compleja y las caras activas de cada uno de los conectores es idealmente constante. De ese modo, el sistema es capaz de superponer material no solo sobre superficies curvadas simples (tales como cilindros), sino también sobre objetos con superficies curvadas dobles, tales como superficies esféricas o superficies de esferoides ovalados o esferoides alargados (pelota de rugby); así como sobre las denominadas curvas de sillas de montar que pueden incluir una o más superficies cóncavas y convexas combinadas. Por lo tanto, una hoja de material flexible, mantenida por los conectores liberables, no se estira cuando se coloca sobre una superficie, lo que podría ser

producido por una forma convexa; o por plegado o arrugado que de otro modo podría ser causado por una forma cóncava.

5 En otras realizaciones preferidas, los medios con los que se varía la orientación y/o posición de los conectores liberables incluyen al menos un medio de ajuste de tira. El medio de ajuste de tira puede mover y/o deformar una o más de las tiras flexibles paralelas sobre las cuales están montados los conectores liberables. Por lo tanto, al mover o deformar las tiras flexibles, el medio de ajuste de tira varía las posiciones y/u orientaciones de los conectores liberables, y por extensión varía la forma tridimensional que adopta una hoja de material flexible mantenida por los conectores liberables.

10 En realizaciones preferidas adicionales, un tercer medio de ajuste está fijado a al menos un extremo de una tira flexible; el tercer medio de ajuste extremo desplaza la tira flexible en una tercera dirección que es diferente a las direcciones primera y segunda.

15 El medio de ajuste de tira puede mover y/o deformar las tiras individuales independientemente una de otra o puede mover y/o deformar las tiras flexibles como pares separados.

Opcionalmente, se proporciona un medio de torsión para imponer una torsión entre tiras adyacentes de un par para modificar el ángulo entre al menos una de un par de tiras flexibles paralelas y una línea que es normal a un punto en la superficie. El medio de torsión se fija a al menos un extremo de una tira flexible para aplicar una fuerza de torsión a fin de torcer la tira flexible alrededor de su eje alargado. El medio de ajuste extremo puede estar adaptado para aplicar la fuerza de torsión o puede usarse un accionador diferente para lograr esto.

20 Se aprecia que el medio de ajuste extremo se usa para desplazar una o más tiras flexibles, de manera que las posiciones y/u orientaciones de las caras activas de los conectores liberables montados sobre la tira se varíen de una manera precisa y controlable, variando así con precisión la superficie tridimensional que puede adoptar una hoja de material flexible (mantenida por los conectores liberables).

25 El medio de ajuste extremo incluye uno o más accionadores, tales como motores o solenoides que, cuando se accionan, pueden actuar directamente o mediante levas y/o engranajes para desplazar el extremo de una o más tiras flexibles. Se pueden incorporar otros medios de manipulación, por ejemplo, estos incluyen: manipuladores electromagnéticos, manipuladores piezoeléctricos, manipuladores hidráulicos o manipuladores neumáticos.

30 En realizaciones preferidas, al menos uno de los medios de ajuste extremos establece y mantiene al menos un extremo de una tira flexible en un ángulo fijo con respecto a puntos fijos sobre un bastidor del transportador o con respecto a la superficie tridimensional sobre la cual se va a colocar la hoja de material flexible. Esto permite que el perfil de la tira defina formas más complejas permitiendo un mayor control sobre las ubicaciones y/u orientación de los conectores liberables, de modo que cuando se accionan, el primer y el segundo medio de desplazamiento desplazan la tira de modo que su perfil defina una curva polinómica.

35 En realizaciones preferidas adicionales, los medios de desplazamiento primero y segundo están adaptados para moverse longitudinalmente a lo largo de la tira. Los medios de desplazamiento pueden consistir en brazos montados sobre el transportador principal con aberturas en el extremo que encierra una de las tiras flexibles. Las aberturas pueden ser lo suficientemente grandes como para deslizarse a lo largo de al menos una parte de la longitud de la tira y lo suficientemente pequeñas para que cualquier movimiento de los brazos de un medio de desplazamiento, en una dirección sustancialmente perpendicular a la longitud de la tira, haga que las tiras se desvíen. Los brazos están idealmente motorizados para que puedan deslizarse de manera controlable a lo largo de la tira flexible y desviar de manera controlable la tira flexible.

40 En algunas realizaciones, al menos uno de los medios de desplazamiento puede estar adaptado para moverse longitudinalmente a lo largo de la tira. En tales realizaciones, un medio de control puede ajustar el medio de ajuste de tira para desplazar gradualmente o deformar gradualmente al menos una tira flexible paralela.

45 Opcionalmente, se proporcionan soportes móviles longitudinalmente a lo largo de al menos una tira, por lo que las tiras pasan a través de las aberturas de modo que la ubicación y/u orientación de las tiras en las posiciones por las que pasan a través de las aberturas, se fijan, fijando así las tiras en estas ubicaciones y orientaciones. Debido a que las aberturas definen puntos específicos en el espacio, a través de los cuales deben pasar las tiras flexibles, las tiras flexibles pueden verse obligadas a adoptar perfiles muy complejos que definen curvas polinomiales de orden superior. Otras realizaciones del sistema pueden comprender medios de desplazamiento adicionales de modo que el perfil de las tiras pueda definir curvas polinómicas de orden aún más alto.

50 En algunas realizaciones, el medio de ajuste de tira puede comprender accionadores, tales como accionadores piezoeléctricos, distribuidos a lo largo de una o más tiras flexibles. Los accionadores pueden accionarse para extender, plegar o torcer una parte local de la tira flexible, induciendo así una curvatura cóncava o convexa de la tira y variando la desviación y/u orientación y/u ubicación de los conectores liberables, de modo que puedan colocarse de manera controlable en puntos sobre una superficie compleja.

- 5 En realizaciones preferidas de un sistema que comprende múltiples pares de tiras flexibles paralelas, unas riostras pueden estar adaptadas para conectar tiras adyacentes en diferentes ubicaciones a lo largo de la longitud de cada tira flexible, de modo que las riostras que conectan pares adyacentes de tiras flexibles paralelas se compensen entre sí. Alternativamente, se disponen pares de riostras que conectan tiras flexibles paralelas adyacentes de manera que cada par de riostras se separe sustancialmente la misma distancia entre tiras flexibles paralelas adyacentes para definir un conjunto regular de dispositivos de montaje de conector definidos por pares de tiras flexibles paralelas y pares de riostras.
- 10 Opcionalmente, las riostras son flexibles para ayudar a una cara activa de un conector a adoptar una orientación específica con respecto a una superficie que es particularmente útil cuando se coloca sobre una superficie curvada doble o superficies con curvas muy complejas.
- 15 En realizaciones preferidas adicionales, los conectores se pueden liberar con retenes de liberación rápida para que puedan reemplazarse fácilmente.
- 20 En realizaciones preferidas adicionales, se proporciona un medio para modificar el ángulo entre al menos una de un par de tiras flexibles paralelas y la normal a un punto en la superficie. Idealmente, esto se logra moviendo las riostras longitudinalmente a lo largo de las tiras en un modo para adaptarse a la torsión en al menos una de las tiras. El movimiento de las riostras a lo largo de una de las tiras imparte una fuerza sobre la otra tira. Se puede proporcionar un medio alternativo para modificar el ángulo entre tiras adyacentes de al menos uno de un par de tiras flexibles paralelas y la normal a un punto en la superficie, de modo que una curva polinómica sea definida por el lugar geométrico de puntos en el centro de cada cara activa de conectores liberables.
- 25 En una realización particularmente preferida del sistema, los conectores liberables son direccionables individualmente para que puedan ser accionados independientemente uno de otro. Esto es útil cuando se manipulan hojas más pequeñas de materiales flexibles, que pueden ser levantadas y mantenidas por algunos de los conectores liberables que soportan el transportador principal. Se activa un grupo de conectores liberables direccionados individualmente de modo que solo los activados estén en contacto con la parte de una hoja flexible (o una hoja más pequeña) para mantener y levantar la hoja. Esta característica puede implementarse para reducir la carga en el sistema; reducir el consumo de energía del sistema; o reducir el exceso de ruido producido por los accionadores necesarios para accionar los conectores liberables.
- 30
- 35 En realizaciones preferidas de la invención, los conectores liberables comprenden al menos uno de: una ventosa, un conector de vacío, un conector de aguja, un conector criogénico, un conector electromagnético y/o un conector electrostático. Preferiblemente, los conectores liberables comprenden caras activas que emplean mordazas de aspiración o vacío.
- 40 Diferentes conectores pueden ser más adecuados para hojas de diferentes materiales, por ejemplo, ventosas o conectores de vacío pueden ser más adecuados para materiales sensibles o delicados que se dañan fácilmente, tales como hojas delgadas de fibra de carbono. Sin embargo, los conectores electromagnéticos pueden ser más adecuados para hojas más pesadas de material magnético.
- 45 En realizaciones preferidas, el sistema comprende un sistema de modelado que usa un modelo geométrico de una superficie para determinar ubicaciones y/u orientaciones necesarias para que los conectores liberables definan la superficie.
- 50 En una realización preferida adicional, el sistema de modelado está adaptado para determinar una serie de ajustes polinómicos que definen el perfil de una serie de secciones transversales del modelo geométrico de la superficie. Esto podría lograrse utilizando un haz de exploración de radiación electromagnética y sensores adecuados. Un ejemplo es un láser de exploración y un sensor o conjunto de sensores adecuado.
- 55 Opcionalmente, el sistema de modelado se utiliza cuando los conectores liberables están montados en tiras flexibles paralelas, adaptadas para deformarse de modo que sus perfiles definan curvas polinómicas. El sistema de modelado se puede usar para verificar la calidad del ajuste definido por un perfil de secciones transversales paralelas de un modelo geométrico de la superficie que es adoptada por pares adyacentes de tiras flexibles paralelas. Cualquier discrepancia detectada se realimenta al medio de ajuste de tira seleccionado que luego se utiliza para deformar las tiras de modo que sus perfiles coincidan mejor con la curva polinómica deseada que se adapta a la superficie del modelo geométrico o superficie que se va a cubrir.
- 60 De manera ideal, el sistema de modelado puede modelar superficies con perfiles polinómicos en sección transversal de órdenes superiores a los que se pueden lograr mediante el transportador principal deformable. El uso del sistema en combinación con algoritmos para calcular errores también puede encontrar curvas polinómicas de orden inferior que se aproximan a una superficie. Esto permite que el sistema se use para definir superficies más complejas.
- 65

En realizaciones preferidas, el sistema comprende un sistema de control que varía la ubicación y/u orientación de los conectores liberables.

5 En realizaciones preferidas adicionales, el sistema comprende un sistema de modelado y un sistema de control que se integran de manera que cuando un usuario proporciona un modelo geométrico de una superficie deseada, el sistema de modelado determina las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores liberables necesarios para definir la superficie, y el sistema de control puede utilizarse para variar la ubicación y/u orientación de tiras flexibles de modo que las caras activas de los conectores definan la superficie.

10 En realizaciones preferidas del sistema, el transportador principal se puede desplazar mediante al menos un accionador que levanta y baja el transportador principal con respecto a la superficie. De manera ideal, los accionadores comprenden uno o más árboles verticales a lo largo de los cuales un transportador principal motorizado está adaptado para desplazarse.

15 El accionador permite que el sistema se use para levantar una hoja de material flexible de una superficie o para depositar una hoja sobre una superficie. Por ejemplo, el sistema puede usarse para levantar una hoja de tela de fibra de carbono de una mesa de trabajo o para depositar la hoja en un molde.

20 Se aprecia que el sistema no se limita a la manipulación de hojas de material en un modo sustancialmente horizontal y que las hojas se pueden levantar y mantener en planos horizontales, verticales o invertidos y colocar contra superficies que no sean totalmente horizontales. Esto se debe a que el transportador principal puede girarse, elevarse e inclinarse mientras que los conectores liberables mantienen la hoja de material flexible con una orientación precisa sin cambiar la forma de la superficie definida por las ubicaciones y orientaciones de los conectores liberables. El medio para girar, levantar e inclinar el transportador principal comprende idealmente al menos un brazo robot. Idealmente, también se proporciona una grúa o un robot soportado por una grúa.

25 En realizaciones preferidas, el transportador principal es soportado por uno o más brazos robot. En realizaciones preferidas adicionales, el brazo robot está adaptado para moverse alrededor de al menos tres ejes independientes.

30 En algunas realizaciones, el transportador principal es soportado por una grúa o robot sobre una grúa o brazo robot. El brazo robot puede adaptarse para moverse alrededor de al menos dos ejes independientes.

35 El al menos un brazo robot puede usarse para transportar una hoja de material flexible sostenida por el sistema desde una ubicación a otra, de modo que la hoja puede transferirse de una superficie inicial a una superficie final. Por ejemplo, el sistema puede levantar una hoja de material flexible de una mesa de trabajo (la superficie inicial) y el brazo robot puede transportar el sistema a un molde, superficie aerodinámica o fuselaje (superficie final) donde el sistema deposita la hoja.

40 El brazo robot mueve todos los conectores liberables simultáneamente, reubicando así la superficie que definen en tres dimensiones sin deformarla. En uso, el sistema puede bajarse sobre una hoja de material flexible en una mesa de trabajo después de que la posición y la orientación de los conectores liberables se varíen (por ejemplo, mediante el uso del medio de ajuste de tira) de modo que las caras activas de los conectores liberables se ubiquen y orienten para mantener una hoja con una forma idéntica a la de la mesa de trabajo. Luego se baja el transportador principal hasta que los conectores liberables puedan levantar la hoja de material flexible; las caras activas seleccionadas de los conectores, que pueden estar en contacto con la hoja, se activan después de modo que se fijen al material.

45 Luego se acciona el transportador principal para levantar el material de la mesa de trabajo y se usa un brazo robot u otro medio para transferir la hoja a la superficie final que puede ser un molde. Alternativamente, la superficie final, tal como un molde o álabe, puede desplazarse hacia el transportador, por ejemplo, mediante accionadores dispuestos para levantar y/o girar y/o inclinar la superficie.

50 En uso, la posición y orientación de los conectores liberables se varían después de modo que adapten la forma de la hoja sostenida por los conectores a la forma del molde. A continuación, el sistema baja la hoja de material flexible sobre el molde y los conectores se activan para liberar la hoja. El transportador principal se levanta después de la hoja, dejándolo en una posición deseada en el molde.

55 En algunas realizaciones, el sistema incluye un medio de formación de imágenes que explora un haz electromagnético para obtener una imagen de una superficie a fin de determinar las ubicaciones y/u orientaciones necesarias para caras activas de conectores liberables a fin de alinearse con la superficie compleja y/o un sistema de control que se utiliza para controlar la cantidad de fuerza aplicada por cada conector liberable. En tales realizaciones, la comunicación entre el medio de formación de imágenes y el sistema de control es a través de un sistema de comunicación inalámbrica.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona una línea de montaje que comprende una pluralidad de sistemas como se describe anteriormente.

65

La línea de montaje puede comprender una pluralidad de sistemas de modo que un gran número de transportadores principales sean soportados por diferentes medios de transporte sincronizados tales como robots o grúas.

5 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un método para usar un sistema tal como se describe anteriormente, en donde las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores liberables se varían de modo que definan una superficie en una ubicación inicial desde la cual se va a levantar una hoja de material flexible, el transportador principal se desplaza con respecto a la superficie inicial de modo que los conectores se pongan en contacto con la hoja; los conectores se accionan de manera que puedan levantar la hoja; y el transportador principal se desplaza para retirar la hoja de la ubicación inicial, durante el tránsito, las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores se varían de manera que la hoja se deforme de su forma inicial a la forma de una superficie final en tres dimensiones sustancialmente idéntica a la de una superficie final sobre la cual se colocará la hoja; colocando el transportador principal de modo que la hoja se ponga en contacto con la superficie final y liberando los conectores para colocar la hoja de material flexible sobre la superficie final.

15 Se pueden emplear diferentes técnicas al colocar una hoja sobre la superficie final; la hoja puede bajarse directamente sobre la superficie de manera que todos los puntos en una superficie de la hoja entren en contacto con la superficie final simultáneamente. Alternativamente, una sola parte de la hoja, tal como una esquina o borde, puede ponerse en contacto con la superficie final inicialmente y el resto de la hoja posteriormente.

20 Los accionadores pueden direccionarse de modo que se desplacen gradualmente en pequeños pasos del orden de milímetros.

Ahora se describirán realizaciones preferidas de la invención, con referencia a las figuras, en las que:

25 Breve descripción de las figuras

La figura 1 es una vista general isométrica de una realización de un transportador;

30 La figura 2 es una vista detallada de un medio de desplazamiento y conectores liberables montados en un par de tiras paralelas;

La figura 3 es una vista detallada que muestra la conexión entre dos tiras flexibles y un medio de ajuste extremo;

35 La figura 4 es una vista general detallada de un par de tiras flexibles paralelas que muestran un medio de fijación extremo y un medio de desplazamiento; y

La figura 5 es una vista esquemática general de un sistema incluido en una línea de producción dispuesta para manipular hojas muy grandes de material flexible.

40 Descripción detallada de las figuras

Con referencia a las figuras, generalmente se muestra una realización de la invención en la que los conectores liberables 20 están montados sobre 3 pares de tiras flexibles paralelas 10 que se mueven y/o deforman usando un medio de ajuste de tira que comprende un medio de ajuste extremo 40 y un medio de desplazamiento 30, 31.

45 La figura 1 muestra una vista general isométrica de una realización de un transportador 110 como parte de un sistema 100. El transportador 110 comprende seis conjuntos de tiras flexibles paralelas 10 dispuestas en pares soportados sobre un bastidor 50. Cada par de tiras flexibles paralelas 10 está fijado a uno de un par de accionadores primero y segundo 56, 58 que están ubicados en cada extremo de las tiras flexibles paralelas 10 y conectados a las tiras 10 a través de un medio de ajuste extremo 40. Los accionadores 56, 58 están montados en extremos opuestos de un bastidor 50. Seis medios de desplazamiento 30, 31 también están montados sobre el bastidor 50.

50 El bastidor 50 está construido de un material fuerte y liviano tal como aluminio y generalmente tiene forma triangular. En el centro del bastidor 50 hay un dispositivo de montaje superior 52 y un dispositivo de montaje inferior 54. Los dispositivos de montaje 52 y 54 están adaptados para permitir que el sistema 100 se monte en un brazo robot o una grúa.

60 Unos accionadores primero y segundo 56, 58 están montados en extremos opuestos del bastidor 50. El primer medio de desplazamiento 30 y el segundo medio de desplazamiento 31 están asociados cada uno con un par de tiras flexibles paralelas 10 que también están montadas en el bastidor 50. Los medios de desplazamiento 30, 31 están ubicados idealmente equidistantes del centro del bastidor, aproximadamente a un tercio de cada extremo del bastidor 50. Se entiende que se pueden proporcionar medios de desplazamiento adicionales e idealmente estos también se ubicarían con una separación igual entre sí a lo largo de la longitud del bastidor 50.

65 En la realización mostrada, hay tres pares de tiras flexibles paralelas 10 que están suspendidas por debajo del bastidor 50, entre los dos accionadores 56, 58. Cada tira 10 se fija a un accionador extremo a través de un medio de ajuste

extremo 40. Las tiras flexibles paralelas 10 están dispuestas en pares conectados por riostras 12 que son perpendiculares a las tiras 10. Las riostras 12 están distribuidas a lo largo de las longitudes de las tiras 10 con una separación entre las riostras 12 que es igual a la separación entre tiras flexibles paralelas adyacentes 10 en cada par, de modo que las riostras 12 y las tiras 10 definen una serie de cuadrados a lo largo de la longitud del par de tiras flexibles paralelas 10.

Cada par de riostras 12 tiene un conector liberable 20 montado entre ellas mediante un dispositivo de montaje de conector 14, que está montado entre las riostras 12. Como el espacio intermedio entre riostras a lo largo de la longitud de las tiras es igual, es evidente que un conector liberable 20 está montado efectivamente en espacios cuadrados definidos por cuadrados alternos a lo largo de cada par de tiras flexibles paralelas 10.

Por lo tanto, cada par de tiras flexibles paralelas 10 tiene diez conectores liberables 20 montados entre ellos. Tres conectores liberables 20 están montados entre cada medio de desplazamiento 30 y 31 y cada medio de ajuste extremo 40 y cuatro conectores liberables 20 están montados entre el primer medio de desplazamiento 30 y el segundo medio de desplazamiento 31.

Las tiras flexibles 10 están construidas de un material fuerte y flexible, tal como fibra de carbono. Este material se adapta a flexiones y torsiones repetidas para garantizar que las tiras no fallen. La flexibilidad y durabilidad del material también asegura que las tiras puedan ajustarse mediante fuerzas de flexión y torsión repetidas, que son impuestas por el medio de ajuste extremo 40 y el medio de desplazamiento 30, 31. Esta flexión selectiva mueve y/o deforma las tiras 10 de modo que sus perfiles puedan configurarse para definir curvas polinómicas de segundo, tercer, cuarto o quinto orden a lo largo de sus ejes.

Como cada par de tiras flexibles paralelas 10 puede configurarse para definir una curva polinómica diferente, por ejemplo, correspondiente a una sección transversal diferente de una superficie en tres dimensiones, también se entiende que, cuando pares de tiras flexibles paralelos se colocan adyacentes uno a otro para definir un conjunto, también se puede definir una superficie compleja, definida perpendicular a los ejes de las tiras 10. Por lo tanto, el medio de ajuste de tira puede ajustar los pares paralelos de tiras flexibles paralelas 10 de modo que puedan definir una pluralidad de superficies complejas diferentes en tres dimensiones.

Los conectores liberables 20 son conectores de aspiración que utilizan un efecto Venturi para maximizar su fuerza de atracción. Una tubería de aire comprimido 26 conecta conectores liberables 20 a una bomba (no mostrada) y hace que el aire sea aspirado (o soplado) a través de un conector 20. Cuando una válvula (no mostrada) es accionada por un controlador remoto, que funciona bajo el control de software, se activa una cara activa 24 del conector liberable 20 y puede agarrar y sostener una hoja de material con una fuerza deseada que depende de la velocidad del flujo de aire que pasa a través del conector. Una vez que el aire fluye a través del conector y sale por un tubo de escape 22, la cara activa 24 del conector actúa de manera similar a una ventosa neumática y arrastra y sujeta la hoja de material flexible.

La exploración o modelado de la superficie se puede realizar utilizando un medio de formación de imágenes, tal como un láser. Esto puede usarse para obtener datos relacionados con la forma de la superficie o pueden obtenerse datos de un dibujo o de una fuente de datos de diseño asistido por ordenador (CAD), tales como los que se usan para diseñar o formar la superficie. Idealmente, se proporcionan sensores adecuados (no mostrados) que permiten realimentar señales referentes a la posición, ubicación y orientación de los componentes clave, tales como la posición y orientación de conectores liberables 20 del sistema para actuar como un índice o posición de salida.

Los conectores liberables 20 están conectados de manera solidaria a riostras 12 de modo que sus caras activas 24 son paralelas a la superficie definida por curvas polinómicas de las tiras 10. Los accionadores primero y segundo 56, 58 comprenden cada uno un par de árboles verticales fijados a tres medios de ajuste extremos 40 por su extremo inferior, los extremos superiores de los árboles pasan a través de aberturas montadas en los extremos del bastidor 50 y están adaptados para desplazarse a través de las aberturas de manera que se pueda ajustar la distancia entre el bastidor y el transportador principal.

Con referencia a la figura 2, se muestra una vista isométrica detallada de la sección de un par de tiras flexibles paralelas 10, donde se encuentra un segundo medio de desplazamiento 31. El medio de desplazamiento 31 comprende un brazo 34 cuyo extremo está conectado a un par de tiras flexibles paralelas 10 mediante un par de aberturas 32. Las aberturas están dimensionadas adecuadamente de manera que las tiras 10 puedan deslizarse libremente a través de ellas. La anchura de cada abertura permite una pequeña cantidad de movimiento vertical que puede manifestarse como una torsión. El medio de desplazamiento 31 puede moverse a lo largo de las tiras 10 entre pares de riostras 12 que definen un dispositivo de montaje 14 y un medio de conexión liberable 20.

El brazo 34 del medio de desplazamiento 31 está adaptado para tener una longitud ajustable de modo que pueda desplazar la sección del par de tiras flexibles paralelas que están fijadas al mismo, en la dirección paralela a la longitud del brazo de modo que el perfil del par de tiras flexibles paralelas defina una curva polinómica. La longitud del brazo 34 puede adaptarse para cambiar cuando los accionadores primero y segundo 56, 58 se usen para ajustar la

separación entre el transportador principal y el bastidor, de modo que el movimiento del medio de ajuste extremo 40, fijado al extremo de los accionadores 56, 58, no deforme la curva polinómica definida por las tiras 10.

5 La figura 3 muestra una vista isométrica detallada de la conexión entre un par de tiras flexibles paralelas 10 y un medio de ajuste extremo 40. Cada par de tiras flexibles paralelas 10 se fija a un accesorio rígido 42 de manera que los extremos de las tiras 10 permanezcan paralelos al accesorio rígido 42. Por lo tanto, al cambiar la ubicación y el ángulo del accesorio rígido 42 con respecto al resto del sistema, el medio de ajuste extremo 40 puede cambiar la posición y el ángulo de los extremos de las tiras 10.

10 Cada medio de ajuste extremo 40 comprende una serie de medios de ajuste extremos interconectados 40 que controlan la orientación y ubicación de un accesorio rígido 42. La figura 4 muestra una vista isométrica de una longitud de un par de tiras flexibles paralelas 10, que muestra la fijación del medio de ajuste extremo 40 y el primer medio de desplazamiento 30.

15 La figura 5 muestra una vista general de una línea de producción que comprende múltiples sistemas 100 que están formados por pares de robots 130 y 130. Cada sistema 100 de la línea de producción se controla mediante un ordenador principal 200 que supervisa y gestiona las funciones de elevación y manipulación de la hoja de material flexible sobre la superficie 120, así como el desplazamiento de pares de robots 130 y 130 a lo largo de carriles 140.

20 La comunicación entre el ordenador 200 y los robots 130 se realiza mediante un sistema RF que comprende un transmisor 210 y receptores 220. Opcionalmente, una serie de módulos cableados (no mostrados) se pueden disponer de extremo a extremo para formar un portadatos delgado relativamente largo. Alternativamente, se pueden usar fibras ópticas para transportar datos hacia y desde cada sistema 100. Por ejemplo, para manipular telas, es adecuado un transportador 110 normalmente de 20 m de largo y alrededor de 1,5 m de ancho. El transportador 110 tiene
25 aproximadamente 140 conectores liberables 20 a lo largo y alrededor de 10 conectores liberables 20 dispuestos en sentido transversal.

Los expertos en la materia apreciarán que la invención se ha descrito solo a modo de ejemplo y que se pueden adoptar varios enfoques alternativos sin apartarse del ámbito de aplicación de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, el sistema se puede utilizar para superponer hojas de material sobre una estructura abovedada, tal como un recipiente a presión o una máquina de autoclave que puede expandirse y resistir
30 tensiones periféricas en el recipiente a presión.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema (100) para manipular una hoja de material flexible que incluye: un transportador principal (110) que comprende una pluralidad de tiras flexibles paralelas (10) dispuestas en pares; unas riostras primera y segunda (12) que conectan entre sí tiras flexibles paralelas (10) en una pluralidad de ubicaciones para definir así una pluralidad de dispositivos de montaje de conector (14) que soportan cada uno un conector liberable (20) que eleva o libera de manera selectiva una hoja de material flexible; al menos un medio de ajuste extremo (40) se conecta a una tira (10) e imparte una fuerza de tracción/compresión sobre la tira (10); y al menos un medio de desplazamiento (30) actúa para desplazar al menos una de un par de tiras flexibles paralelas (10) en una dirección perpendicular a su eje longitudinal; las fuerzas aplicadas por el medio de ajuste extremo (40) y el medio de desplazamiento (30) se combinan para proporcionar una fuerza resultante que genera una flexión a lo largo de al menos una de las tiras (10) y una torsión de al menos una de ellas, de modo que se define una curva polinómica a lo largo de la longitud de la al menos una tira (10), variando así la orientación y/o la ubicación de los dispositivos de montaje (14), de modo que unas caras activas (24) de los conectores liberables (20) se presentan paralelas a una superficie compleja.
- 15 2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona un medio para imponer una torsión entre tiras adyacentes (10) de un par de tiras flexibles paralelas (10) a fin de modificar el ángulo definido entre una línea sobre la superficie de al menos una de un par de tiras flexibles paralelas (10) y una línea que es normal a un punto sobre la superficie compleja.
- 20 3. Sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el medio de ajuste extremo (40) está adaptado para aplicar una fuerza de torsión sobre al menos una tira (10) de un par de tiras flexibles paralelas (10).
- 25 4. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un segundo medio de ajuste extremo está fijado a al menos un extremo de una tira de un par de tiras flexibles paralelas (10), desplazando el segundo medio de ajuste extremo al menos una tira flexible paralela (10) en una segunda dirección que es diferente a la dirección en la que el primer medio de ajuste extremo (40) desplaza las tiras flexibles paralelas (10).
- 30 5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los medios de desplazamiento (30) está adaptado para moverse longitudinalmente a lo largo de la tira.
6. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que pares de riostras (12) que conectan tiras flexibles paralelas adyacentes (10) son ajustables longitudinalmente a lo largo de cada tira flexible paralela (10).
- 35 7. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se pueden direccionar conectores liberables (20) de manera individual de manera que se pueden accionar independiente.
- 40 8. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un medio de control (200) se utiliza para ajustar un par de tiras flexibles paralelas (10) independiente de otro par de tiras flexibles paralelas (10).
- 45 9. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transportador principal (110) se puede desplazar usando al menos un accionador que sube y baja el transportador principal.
- 50 10. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un medio de formación de imágenes que explora un haz electromagnético para obtener una imagen de una superficie a fin de determinar las ubicaciones y/u orientaciones necesarias para caras activas (24) de conectores liberables (20) para alinearse con la superficie compleja.
- 55 11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el sistema determina una serie de ajustes polinómicos que definen el perfil de una serie de secciones transversales paralelas de la superficie compleja.
- 60 12. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un sistema de control (200) que se utiliza para controlar la cantidad de fuerza aplicada por cada conector liberable (30).
- 65 13. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el medio de formación de imágenes y el sistema de control (200) están integrados de manera que el sistema determina las ubicaciones y/u orientaciones de los conectores liberables (20) necesarios para definir la superficie compleja, y el sistema de control (200) varía la ubicación y/u orientación de tiras flexibles paralelas (10) de manera que los conectores liberables (20) se configuran para definir la superficie compleja.
14. Línea de montaje que comprende múltiples sistemas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
15. Uso del sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 en la fabricación de una estructura compuesta.

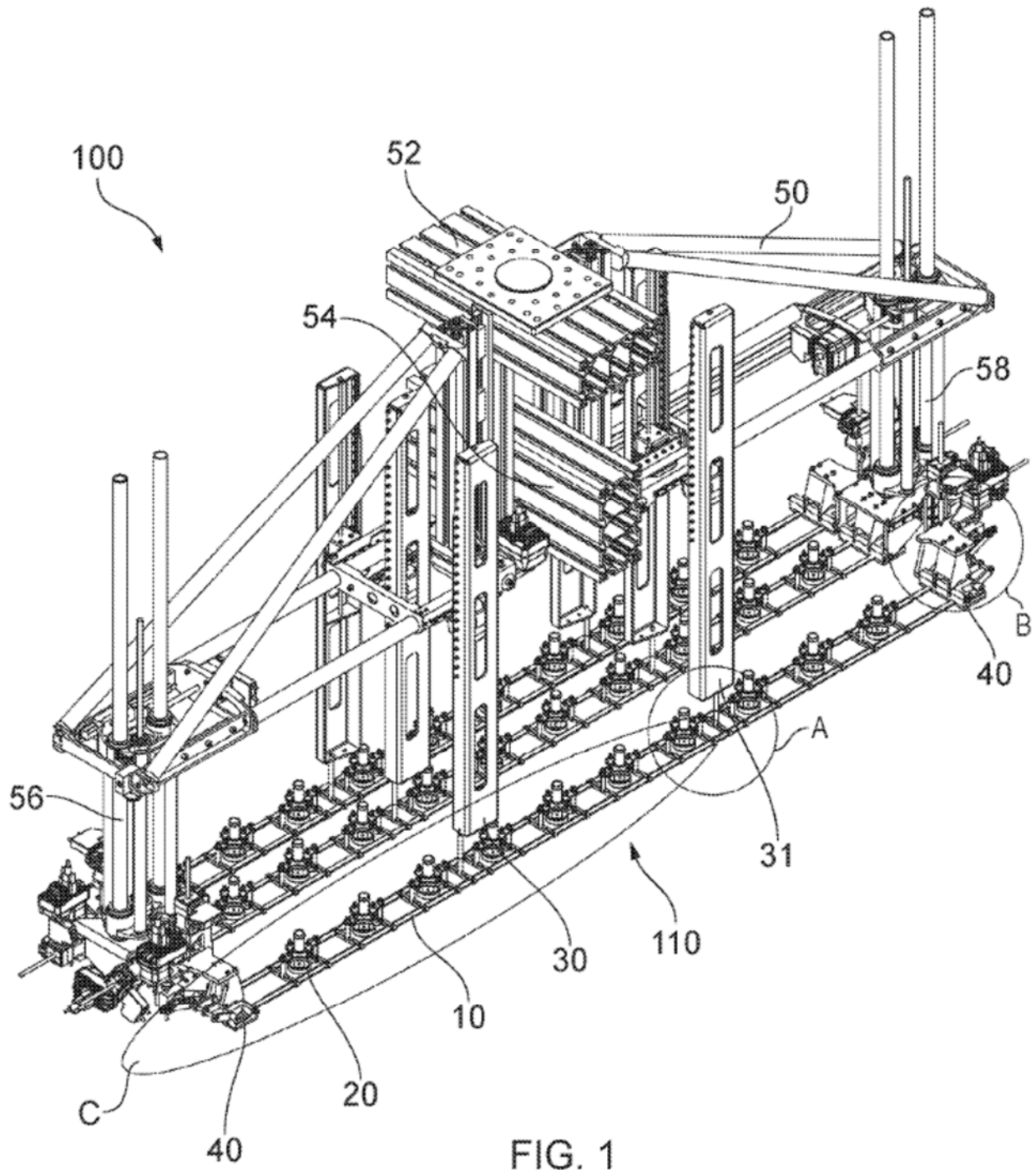


FIG. 1

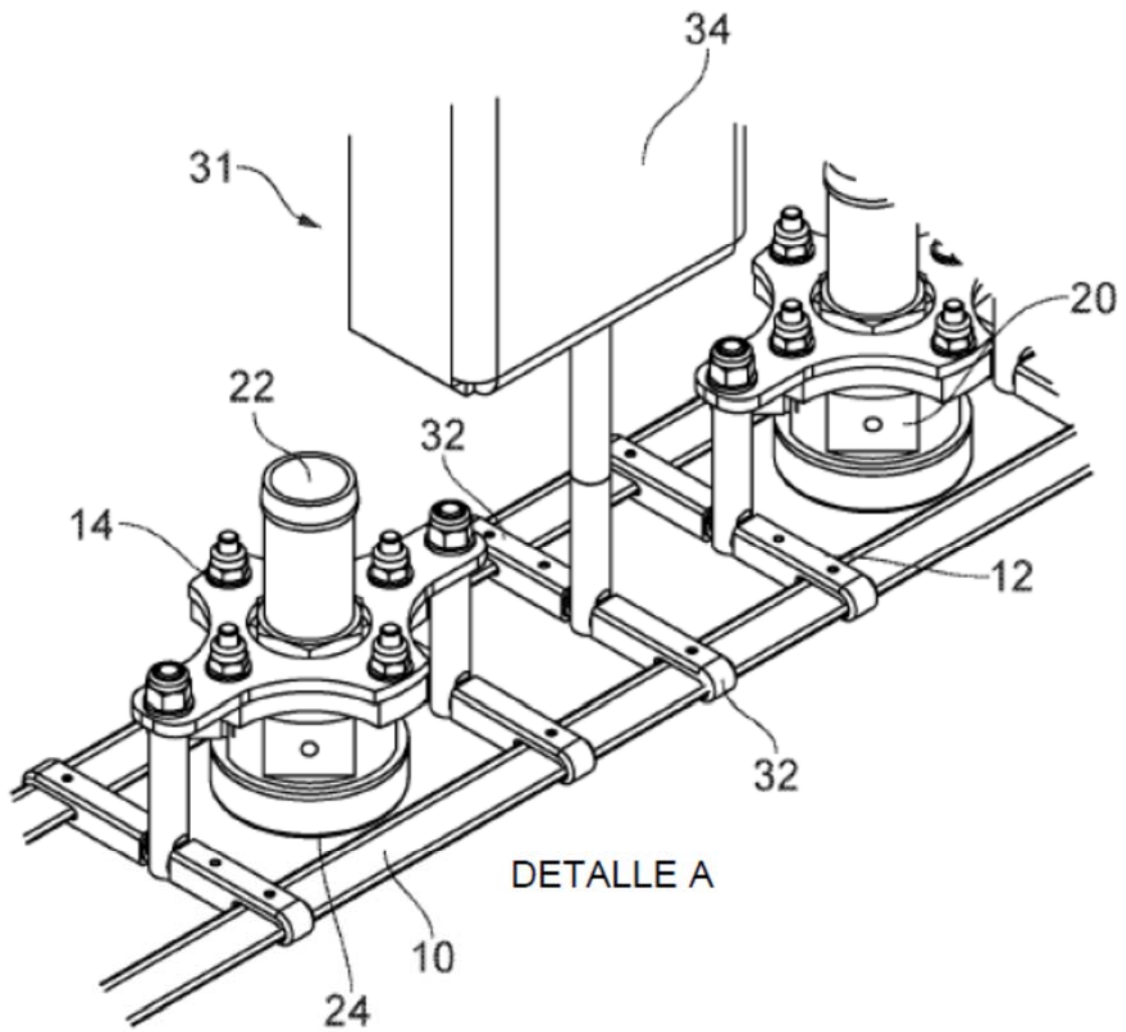


FIG. 2

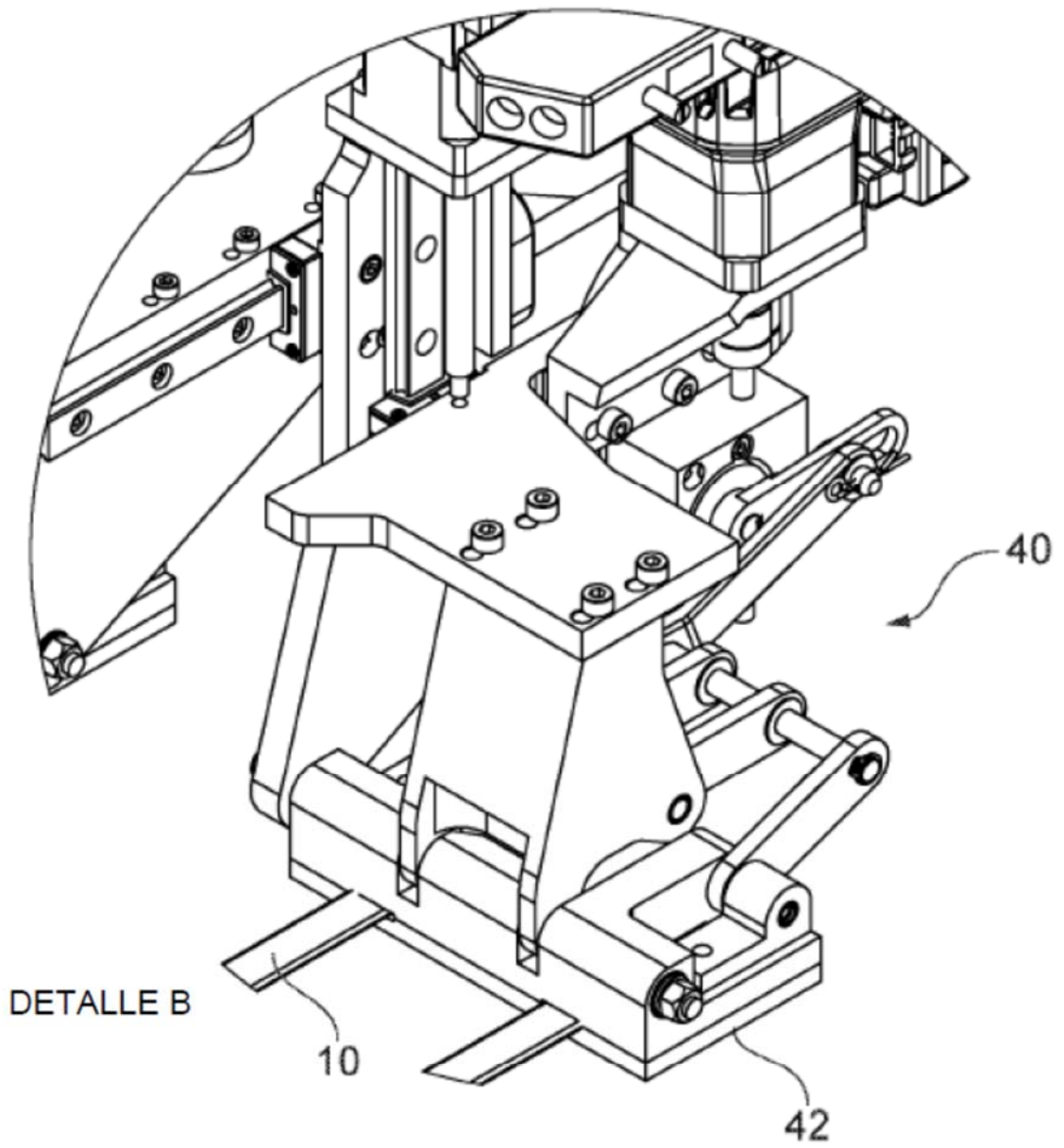
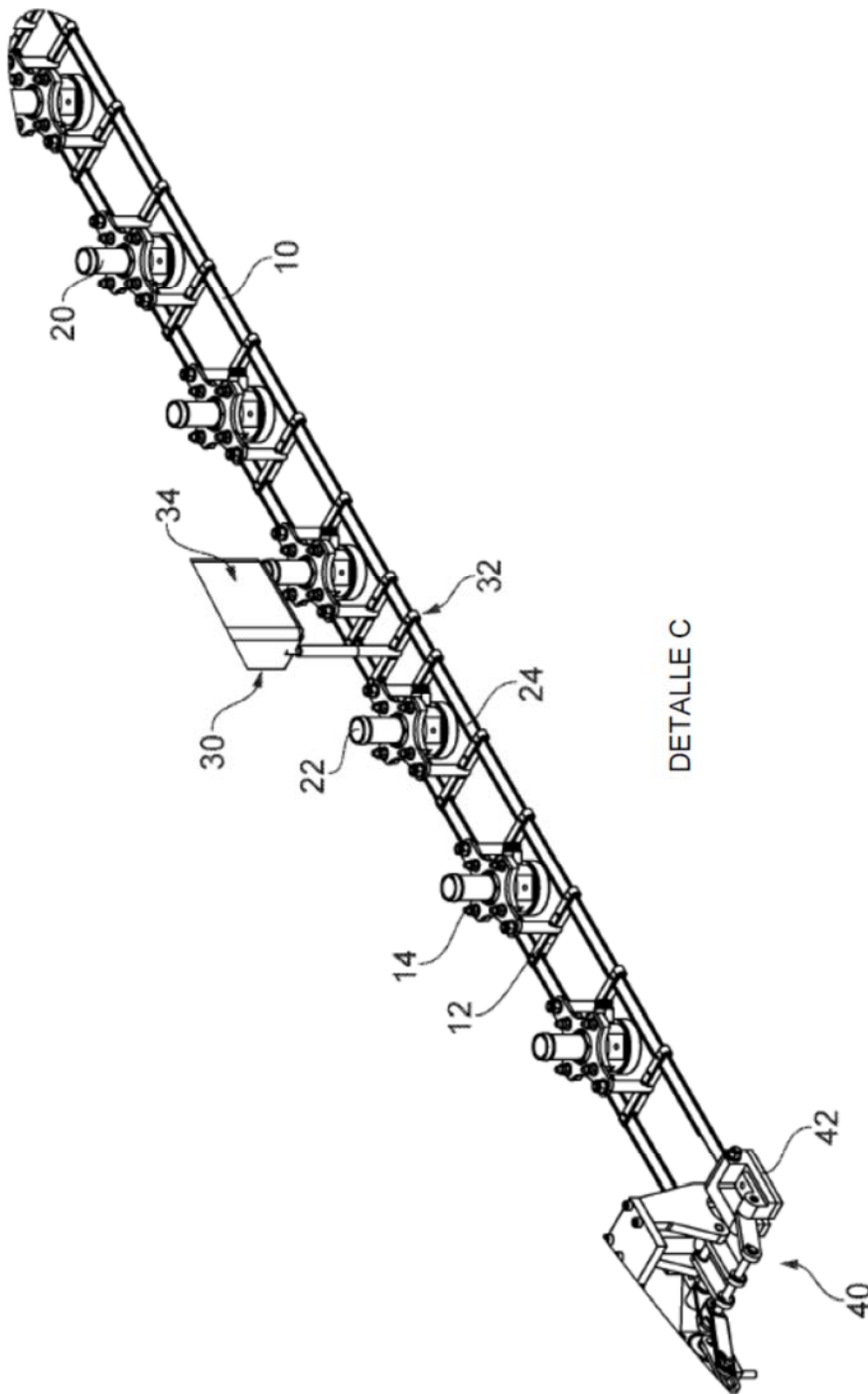


FIG. 3



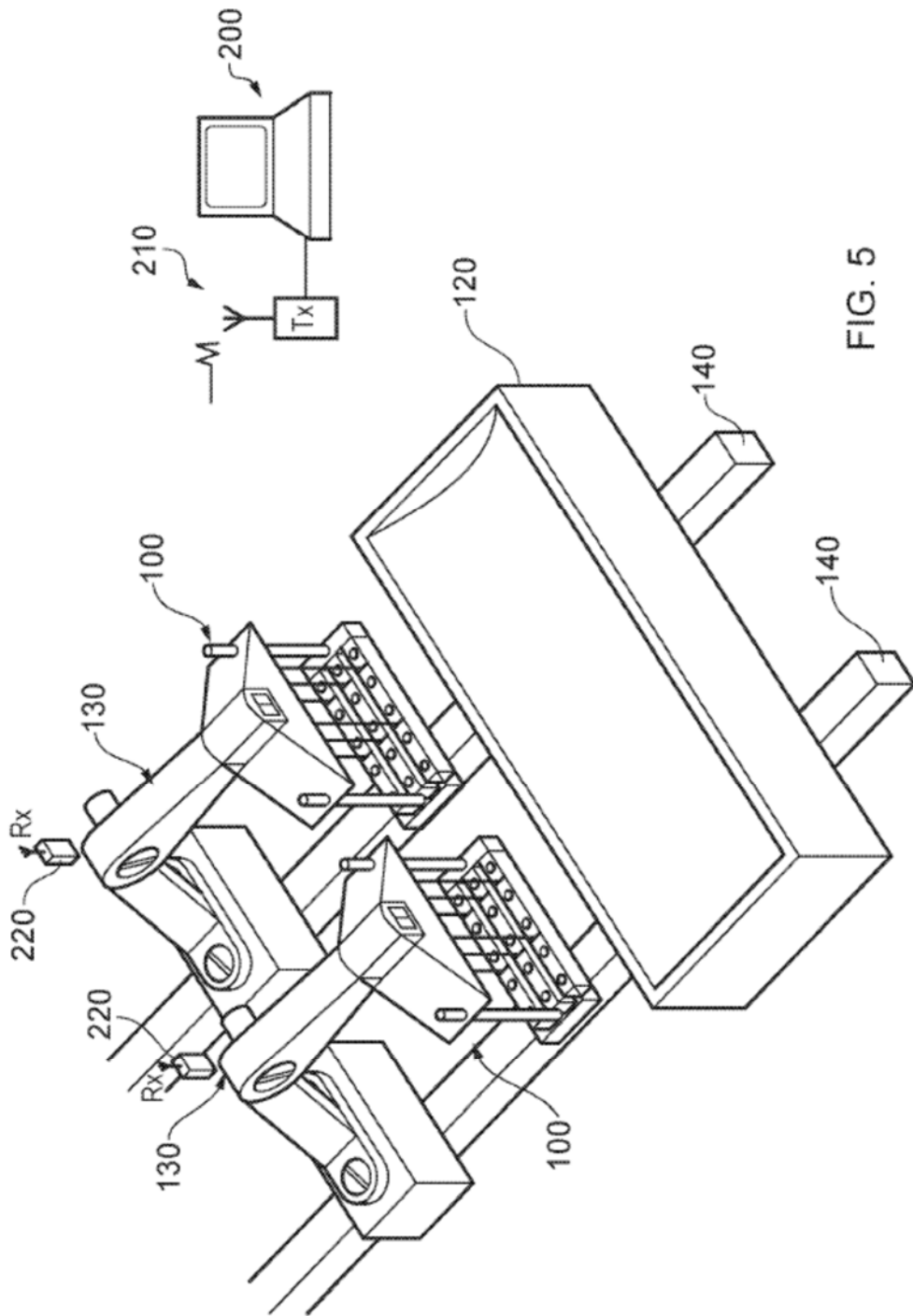


FIG. 5