

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 073**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/30** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**G01B 11/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2022** **PCT/EP2022/052596**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2022** **WO22167531**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2022** **E 22703635 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 4263189**

54 Título: **Sistema de producción, método y producto de programa informático**

30 Prioridad:

**04.02.2021 EP 21382093**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.02.2025**

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S**  
**(100.00%)**

**Borupvej 16**  
**7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**KASER, KENNETH LEE;**  
**LUECHT, DANIEL;**  
**GÜLINK, HENDRIK;**  
**MAINSTONE, FIONNAN THEODORE;**  
**STEGE, JASON y**  
**SVENDSEN, BJARNE HAAHR**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 999 073 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 producción, método y producto de programa informático

5 La presente invención se refiere a un sistema de producción, un método y un producto de programa informático.

Producir más potencia usando una turbina eólica en condiciones de viento dadas, puede lograrse aumentando el tamaño de las palas. Sin embargo, la fabricación de palas de turbina eólica se está volviendo cada vez más difícil para los cada vez mayores tamaños de pala.

10 Las palas de las turbinas eólicas se fabrican a partir de hojas de material de fibra que se infunden con una resina y se curan en un molde. Dado que las cuchillas son cada vez más grandes, el proceso de colocación de las hojas es crucial en lo que respecta al coste y el tiempo del proceso.

15 El documento EP 0 470 901 A1 describe un aparato para colocar un componente mediante el ensamblaje de cintas o tejidos fibrosos, preimpregnados con resina, sobre una herramienta de moldeo, en el que las listas de instrucciones escritas que describen las etapas de fabricación se sustituyen por proyecciones de imágenes en la herramienta que indican al operador la naturaleza y la posición de los recortes que se van a colocar sucesivamente.

20 El documento US 6.064.429 A describe un sistema de detección de vídeo de objetos extraños que comprende una cámara de televisión para producir una imagen a color digital de una superficie de trabajo, un convertidor que tiene acceso directo a la memoria de un ordenador, un software de detección de color y procesamiento de imágenes en color, una lógica para discriminar objetos considerados un objeto extraño en la superficie de trabajo o sobre una hoja de material en la superficie de trabajo, una lógica para proporcionar una advertencia apropiada al operador y controles de entrada para seleccionar el área de interés para su detección y para optimizar la técnica de detección basándose en la situación de fabricación.

25 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de producción, un método y un producto de programa informático que proporcione un enfoque mejorado hacia la producción de un componente de fibra compuesta.

30 Este objeto se logra mediante la materia objeto definida en las reivindicaciones independientes adjuntas.

En consecuencia, se proporciona un sistema de producción para producir un componente de fibra compuesta, en particular, una pala de turbina eólica, como se indica en la reivindicación 1.

35 De esta manera, se puede monitorizar el proceso de colocación de las hojas y se pueden detectar las desviaciones fácilmente y a medida que se producen. La retroalimentación se envía a un trabajador que a continuación puede reaccionar en consecuencia, p. ej., puede ajustar la posición de una hoja. En realizaciones, la retroalimentación también se puede dar a un robot, controlándose el robot para realizar la colocación de las hojas. "Robot" en la presente memoria incluye cualquier dispositivo o máquina total o parcialmente automatizado.

40 El parámetro de referencia puede ser un valor esperado u objetivo. Por ejemplo, el parámetro de referencia se lee desde un dispositivo de almacenamiento del sistema. El parámetro de referencia puede determinarse empíricamente, mediante modelización (es decir, simulación) o de cualquier otra manera antes de la operación del sistema. El parámetro de referencia, el valor comparativo y/o la retroalimentación o guía dada pueden mejorarse a través del aprendizaje automático (usando, p. ej., redes neuronales y/o aprendizaje profundo) durante la operación del sistema.

45 En la presente memoria, "hojas colocadas sobre la superficie de trabajo" ha de entenderse las hojas que se encuentran directamente sobre la superficie de trabajo o indirectamente con otras hojas, madera de balsa u otros materiales colocados entre ellas.

50 Preferiblemente, la retroalimentación se proporciona en tiempo real. Es decir, la retroalimentación se proporciona sustancialmente al mismo tiempo que cambian las características capturadas. Por ejemplo, la retroalimentación se proporciona en menos de 5 segundos, 3 segundos o 1 segundo desde el cambio.

55 Preferiblemente, las características se capturan de forma continua a medida que se coloca una hoja respectiva sobre la superficie de trabajo.

60 "Superficie de trabajo" es cualquier superficie configurada para soportar las hojas. La superficie de trabajo puede ser una superficie de un molde, una porción de molde, un mandril o cualquier otra herramienta, plantilla o accesorio usado para producir un componente de fibra compuesta. Por otro lado, la superficie de trabajo también puede estar formada por una parte o componente (en particular, un componente de fibra compuesta premoldeada o curada). Por ejemplo, de esta manera se pueden realizar reparaciones en un componente de fibra compuesta que ya se ha producido y usado en el campo.

65

Las hojas comprenden material de fibra, p. ej., fibras de carbono y/o vidrio. Las hojas pueden infundirse con una resina después de que se haya completado la colocación, o las hojas pueden contener ya la resina en el momento en que se colocan sobre la superficie de trabajo (p. ej., material preimpregnado o segmentos pultruidos, extruidos o prefabricados).

El dispositivo informático puede comprender uno o más microprocesadores, memoria (p. ej., RAM, ROM), un disco duro (p. ej., SSD), etc. Al determinar el parámetro (en particular, una posición) de las características capturadas y comparar dicho parámetro con un parámetro de referencia (en particular, una posición de referencia), se puede usar el color y/o la ubicación de los píxeles capturados. En particular, el dispositivo informático puede generar un perfil de altura y/o un perfil 3D del volumen de espacio por encima y/o que incluye la superficie de trabajo. En el caso del LIDAR, por ejemplo, se pueden medir las distancias entre el sensor y un objeto respectivo. El dispositivo informático puede combinar estas distancias para generar el perfil de altura y/o perfil 3D del volumen de espacio por encima de y/o que incluye la superficie del molde.

Según una realización, el dispositivo óptico comprende una pluralidad de cámaras ópticas y/o sensores LIDAR.

Estos tipos de sensores son bien adecuados para capturar las características ópticas de la superficie de trabajo o las hojas.

Según una realización adicional, el sistema incluye un molde y la superficie de trabajo es una superficie de molde, y/o el dispositivo óptico captura características dentro de un volumen por encima de y/o que incluye la superficie del molde, preferiblemente en su totalidad.

P. ej., la superficie del molde puede estar comprendida por una mitad del molde. El molde puede configurarse para curar las hojas usando calor y/o presión.

Preferiblemente, se monitoriza toda la superficie del molde. En particular, todo el molde se monitoriza a través de todo el proceso de colocación (es decir, desde la primera hasta la última hoja que se está colocando).

Según una realización adicional, las características capturadas comprenden bordes, material y/o defectos de las hojas, puntos de referencia sobre la superficie de trabajo y/u objetos extraños y/o el parámetro incluye una posición (p. ej., coordenadas 3D), geometría, color y/o textura.

Los bordes son particularmente útiles para determinar la ubicación correcta de una hoja respectiva. Además, el material (fibras, acero, madera) puede identificarse usando, p. ej., el color. Un "objeto extraño" es un objeto que no ha de combinarse con otras partes para formar los componentes compuestos que se van a producir. El dispositivo informático puede configurarse para determinar que un objeto es un objeto extraño (i) evaluando el valor comparativo (es decir, en particular, evaluando la cuestión de cómo debería ser la superficie respectiva sin el objeto; en este caso, los parámetros evaluados con respecto al objeto pueden ser su posición, geometría, color, etc.) y/o (ii) evaluando los datos contextuales, por ejemplo, relacionados con los trabajadores en el área adyacente del objeto. Por ejemplo, si ningún trabajador interactúa con un objeto que no puede asociarse con ninguno de los materiales (hojas, madera de balsa, etc.) que componen el componente compuesto que se va a producir o con la propia superficie de trabajo durante más de un período de tiempo predefinido (p. ej., 10 minutos), a continuación, el dispositivo informático decide que el objeto es un objeto extraño. Los objetos extraños pueden ser herramientas (p. ej., tijeras o arandelas), etc.

Según una realización adicional, la retroalimentación incluye una retroalimentación visual y/o acústica.

Esta retroalimentación puede ser reconocida fácilmente por un trabajador que opera sobre la superficie de trabajo. En una realización, la retroalimentación se proporciona a través de un dispositivo de realidad aumentada (p. ej., gafas). Según una realización adicional, la retroalimentación visual incluye un patrón de luz proyectado sobre la superficie de trabajo y/o sobre una superficie expuesta hacia arriba de una hoja.

Por lo tanto, la superficie del molde y/o una hoja que ya se ha colocado se usan de manera eficiente como pantalla.

Como se indica en la reivindicación 1, el sistema incluye un dispositivo proyector para proyectar un patrón de luz sobre la superficie de trabajo y/o sobre una superficie expuesta hacia arriba para guiar la colocación de las hojas sobre la superficie de trabajo y/o en dicha hoja.

Por ejemplo, el patrón puede incluir marcas, símbolos, letras, números, etc. El dispositivo proyector puede ser (al menos en partes) idéntico al dispositivo de retroalimentación. Además de guiar al trabajador, el patrón proyectado también puede proporcionar retroalimentación. P. ej., el patrón proyectado puede (i) indicar la posición objetivo de una hoja (como se describe a continuación) y (ii) parpadear o cambiar de color para incluir retroalimentación (p. ej., parpadear en rojo significa que la posición actual y la posición objetivo aún no se corresponden). Según una realización adicional, el dispositivo proyector incluye uno o más láseres.

De esta manera, el patrón se puede generar fácilmente.

Según una realización adicional, el patrón demarca una posición objetivo de una hoja que se va a colocar sobre la superficie de trabajo y/o sobre la hoja expuesta hacia arriba, demarcando dicho patrón preferiblemente una posición objetivo de los bordes de la hoja.

- 5 Por ejemplo, el patrón puede incluir marcas (líneas, triángulos, etc.) que indican dónde deben disponerse los bordes de las hojas una vez que la hoja respectiva se encuentre sobre la superficie de trabajo (o sobre otra pila).

Según una realización adicional, el sistema comprende además un dispositivo de control, estando configurado el dispositivo de control para controlar:

- 10 el dispositivo proyector para proyectar un primer patrón correspondiente a una posición objetivo de una primera hoja y un segundo patrón correspondiente a una posición objetivo de una segunda hoja;

- 15 el dispositivo óptico para capturar ópticamente las características de la primera hoja colocada sobre la superficie de trabajo; y

el dispositivo informático para determinar una posición de las características capturadas de la primera hoja y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia;

- 20 en donde la proyección del segundo patrón depende del resultado comparativo.

Por ejemplo, el sistema únicamente procederá a guiar a los trabajadores hacia la colocación de la segunda hoja si la posición de la primera hoja es correcta. De cualquier otra manera, las marcas de la segunda hoja no aparecerán sobre la primera hoja y/u otras hojas o sobre la superficie de trabajo.

- 25 Según una realización adicional, el sistema comprende además un dispositivo de control, estando configurado el dispositivo de control para controlar:

- 30 el dispositivo proyector para proyectar un patrón de orden  $k$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $k$ ; y

el dispositivo óptico para capturar las características de la superficie de trabajo, preferiblemente entera, y/o de la hoja de orden 1 a la hoja de orden  $k$  colocada sobre la superficie de trabajo;

- 35 en donde  $k$  se incrementa de 1 a  $N$ , designando  $N$  el número total de hojas que componen el componente de fibra compuesta que se va a producir o una porción del mismo.

Por lo tanto, cada vez que se coloca una hoja, el sistema comprueba si hay algún cambio que puedan haberse producido mientras tanto en las hojas que ya se han colocado sobre la superficie de trabajo o en otras porciones (libres) de la superficie de trabajo. Esto garantiza que la disposición sea correcta.

- 40 Como se indica en la reivindicación 1, el sistema comprende además un dispositivo de control, estando configurado el dispositivo de control para controlar:

- 45 el dispositivo proyector para proyectar un patrón de orden  $k$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $k$  y, al mismo tiempo, para proyectar un patrón de orden  $j$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $j$ ;

un dispositivo informático para determinar una posición de las características capturadas y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia, para las hojas de orden  $k$  y  $j$ , respectivamente; y

- 50 un dispositivo de retroalimentación configurado para dar retroalimentación dependiendo del resultado comparativo respectivo;

- 55 en donde  $k$  se incrementa de 1 a  $N$ , designando  $N$  el número total de hojas que componen una primera porción del componente compuesto que se va a producir, y  $j$  se incrementa de 1 a  $M$ , designando  $M$  el número total de hojas que componen una segunda porción del componente compuesto que se va a producir.

- 60 Por lo tanto, al menos dos equipos pueden trabajar en paralelo. Por ejemplo, los dos equipos pueden empezar desde los extremos opuestos del componente colocando las hojas. Esto hace que el proceso de colocación sea más rápido.

Según una realización adicional, el sistema comprende además un dispositivo de almacenamiento para almacenar las características capturadas. En particular, se almacenan todas las características capturadas durante el proceso de disposición. De esta manera, se produce un gemelo digital que puede usarse más adelante durante el análisis de fallos, por ejemplo, durante un servicio o después de un fallo del componente, p. ej., una pala de turbina eólica.

- 65

Según una realización adicional, el dispositivo informático usa un algoritmo de aprendizaje automático y/o usa computación perimetral. Según un aspecto adicional, se proporciona un método para producir un componente de fibra compuesta, en particular, una pala de turbina eólica, como se indica en la reivindicación 12.

- 5 Según una realización adicional no cubierta por las reivindicaciones adjuntas, el método comprende las etapas de:  
proyectar un primer patrón correspondiente a una posición objetivo de una primera hoja;  
colocar la primera hoja sobre la superficie de trabajo usando el primer patrón como guía;  
10 capturar ópticamente las características de la primera hoja sobre la superficie de trabajo;  
determinar una posición de las características capturadas de la primera hoja y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia; y  
15 proyectar un segundo patrón correspondiente a una posición objetivo de una segunda hoja dependiendo del resultado comparativo.  
Por ejemplo, el segundo patrón únicamente se proyecta si el resultado comparativo determina que la primera hoja está en la posición correcta.  
Según una realización adicional no cubierta por las reivindicaciones adjuntas, el método comprende las etapas de:  
establecer  $k$  igual a 1;  
25 mientras que  $k$  es menor o igual a  $N$ , designando  $N$  el número total de hojas que componen el componente de fibra compuesta que se va a producir o una porción del mismo:  
proyectar un patrón de orden  $k$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $k$ ;  
30 colocar la hoja de orden  $k$  sobre la superficie de trabajo usando el patrón de orden  $k$  como guía;  
capturar las características de la superficie de trabajo, preferiblemente entera, y/o de la hoja de orden 1 a la hoja de orden  $k$  colocada sobre la superficie de trabajo;  
35 determinar una posición de las características capturadas y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia; y  
incrementando  $k$  en 1.  
40 Por lo tanto, cada vez que se coloca una hoja, el sistema comprueba si hay algún cambio que pueda haberse producido mientras tanto.  
Según una realización adicional, el método comprende las etapas de:  
45 establecer  $k$  y  $j$  iguales a 1;  
mientras que  $k$  es menor o igual a  $N$ , designando  $N$  el número total de hojas que componen una primera porción del componente compuesto que se va a producir, y  $j$  es menor o igual que  $M$ , designando  $M$  el número total de hojas que componen una segunda porción del componente compuesto que se va a producir:  
50 proyectar un patrón de orden  $k$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $k$  y, al mismo tiempo, proyectar un patrón de orden  $j$  correspondiente a una posición objetivo de una hoja de orden  $j$ ;  
55 colocar una hoja de orden  $k$  sobre la superficie de trabajo usando el patrón de orden  $k$  como guía, y colocar la hoja de orden  $j$  sobre la superficie de trabajo usando el patrón de orden  $j$  como guía;  
determinar una posición de las características capturadas y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia, para las hojas de orden  $k$  y  $j$ , respectivamente;  
60 dar retroalimentación dependiendo del resultado comparativo respectivo; e  
incrementar  $k$  y  $j$  en 1, respectivamente.  
65 De este modo, el trabajo de colocación se puede realizar en paralelo.

Según un aspecto adicional, se proporciona un producto de programa informático como se indica en la reivindicación 13.

Un producto de programa informático, tal como un medio de programa informático, puede estar incorporado como una tarjeta de memoria, una memoria USB, un CD-ROM, un DVD o como un archivo que puede descargarse de un servidor en una red. Por ejemplo, un archivo de este tipo puede proporcionarse transfiriendo el archivo que comprende el producto de programa informático desde una red de comunicación inalámbrica.

El dispositivo respectivo, p. ej., el dispositivo óptico, informático, de control o de retroalimentación, puede implementarse - al menos parcialmente - en hardware y/o en software. Si dicho dispositivo está implementado en hardware, puede realizarse como un ordenador o como un procesador o como parte de un sistema, p. ej., un sistema informático. Si dicho dispositivo se implementa en software, puede realizarse como un producto de programa informático, como una función, como una rutina, como un código de programa o como un objeto ejecutable.

Las realizaciones y características descritas con referencia al sistema de la presente invención se aplican mutatis mutandis al método y/o producto de programa informático de la presente invención.

Posibles implementaciones o soluciones alternativas adicionales de la invención también abarcan combinaciones, que no se mencionan explícitamente en la presente memoria, de las características descritas anteriormente o a continuación con respecto a las realizaciones. El experto en la técnica también podrá añadir aspectos y características individuales o aislados a la forma más básica de la invención, cuyo alcance se define por las reivindicaciones adjuntas.

Otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y reivindicaciones dependientes, en combinación con los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 muestra, en una vista en perspectiva, una parte de un sistema de producciones según una realización;

La Figura 2 muestra, en una vista en perspectiva, una vista detallada de la Figura 1;

La Figura 3 muestra en un dibujo esquemático componentes adicionales del sistema de producción de la Figura 1; y

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método según una realización.

En las figuras, los números de referencia similares designan elementos similares o funcionalmente equivalentes, salvo que se indique lo contrario.

La Figura 1 muestra un sistema 1 de producción. El sistema 1 de producción incluye un molde 2 que tiene una superficie 3 de molde. El molde 2 - del que únicamente se muestra la mitad del molde en la Figura 1 - está configurado para fabricar un componente de fibra compuesta, en el caso del ejemplo, una pala de turbina eólica.

Para este fin, los trabajadores recogen las hojas 4 - 7 de material fibroso de una estación de almacenamiento o corte (no mostrada) y las colocan sobre la superficie 3 de molde o sobre una hoja que se ha colocado previamente sobre la superficie 3 de molde. El material de fibra puede comprender, p. ej., fibras de carbono o fibras de vidrio. Además, se puede colocar madera de balsa, espuma u otros materiales (no mostrados) sobre la superficie 3 de molde o sobre las hojas existentes.

Una vez que todas las hojas 4 - 7 (y la madera de balsa, etc.) se han colocado correctamente sobre el molde 2, el molde 2 se cierra y se crea un vacío en su interior. A continuación, las hojas 4 - 7 del interior del molde 2 se infunden con una resina y se curan. A continuación, la pala curada se puede retirar del molde 2.

Las hojas 4 a 7 deben colocarse en las ubicaciones correctas dentro del molde 2. Estas ubicaciones se definen, por ejemplo, mediante un modelo CAD (diseño asistido por ordenador). El modelo de CAD contiene datos de coordenadas 3D que definen el diseño de las hojas y otros materiales. El modelo de CAD se genera, p. ej., durante la fase de diseño de la pala. En el mismo, las hojas y otros materiales se han dispuesto para obtener las propiedades deseadas de la pala, p. ej., resistencia o peso.

El sistema 1 de producción está diseñado para guiar a los trabajadores (o a los robots en otras realizaciones) cuando colocan las hojas 4 - 7 y también para proporcionarles retroalimentación. Para este fin, el sistema 1 de producción comprende un dispositivo óptico 8 (Figura 3) que tiene múltiples cámaras 9 (Figura 1). Las cámaras 9 capturan, usando chips CCD (dispositivo de carga acoplada) o similares, el volumen 10 que se encuentra por encima e incluye la superficie 3 del molde. En lugar o además de las cámaras 9, el dispositivo óptico 8 puede incluir sensores LIDAR (no mostrados).

Preferiblemente, las cámaras 9 cubren todo el molde 2 o el volumen 10. En el caso de la Figura 1, las cámaras 9 registrarán las hojas 4-7, la porción 11 de molde libre, así como un par de tijeras 12 que se encuentran sobre la superficie 2 del molde. En particular, las cámaras 9 capturan características tales como los puntos 13 de referencia del molde 2, así como los bordes 14 de las respectivas hojas 4-7.

Además, el sistema 1 de producción comprende un dispositivo informático 15 mostrado en la Figura 3. El dispositivo informático 15, por ejemplo, un servidor que incluye una pluralidad de GPU (unidades de procesamiento de gráficos), está en comunicación de datos con los dispositivos 16 de IoT. Los dispositivos 16 de IoT incluyen el dispositivo óptico 8, así como un dispositivo 17 de retroalimentación y proyector combinado.

Tanto el dispositivo informático 15 como los dispositivos 16 de IoT están ubicados en el sitio 18 de la fábrica para una latencia mínima que se explicará con más detalle. El dispositivo informático 15 está además en comunicación de datos con un dispositivo 19 de almacenamiento de datos en la nube 20.

El dispositivo informático 15 usa aprendizaje automático, es decir, algoritmos que mejoran automáticamente a través de la experiencia (por ejemplo, usando aprendizaje profundo y/o redes neuronales desarrolladas mediante el etiquetado de conjuntos de datos), para analizar los datos registrados por las cámaras 9 en la Figura 1. En el mismo, las características (en particular, las tijeras 12, los puntos 13 de referencia y los bordes 14) se extraen (el proceso de extracción puede comprobarse para errores usando un análisis estadístico de chi cuadrado) y se asocian con coordenadas 3D (también denominadas “parámetro determinado” en la presente memoria). Estas coordenadas reales se comparan con las coordenadas objetivo (también denominadas “parámetro de referencia” en la presente memoria) del modelo de CAD. El dispositivo informático 15 produce a continuación un resultado comparativo.

El sistema 1 de producción de la Figura 3 comprende además un dispositivo 23 de control in situ que, dependiendo del resultado comparativo, da instrucciones al dispositivo 17 de retroalimentación y proyección.

El dispositivo 17 de retroalimentación y proyección comprende un número de láseres 21, tal como se muestra en la Figura 1. Los láseres 21, controlados por el dispositivo 23 de control (véase la Figura 3), proyectan marcas visibles 22 sobre la hoja 4 que ya se ha colocado y sobre la superficie 2 del molde que indican dónde deben disponerse los bordes 14 de la hoja 5 (también denominada “pila de orden” en la presente memoria) cuando la hoja 5 se coloca en el molde 2. Una vez que la hoja 5 se ha colocado correctamente (lo que se decide basándose en el resultado comparativo mencionado anteriormente, es decir, cuando las coordenadas reales y las objetivo coinciden), el dispositivo 23 de control controlará los láseres 21 para generar un triángulo verde 24 como se muestra en la Figura 2 (o cualquier otro patrón útil) sobre la hoja 5 colocada correctamente. Esto les da a los trabajadores retroalimentación inmediata de que el trabajo está completo y que pueden empezar con la siguiente hoja, por ejemplo. Los láseres 21 procederán a continuación a generar marcas 22 que indicarán la posición correcta de la siguiente hoja.

Por otro lado, si los bordes 14 de la hoja 5 que se ha colocado no corresponden a las posiciones objetivo del modelo de CAD, a continuación, los láseres 21 mostrarán una cruz roja sobre la hoja 5. Además, el dispositivo 23 de control controlará los láseres 21 para que no muestren las marcas 14 para la siguiente hoja que se va a colocar hasta que se haya corregido la posición de la hoja 5.

Además, cuando por alguna razón la hoja 4 que ya se ha colocado se mueva - por ejemplo, con sus bordes 14' - fuera de su posición correcta, esta hoja se marcará en consecuencia. Por ejemplo, el dispositivo 23 de control controlará los láseres 21 para mostrar las marcas 22' de borde de esta hoja. Esta función se obtiene a través del dispositivo 23 de control que controla las cámaras 9 para capturar de forma continua todas las características de toda la superficie 2 del molde, así como de todas las hojas 4 - 7 (también denominadas hojas “desde la de orden 1 a la de orden k” en la presente memoria) y otros materiales sobre la superficie 2 del molde que se han colocado hasta entonces.

Ventajosamente, dado que el dispositivo informático 15 usa computación perimetral, la guía o retroalimentación al usuario se puede dar en tiempo real. La latencia desde el punto en el tiempo en que, por ejemplo, la posición de una hoja 4 - 7 cambia hasta que los láseres 21 producen la guía o la retroalimentación es menor que 2 o 3 segundos.

Otra característica del sistema 1 de producción es que el dispositivo informático 15 también reconocerá cualquier objeto extraño, tal como las tijeras 12 de la Figura 1, que se haya dejado accidentalmente sobre la superficie 2 del molde. El dispositivo 23 de control controlará a continuación los láseres 21 para, por ejemplo, rodear el objeto extraño con una línea de luz roja (ilustrada en la Figura 1 con un círculo alrededor de las tijeras 12). Esto evitará que cualquier objeto extraño se integre en la pala acabada, cuya eliminación es cara y perjudicial para la integridad estructural de la pala. Similarmente, el dispositivo informático 15 puede configurarse para detectar defectos a medida que se producen en las hojas 4 - 7 y otros materiales usados para construir la pala sobre el molde 2. Cuando se detecta un defecto de este tipo, el dispositivo 23 de control controlará los láseres 21 para rodear o resaltar de cualquier otra manera el defecto.

En términos más generales, el sistema 1 de producción puede detectar nuevas 'anomalías' para su categorización como aceptadas o no, permitiendo de esta manera un aprendizaje continuo. Cuando el sistema 1 de producción registra por primera vez algo que parece anormal, se lo señala al personal de producción y se reenvía al departamento de calidad, quien puede permitir que se apruebe como aceptable o enseñar al sistema 1 que, de ahora en adelante, debe marcarse como un error que debe corregirse.

Como se muestra en el extremo más alejado de la Figura 1, hay un segundo equipo de trabajadores que colocan la hoja 7 simultáneamente con los trabajadores del primer equipo que colocan la hoja 5. En el mismo, también se generan marcas (no mostradas) para la hoja 7 (también denominada “hoja de orden j” en la presente memoria) para guiar el

proceso de colocación. Por lo tanto, dos o más equipos pueden trabajar en paralelo en el sistema 1 de producción para construir la pala en menos tiempo.

5 Además, las características capturadas (p. ej., los bordes 14) se almacenan en el dispositivo 19 de almacenamiento de datos (véase la Figura 3). Basándose en el color, la textura, etc., el dispositivo informático 15 también puede configurarse para reconocer el material del que está fabricada la pala. Por lo tanto, se puede generar y guardar un gemelo digital de la pala producida. Se puede acceder a estos datos cuando, por ejemplo, durante la vida útil de la pala (p. ej., en operación), surjan problemas y sea necesario conocer la posición exacta de las hojas y otros materiales.

10 La Figura 4 ilustra una realización de un método para producir componentes de fibra compuesta, en particular palas de turbina eólica.

15 En la etapa S1, las características de la superficie 3 del molde (véase la Figura 1) y de las hojas 4 - 7 colocadas sobre la superficie 3 del molde se capturan ópticamente.

En la etapa S2, se determina una posición de las características capturadas 12, 13, 14 y un resultado comparativo que depende de la comparación de la posición determinada (coordenadas 3D medidas) y una posición de referencia (coordenadas 3D del modelo CAD o al menos derivadas del mismo).

20 En la etapa S3, se proporciona la retroalimentación 24 (o guía, tal como las marcas 14 en la Figura 1) a los trabajadores dependiendo del resultado comparativo en tiempo real.

25 Aunque la presente invención se ha descrito según realizaciones preferidas, resulta obvio para el experto en la técnica que las modificaciones son posibles en todas las realizaciones. El alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

# REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1) de producción para producir un componente de fibra compuesta, en particular una pala de turbina eólica, que comprende:  
una superficie (3) de trabajo;  
un dispositivo óptico (8) para capturar ópticamente las características (12, 13, 14) de la superficie (3) de trabajo y/o de las hojas (4 – 7) colocadas sobre la superficie (3) de trabajo, comprendiendo dichas hojas (4 – 7) material de fibra;  
un dispositivo informático (15) para determinar un parámetro de las características capturadas (12, 13, 14) y un resultado comparativo que depende de una comparación del parámetro determinado y un parámetro de referencia;  
un dispositivo (17) de retroalimentación configurado para proporcionar retroalimentación (24) dependiendo del resultado comparativo;  
un dispositivo proyector (17) para proyectar un patrón (22) de luz sobre la superficie (3) de trabajo y/o sobre una superficie expuesta hacia arriba de una hoja (4 – 7) para guiar la colocación de las hojas (4 – 7) sobre la superficie (3) de trabajo y/o sobre dicha hoja (4 – 7); y  
un dispositivo (23) de control, **caracterizado por que** el dispositivo de control está configurado para controlar:  
el dispositivo proyector (17) para proyectar un patrón (22) de orden k correspondiente a una posición objetivo de una hoja (5) de orden k y, al mismo tiempo, para proyectar un patrón de orden j correspondiente a una posición objetivo de una hoja (7) de orden j;  
el dispositivo óptico (8) para capturar ópticamente las características (12, 13, 14) de las hojas (4 – 7) de orden k y j colocadas sobre la superficie (3) de trabajo;  
el dispositivo informático (15) para determinar una posición de las características capturadas (14) y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia para las hojas (5, 7) de orden k y j, respectivamente; y  
el dispositivo (17) de retroalimentación para proporcionar retroalimentación dependiendo del resultado comparativo respectivo;  
en donde se incrementa k de 1 a N, designando N el número total de hojas (4, 5) que componen una primera porción del componente compuesto que se va a producir, y se incrementa j de 1 a M, designando M el número total de hojas (6, 7) que componen una segunda porción del componente compuesto que se va a producir.
2. El sistema según la reivindicación 1,  
comprendiendo el dispositivo óptico (8) una pluralidad de cámaras ópticas (9) y/o sensores LIDAR.
3. El sistema según la reivindicación 1 o 2,  
que incluye un molde (2) y siendo la superficie (3) de trabajo una superficie de molde, y/o capturando el dispositivo óptico (8) características dentro de un volumen por encima de y/o que incluye la superficie (3) del molde.
4. El sistema según una de las reivindicaciones 1 – 3,  
comprendiendo las características capturadas (12, 13, 14) bordes, material y/o defectos de las hojas (4 – 7), puntos de referencia sobre la superficie (3) de trabajo y/u objetos extraños, y/o incluyendo el parámetro una posición, geometría, color y/o textura.
5. El sistema según una de las reivindicaciones 1 - 4,  
incluyendo la retroalimentación (24) una retroalimentación visual y/o acústica.
6. El sistema según la reivindicación 5,  
incluyendo la retroalimentación visual (24) un patrón de luz proyectado sobre la superficie (3) de trabajo y/o sobre una superficie expuesta hacia arriba de una hoja (4 - 7).
7. El sistema según una de las reivindicaciones 1 - 6,  
incluyendo el dispositivo (17) de retroalimentación y/o proyector uno o más láseres (21).
8. El sistema según una de las reivindicaciones 1 - 7,

demarcando el patrón (22) una posición objetivo de una hoja (4-7) que se va a colocar sobre la superficie (3) de trabajo y/o sobre la hoja (4-7) expuesta hacia arriba, demarcando dicho patrón (22) preferiblemente una posición objetivo de los bordes (14) de la hoja.

5 9. El sistema según una de las reivindicaciones 1 - 8,

estando configurado el dispositivo (23) de control para controlar:  
 el dispositivo proyector (17) para proyectar un primer patrón (22') correspondiente a una posición objetivo de una primera hoja (4) y un segundo patrón (22) correspondiente a una posición objetivo de una segunda hoja (5);  
 el dispositivo óptico (8) para capturar ópticamente las características (14') de la primera hoja (4) colocada sobre la superficie (3) de trabajo; y  
 el dispositivo informático (15) para determinar una posición de las características capturadas (14') de la primera hoja y un resultado comparativo dependiendo de la comparación de la posición determinada y una posición de referencia;

en donde la proyección del segundo patrón (22) depende del resultado comparativo.

20 10. El sistema según una de las reivindicaciones 1 - 9,

estando configurado el dispositivo (23) de control para controlar:  
 el dispositivo proyector (17) para proyectar un patrón (22) de orden k correspondiente a una posición objetivo de una hoja (5) de orden k; y  
 el dispositivo óptico (8) para capturar las características (12, 13, 14) de la superficie (3) de trabajo y/o de la hoja de orden 1 a la de orden k (4, 5) colocadas sobre la superficie (3) de trabajo;  
 en donde k se incrementa de 1 a N, designando N el número total de hojas (4, 5) que componen el componente de fibra compuesta que se va a producir o una porción del mismo.

30 11. El sistema según una de las reivindicaciones 1 a 10,  
 que comprende además un dispositivo (19) de almacenamiento para almacenar las características capturadas (12, 13, 14) y/o en donde el dispositivo informático (15) usa un algoritmo de aprendizaje automático y/o usa computación perimetral.

35 12. Un método para producir un componente de fibra compuesta, en particular una pala de turbina eólica, que comprende las etapas de:

capturar ópticamente (S1) las características (12, 13, 14) de una superficie (3) de trabajo y/o de las hojas (4 - 7) colocadas sobre la superficie (3) de trabajo, comprendiendo dichas hojas (4 - 7) material de fibra;  
 determinar (S2) un parámetro de las características capturadas (12, 13, 14) y un resultado comparativo dependiendo de una comparación del parámetro determinado y un parámetro de referencia;

**caracterizado por que** el método comprende, además:

proyectar un patrón (22) de orden k correspondiente a una posición objetivo de una hoja (5) de orden k y, al mismo tiempo, proyectar un patrón de orden j correspondiente a una posición objetivo de una hoja (7) de orden j;  
 capturar las características (12, 13, 14) de las hojas (4 - 7) de orden k y j colocadas sobre la superficie (3) de trabajo;  
 determinar una posición de las características capturadas (14) y un resultado comparativo que depende de una comparación de la posición determinada y una posición de referencia, para las hojas (5, 7) de orden k y j, respectivamente; y  
 dar retroalimentación dependiendo del resultado comparativo respectivo;  
 incrementar k de 1 a N, designando N el número total de hojas (4, 5) que componen una primera porción del componente compuesto que se va a producir, e incrementar j de 1 a M, designando M el número total de hojas (6, 7) que componen una segunda porción del componente compuesto que se va a producir.

60 13. Un producto de programa informático que comprende un código de programa para ejecutar el método de la reivindicación 12 cuando se ejecuta en un sistema de producción según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

Figura 1

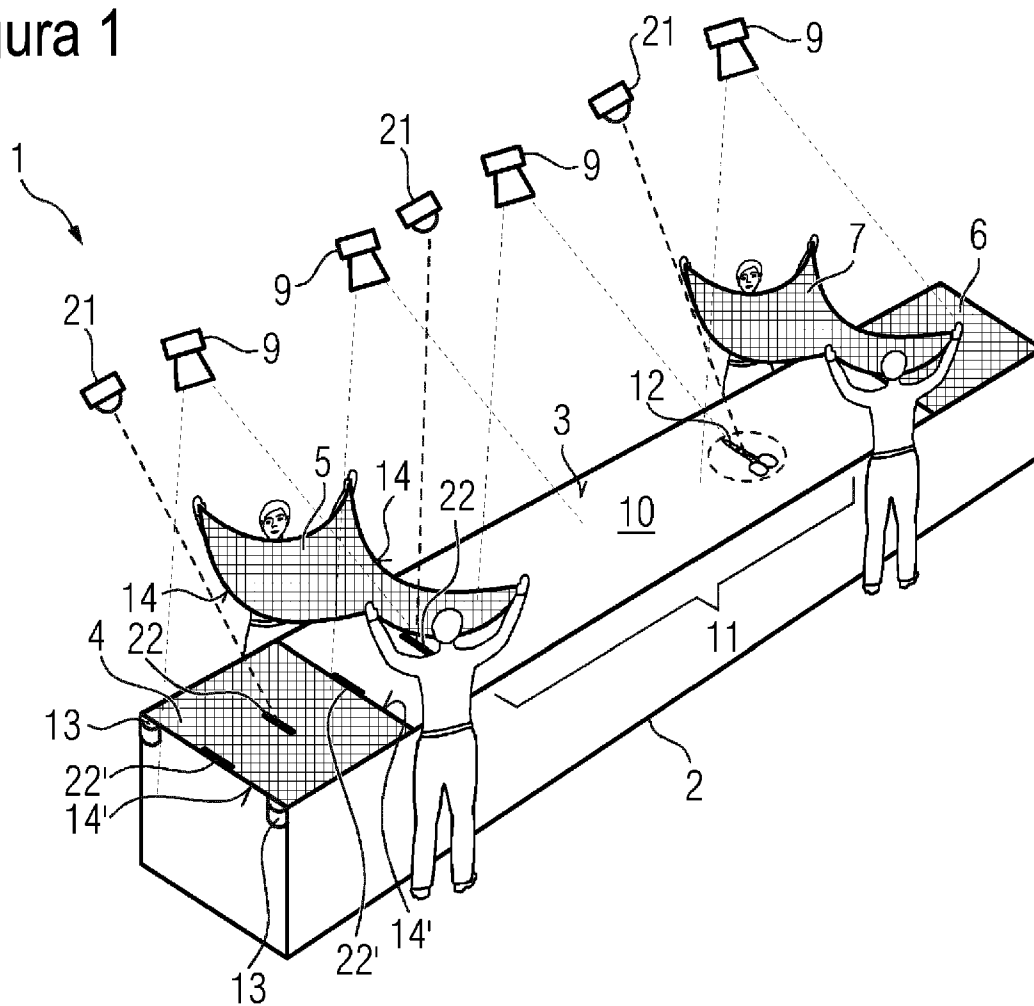


Figura 2

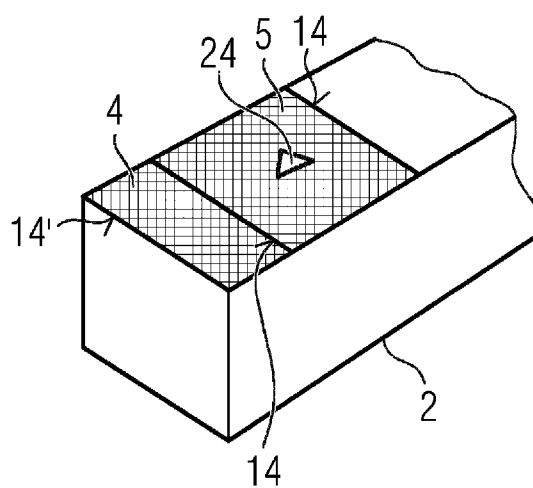


Figura 3

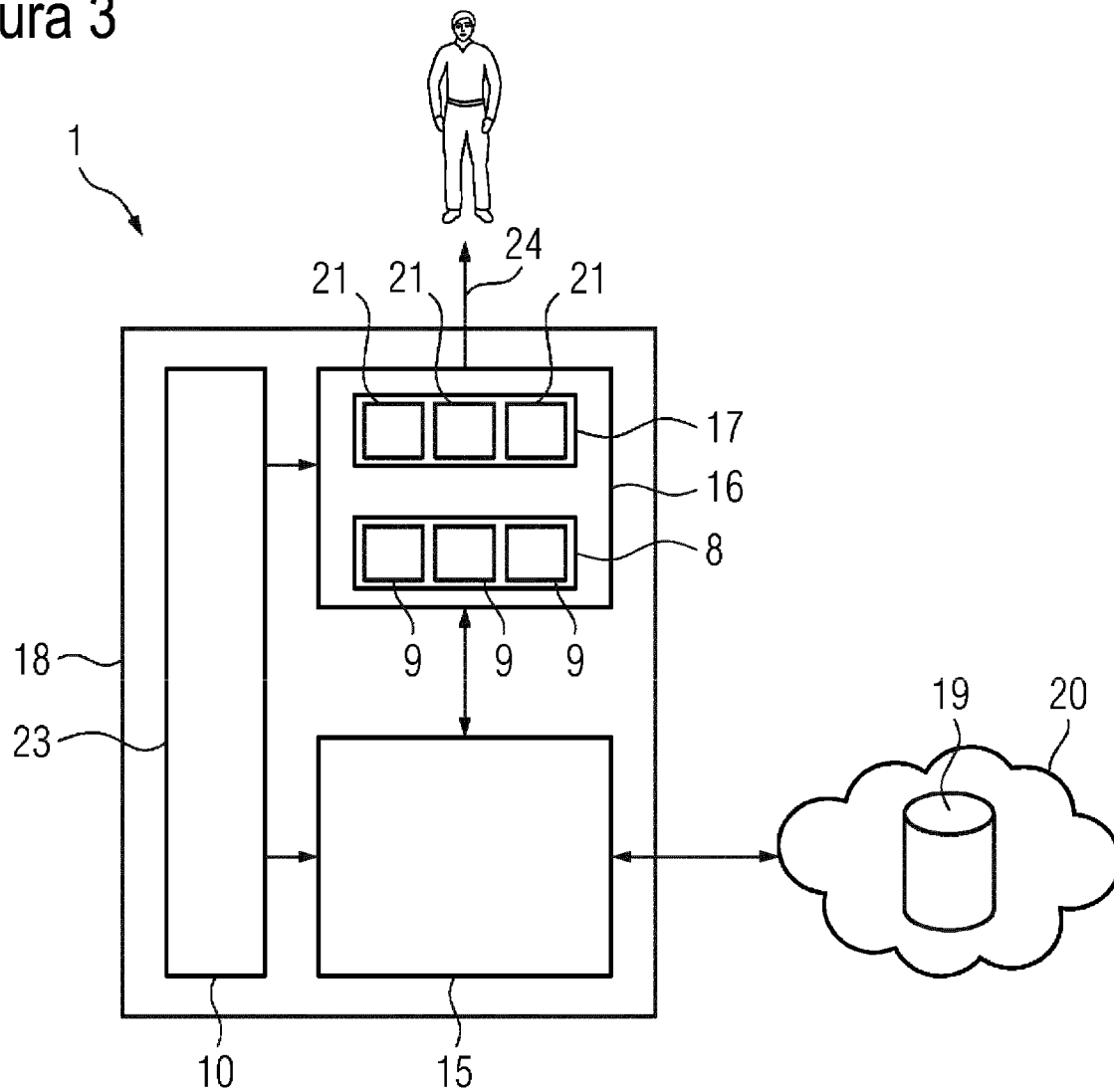


Figura 4

