

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 519**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/38** (2006.01)

**G01N 21/88** (2006.01)

**G01N 21/89** (2006.01)

**G01N 21/952** (2006.01)

**B29L 31/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2007 E 07251939 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 1857260**

54 Título: **Sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de compuestos automáticos**

30 Prioridad:

**16.05.2006 US 383681**

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

**19.10.2015**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**SAVOL, ANDREJ M. y  
WALTON, STEVEN R.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 548 519 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

Sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de compuestos automáticos

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de compuestos automáticos, y más específicamente, a sistemas y métodos para la supervisión de máquinas de colocación de cinta de material compuesto de cabezales múltiples y similares automáticas.

10

**Antecedentes de la invención**

Las estructuras de materiales compuestos se pueden fabricar mediante la acumulación progresiva de la estructura con una pluralidad de capas de cintas de material compuesto finas colocadas (o arrastradas) una capa sobre otra. Típicamente, la operación comienza colocando una o más cintas sobre una herramienta o mandril que tiene una configuración generalmente correspondiente a la forma deseada del artículo a fabricar. Un cabezal de colocación de cinta de un sistema de fabricación de forma se mueve de forma controlable sobre la superficie de la herramienta, la guiando y aplicando una o más cintas de material compuesto sobre la herramienta. El cabezal realiza generalmente pases repetidos sobre la herramienta en un patrón definido hasta que el material compuesto se coteja completamente, acumulando capas sucesivas de la cinta de material compuesto para formar la pieza de trabajo deseada. Un rodillo de compactación se utiliza normalmente para presionar la cinta contra la pieza de trabajo, facilitando de este modo la adhesión de las capas sucesivas. La pieza de trabajo se puede someter después a un proceso de curado (por ejemplo, calentamiento) para adherirse y unir más las capas compuestas. Los sistemas convencionales para la formación de estructuras de materiales compuestos que utilizan capas sucesivas de cinta incluyen los sistemas divulgados, por ejemplo, en las patentes de US nº 6.799.619 y 6.871.684.

15

20

25

Si bien se han obtenido resultados deseables utilizando tales sistemas de la técnica anterior, puede haber margen de mejora. Por ejemplo, las inspecciones para garantizar la calidad de los componentes de materiales compuestos fabricados mediante los sistemas descritos anteriormente pueden requerir un tiempo de inactividad, lo que reduce la tasa y eficacia de producción, y aumenta el coste total, del proceso de fabricación. Los sistemas y métodos novedosos que reducen o eliminan el tiempo de inactividad asociado con la supervisión y la inspección durante la fabricación de componentes de materiales compuestos serían por tanto de utilidad.

30

El documento US 4.699.683 describe un laminador de fibra de hilado múltiple que utiliza la salida de las cámaras de láser para controlar la posición de los cabezales de dispensación.

35

El documento US 5.562.788 describe un sistema de detección de defectos por láser en materiales compuestos para la detección de defectos en materiales compuestos después de que se colocan sobre un sustrato.

40

El documento WO 2007/021890, que solo se cita por su novedad bajo el Artículo 54(3) EPC, describe sistemas y métodos para la inspección visual en-proceso para las máquinas automáticas divulgadas. En una realización, un conjunto de cabezal incluye una herramienta que se puede mover sobre una pieza de trabajo y adaptado para realizar una operación de fabricación en la pieza de trabajo, y una unidad de inspección situada operativamente próxima a la herramienta y que se puede mover con la herramienta con respecto a la pieza de trabajo. La unidad de inspección se adapta para realizar una inspección de visión de una porción de la pieza de trabajo simultáneamente con la realización de la operación de fabricación de la pieza de trabajo. En una realización particular, la unidad de inspección incluye una cámara adaptada para supervisar un área que incluye la porción de la pieza de trabajo sobre la que la herramienta ha realizado la operación de fabricación, y un procesador acoplado operativamente a la cámara y adaptado para recibir una imagen de la cámara y analizar la imagen para determinar una presencia de un defecto dentro de la porción de la pieza de trabajo.

45

50

**Sumario de la invención**

La presente invención está dirigida a sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de material compuesto automáticos. Las realizaciones de los sistemas y métodos de acuerdo con la presente invención pueden realizar ventajosamente una supervisión en proceso durante los procesos de fabricación de material compuesto automáticos, proporcionar una mejor detección y caracterización de los defectos de fabricación, y reducir el tiempo de inactividad y los costes asociados en comparación con la técnica anterior.

55

En una realización, un método incluye la realización de una operación de fabricación en una porción de una pieza de trabajo mediante una herramienta que se puede mover con respecto a la pieza de trabajo. Simultáneamente con la realización de la operación de fabricación, la herramienta se traslada con respecto a la pieza de trabajo, y una porción de la pieza de trabajo sobre la que la herramienta ha realizado la operación de fabricación se supervisa. La supervisión incluye iluminar una tira iluminada de la pieza de trabajo utilizando un láser, y recibir un haz reflejado que se refleja desde la tira iluminada en una cámara. Las señales de salida de la cámara se pueden analizar para detectar y caracterizar una característica de interés, donde la característica de interés puede incluir un borde, una

60

65

superposición, un vacío, una arruga, y restos de objetos extraños (FOD).

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 Las realizaciones de la presente invención se describen en detalle a continuación con referencia a los siguientes dibujos.
- 10 La Figura 1 es una vista isométrica de un sistema para la fabricación de componentes de material compuesto de acuerdo con una realización de la invención;
- La Figura 2 es una vista lateral ampliada de un conjunto de cabezal del sistema de fabricación de la Figura 1 de acuerdo con una realización de la invención;
- La Figura 3 es una vista ampliada, isométrica de una unidad de supervisión del conjunto de cabezal de la Figura 2;
- 15 La Figura 4 es una vista en sección transversal lateral de la unidad de supervisión de la Figura 3 de acuerdo con una realización de la invención;
- La Figura 5 es una vista superior de la unidad de supervisión de la Figura 4;
- La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para realizar las operaciones de fabricación de acuerdo con una realización de la invención;
- 20 La Figura 7 es una representación esquemática de la salida de la unidad de supervisión de las Figuras 4 y 5 de acuerdo con una realización de la invención; y
- La Figura 8 es una representación de los datos de supervisión reales proporcionados por la unidad de supervisión de las Figuras 4 y 5 de acuerdo con una realización de la invención.

**Descripción detallada**

25 La presente invención se refiere a sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de material compuesto automáticos. Muchos detalles específicos de ciertas realizaciones de la invención se exponen en la siguiente descripción y en las Figuras 1 a 8 para proporcionar una comprensión completa de tales realizaciones. Sin embargo, un experto en la materia comprenderá que la presente invención puede tener realizaciones adicionales, o que la presente invención puede implementarse sin varios de los detalles descritos en la siguiente descripción.

30 En general, las realizaciones de los sistemas y métodos de acuerdo con la presente invención proporcionan una unidad de supervisión de escaneo con láser acoplado operativamente con un conjunto de cabezal que se configura para realizar una operación de fabricación deseada, tal como la aplicación de una cinta de material compuesto reforzada con fibras sobre una herramienta para formar una pieza de trabajo laminada de material compuesto. La unidad de supervisión de escaneo con láser se mueve ventajosamente con el conjunto de cabezal y realiza la supervisión durante la realización de la operación de fabricación por el conjunto de cabezal. Por lo tanto, las realizaciones de la invención pueden reducir ventajosamente la mano de obra y los gastos asociados con la supervisión y la inspección durante las operaciones de fabricación, y pueden proporcionar una mejor detección y caracterización de varias características de interés, incluyendo bordes de la cinta de material compuesto, huecos y superposiciones entre los cursos sucesivos de la cinta de material compuesto, arrugas en la cinta y restos de objetos extraños (FOD). En general, las realizaciones de la invención pueden mejorar las tasas y eficacia de producción y reducir los costes de fabricación, en comparación con los sistemas y métodos de la técnica anterior.

45 La Figura 1 es una vista isométrica de un sistema 100 para la fabricación de componentes de material compuesto de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, el sistema 100 incluye una pluralidad de conjuntos de cabezales 110 acoplados a una plataforma de traslación 130 y situados operativamente próximos a un herramienta de conformación (o mandril) 140. La plataforma de traslación 130 se configura para mover de forma sistemática los conjuntos de cabezales 110 a lo largo de las trayectorias de traslación (*por ejemplo*, trayectorias tridimensionales) próximas a la herramienta de conformación 140, y cada conjunto de cabezal 110 se configura para realizar la colocación y la consolidación de un material de cinta compuesto reforzado con fibras en la herramienta de conformación 140 para producir una pieza de trabajo de material compuesto laminada 142, como se describe más completamente a continuación. Cada conjunto de cabezal 110 tiene una unidad de supervisión 160 configurada para realizar inspecciones en proceso de los procesos de fabricación (en este caso, los procesos de aplicación de cintas de material compuesto) realizados por el conjunto de cabezal 110. Las características estructurales y operativas de la unidad de supervisión 160 se describen más detalladamente a continuación.

60 En la realización mostrada en la Figura 1, el sistema 100 incluye un ordenador (o controlador) 154 acoplado operativamente a la plataforma de traslación 130 y a los conjuntos de cabezales 110. El ordenador 154 se configura para implementar un código de control que transmite señales de control a la plataforma de traslación 130 y a los conjuntos de cabezales 110. Las señales de control ordenan el movimiento y las funciones de la plataforma de traslación 130 y de los conjuntos de cabezales 110, generando por tanto la fabricación automática (o semiautomática) de la pieza de trabajo de material compuesto laminada 142 de la herramienta de formación 140. En la realización mostrada en la Figura 1, el sistema de fabricación 100 es de un tipo conocido como una máquina de laminación de cintas de cabezales múltiples (MHTLM). En una realización específica, el sistema 100 incluye ocho conjuntos de cabezales 110 para la colocación de cinta de material compuesto, sin embargo, en realizaciones

alternativas, se puede emplear cualquier número deseado de conjuntos de cabezales 110.

La Figura 2 es una vista lateral ampliada del conjunto de cabezal 110 del sistema de fabricación 100 de la Figura 1. En esta realización, el conjunto de cabezal 110 incluye un husillo 112 configurado para retener un rollo 114 de una cinta de material compuesto reforzada con fibras 115, y un conjunto de alimentación 116 configurado para recibir, guiar, alimentar, y aplicar la cinta 115 del rollo 14 a la pieza de trabajo 142. Más específicamente, el conjunto de alimentación 116 incluye un rodillo de alimentación 117 que recibe la cinta 115 desde el rollo 14, y un rodillo de compactación 118 que aplica y comprime la cinta 115 sobre la pieza de trabajo 142. El conjunto de alimentación 116 puede incluir una variedad de otros componentes (*por ejemplo*, motores, rodillos, guías, sensores, etc.) configurados para recibir, alimentar y guiar, cooperativamente, la cinta 115 de rollo 14 al rodillo de compactación 118, como se describe más completamente, por ejemplo, en las Patentes de Estados Unidos N° 6.799.619 y 6.871.684, así como en la Solicitud de Patente de Estados Unidos de propiedad común con N° de Publicación 2003/0102070.

La Figura 3 es una vista ampliada, isométrica de la unidad de supervisión 160 del conjunto de cabezal 110 de la Figura 2. La Figura 4 es una vista en sección transversal lateral de la unidad de supervisión 160 de la Figura 3. Como se muestra mejor en la Figura 3, la unidad de supervisión 160 incluye dos proyectores de haz de láser en abanico de lado a lado 162 y una cámara 164 dispuesta dentro de una carcasa 166. La carcasa 166 se acopla a una porción estructural 111 del conjunto de cabezal 110 próxima al rodillo de compactación 118, e incluye primera y segunda aberturas 170, 172. Un espejo 168 se sitúa dentro de la carcasa 166 próximo a la segunda abertura 172. En una realización particular, los proyectores de haz de láser en abanico 162 son unidades Lasiris Modelo MFL comercialmente disponibles por Stocker Yale de Salem, New Hampshire, Estados Unidos, y la cámara 164 es una cámara de vídeo Modelo KP-M22A, disponible comercialmente por Hitachi Kokusai Electric Incorporated de Tokio, Japón. En realizaciones alternativas, se puede utilizar cualquier escáner de láser o cámaras adecuadas.

Como se muestra mejor en la Figura 4, a medida que el conjunto de cabezal 110 se atraviesa sobre la pieza de trabajo 142 en una dirección de desplazamiento 161, los escáneres de láser 162 proporcionan haces en abanico 174 que se proyectan a través de la primera abertura 170 en la cinta de material compuesto 115 después de que la cinta de material compuesto 115 se ha aplicado en la pieza de trabajo 142 mediante el rodillo de compactación 118. Los haces en abanico 174 cruzan la cinta de material compuesto 115 en un ángulo de incidencia 176, y producen franjas iluminadas 178 que se extienden lateralmente (o transversalmente) a través de la cinta de material compuesto 115. En una realización particular, el ángulo de incidencia 176 es de aproximadamente 15 grados, sin embargo, en realizaciones alternativas, se pueden utilizar ángulos de incidencia entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 35 grados. Como alternativa, cualquier otro ángulo de incidencia adecuado se puede utilizar. Como se describe más detalladamente a continuación, la unidad de supervisión 160 se configura para detectar y caracterizar varias características de interés (*por ejemplo*, bordes, huecos, arrugas, rugosidades, superposiciones, restos de objetos extraños (FOD), etc.) a lo largo de las franjas iluminadas 178. Preferentemente, la unidad de supervisión 160 se sitúa de tal manera que las franjas iluminadas 178 están relativamente cerca (*por ejemplo*, tan cerca como sea práctico) del rodillo de compactación 118 de modo que las características de interés se pueden detectar de forma relativamente rápida en el proceso de fabricación.

Como se muestra además en la Figura 4, un haz reflejado 180 se refleja hacia arriba desde la cinta de material compuesto 115, pasa a la carcasa 166 a través de la segunda abertura 172, y se refleja del espejo 168 a la cámara 164. En una realización particular, el haz reflejado 180 se refleja aproximadamente de forma normal desde la cinta de material compuesto 115, sin embargo, en realizaciones alternativas, cualquier otro ángulo de reflexión adecuado se puede utilizar. La cámara 164 recibe el haz reflejado 180 y transmite los datos al ordenador 154 para su análisis y visualización.

La Figura 5 es una vista superior de la unidad de supervisión 160 de la Figura 4. En esta realización, un campo de visión 182 de la cámara 164 a través de la segunda abertura 172 se divide en primera y segunda regiones de interés (ROI) 184, 186, y la franja de láser iluminada 178 de cada láser se centra aproximadamente dentro de cada campo ROI de vista 182.

La comunicación entre las unidades de supervisión 160 y el ordenador 154, o entre cualquiera de los demás componentes del sistema 100 (*por ejemplo*, entre el ordenador 154 y la plataforma de traslación 130, el conjunto de cabezales 110, etc.), se puede realizar mediante conexiones estándar de Ethernet, o como alternativa, por una red o servidor personalizado. La comunicación se puede lograr también a través de una red inalámbrica, incluyendo una red inalámbrica que utiliza un espectro ensanchado de RF para superar las fuentes de interferencia en un entorno típico de fábrica.

El ordenador 154 se puede configurar para analizar los datos proporcionados por la cámara 164 para determinar si las características de interés están presentes, y si es así, puede caracterizar tales características de interés en varias categorías, incluyendo, por ejemplo, bordes, huecos, arrugas, superposiciones, y diversos tipos de FOD. El ordenador 154 se puede configurar además para realizar diversas funciones en base a los resultados de la detección y caracterización de una característica de interés, que incluyen visualizar los datos de la cámara 164 a través de una pantalla 155 (Figura 1), identificar la característica de interés, notificar a un operario, registrar la información sobre la característica de interés (*por ejemplo*, ubicación, tipo, etc.), y si es necesario, detener las

operaciones de fabricación para permitir efectuar inspecciones y medidas correctivas.

Más específicamente, el ordenador 154 puede recibir y mantener el funcionamiento de una pantalla de imágenes (con y sin posibles características de interés) de la cámara 164 de la unidad de supervisión 160. Para múltiples conjuntos de cabezales 110, esto se puede realizar mediante una visualización de pantalla dividida que muestra la vista desde cada conjunto de cabezal 110 simultáneamente en ventanas discretas en la pantalla 155. Como alternativa, la vista de cada conjunto de cabezal 110 puede aparecer individualmente seleccionando dicho conjunto de cabezal 110 desde una lista por un operario.

Para analizar los datos proporcionados por las unidades de supervisión 160, el ordenador 154 puede utilizar una variedad de métodos y algoritmos adecuados para detectar, analizar y caracterizar las características de interés, y tomar las medidas adecuadas en base a los resultados de dichos análisis. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el ordenador 154 se puede configurar para realizar uno o más de los métodos y algoritmos descritos en la Patente de Estados Unidos Nº 6.871.684, así como los métodos y algoritmos descritos en las siguientes solicitudes de patente de propiedad común y publicadas: Patente de Estados Unidos Nº 7.171.033 y Solicitudes de Patente de Estados Unidos con Nº de publicación 2006/0117793, 2006/0109454 y 2006/0108048.

En general, cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria se pueden implementar utilizando software, firmware (*por ejemplo*, circuitería lógica fija), hardware, procesamiento manual, o cualquier combinación de estas implementaciones. Los términos "módulo", "funcionalidad" y "lógicas" generalmente representan software, firmware, hardware, o cualquier combinación de los mismos. En el caso de una implementación de software, el módulo, la funcionalidad, o la lógica representa el código de programa que realiza tareas especificadas cuando se ejecuta en procesador o procesadores (*por ejemplo*, cualquiera de microprocesadores, controladores, y similares). El código de programa se puede almacenar en dispositivos de memoria legibles por uno o más ordenadores. Además, los métodos y sistemas descritos en la presente memoria son plataformas independientes de tal manera que las técnicas se pueden implementar en una variedad de plataformas informáticas comerciales que tienen una variedad de procesadores.

Por otra parte, uno o más de los métodos divulgados en la presente memoria se pueden describir en el contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador. En general, las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, procedimientos, módulos, funciones, y similares que realizan funciones particulares o implementan tipos de datos abstractos. Los métodos se pueden implementar también en un entorno informático distribuido donde las funciones son realizadas por dispositivos de procesamiento remoto que están enlazados a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, las instrucciones ejecutables por ordenador se pueden situar tanto en medios de almacenamiento informático locales como remotos, incluyendo dispositivos de almacenamiento de memoria. Por ejemplo, en las realizaciones alternativas, una o más de las operaciones anteriormente mencionadas del ordenador 154 se puede distribuir a una o más unidades de procesamiento separadas, tales como unidades de procesamiento instaladas dentro de cada conjunto de cabezal 110, o dentro de cada unidad de supervisión 160, o cualquier otra disposición adecuada.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un método 600 de la realización de las operaciones de fabricación de acuerdo con una realización de la invención. El orden en que se describe el método no pretende ser interpretado como una limitación, y cualquier número de los bloques del método descritos se puede combinar en cualquier orden para implementar el método, o un método alternativo. Además, el método se puede implementar en cualquier hardware, software, firmware adecuado, o combinación de los mismos.

En esta realización, el método 600 incluye situar al menos un conjunto de cabezal 110 próximo a la herramienta de conformación 140 en un bloque 602, iniciando la operación del conjunto de cabezal 110 en el bloque 604, y la traslación del conjunto de cabezal 110 utilizando la plataforma de traslación 130 en el bloque 606. En el bloque 608, se aplica la cinta de material compuesto reforzada con fibras 115, ya sea directamente a la herramienta de conformación 140 o a las capas previamente aplicadas de la pieza de trabajo 142. La aplicación de la cinta de material compuesto 115 (bloque 608) se produce preferentemente de forma simultánea con la traslación del conjunto de cabezal 110 (bloque 606).

En el bloque 610, la cinta de material compuesto 115 se controla (*por ejemplo*, en un lugar próximo al rodillo de compactación 118) escaneando los haces en abanico 174 sobre la cinta de material compuesto 115, y capturando los haces reflejados 180 utilizando la cámara 164. La supervisión de la operación de fabricación (bloque 610) se produce preferentemente de forma simultánea a la realización de la operación de fabricación (bloque 608). En realizaciones alternativas, sin embargo, la supervisión se puede producir con posterioridad a la operación de fabricación, como por ejemplo mediante la realización de un barrido de supervisión sobre una porción de cinta de material compuesto 115 (*por ejemplo*, un curso) utilizando la unidad de supervisión 160 después de que se ha aplicado cada porción.

Como se muestra además en la Figura 6, en el bloque 612, los datos proporcionados por la unidad de supervisión 160 se analizan en un intento de detectar y caracterizar cualquier característica de interés que pueda estar presente

en las franjas iluminadas 178. El análisis de los datos en la unidad de supervisión (bloque 612) se produce preferentemente de forma simultánea a la realización de la supervisión (bloque 610) durante la operación de fabricación (bloque 608). En realizaciones alternativas, sin embargo, el análisis se puede producir con posterioridad a la supervisión, tal como mediante post-procesamiento de los datos después de que se realiza la supervisión sobre una porción de cinta de material compuesto 115.

En un bloque 614, se realiza una determinación con respecto a si una característica de interés que se ha detectado durante el análisis de datos (bloque 612) merece mayor inspección o posible acción correctiva (*por ejemplo*, reparación). Si es así, entonces la operación de fabricación (*por ejemplo*, la operación del conjunto de cabezal 110, el conjunto de traslación 130, etc.) se puede detener en el bloque 616, y la nueva inspección, medidas correctivas, o ambos se realizan en el bloque 618. Después que se realizan las acciones necesarias en el bloque 618, o si se determina en el bloque 614 que la característica de interés no requiere una posterior inspección o medidas correctivas, el método 600 determina si las operaciones de fabricación se han completado en el bloque 620. Si las operaciones de fabricación no se han completado, entonces el método 600 vuelve al bloque 606 y continúa las acciones descritas anteriormente descritas. Como alternativa, si las operaciones de fabricación se han completado, entonces el método 600 finaliza o continúa con otras acciones.

La Figura 7 es una representación esquemática de la salida 700 de la unidad de supervisión 160 de las Figuras 4 y 5. En esta realización, los datos adquiridos por la cámara 164 dentro de las primera y segunda regiones de interés 184, 186 se muestran como una función de tiempo (o dirección de desplazamiento 161) durante la supervisión de un proceso de aplicación de cintas de material compuesto. En la primera y segunda regiones de interés 184, 186, tanto los segmentos de datos positivos 702 que indican la presencia de características de interés como los segmentos de datos negativos 704 que indican la ausencia de características de interés, se muestran. Más específicamente, los segmentos de datos positivos 702 se clasifican en diferentes tipos de segmentos positivos 702a, 702b, 702c, 702d, 702e que tienen diferentes características indicativas de diferentes tipos de características de interés. En la representación esquemática que se muestra en la Figura 7, los diferentes tipos de segmentos positivos 702a-e se representan como teniendo diferentes anchuras, sin embargo, en las realizaciones alternativas, los diferentes tipos de segmentos positivos 702a-e se pueden categorizar y distinguir utilizando cualquier característica distintiva o un conjunto de características, que incluyen, por ejemplo, la intensidad, el tamaño, la diversidad espectral, o cualquier otra característica adecuada.

La Figura 8 es una representación 800 de los datos de supervisión reales proporcionados por la unidad de supervisión 160. En esta realización, la representación 800 incluye una vista en "tiempo real" 802 de la cámara 164 que incluye la primera y segunda regiones de interés 184, 186 (Figura 5). La primera y segunda porciones 804, 806 de la tira iluminada 178 se muestran dentro de la primera y segunda regiones de interés 184, 186, respectivamente. La primera y segunda porciones 804, 806 se pueden utilizar para detectar y caracterizar las características de interés, incluyendo bordes, huecos, arrugas, superposiciones, y diversos tipos de condiciones de FOD. Además, las posiciones de la primera y segunda porciones 804, 806 reflejan la altura total por encima del mandril 140, y por lo tanto, el espesor de la pieza de trabajo 142.

Una trama horizontal 812 es la salida de un módulo detector de paso que analiza la primera y segunda porciones 804, 806 de la tira iluminada 178 y puede localizar las diversas características de interés, incluyendo bordes de cinta de material compuesto 115, y las superposiciones y huecos entre cursos sucesivos de cinta de material compuesto 115. En una realización, el módulo detector de paso opera sobre la diferencia entre un suelo calibrado y un centro de masa de las porciones 804, 806 para cada columna de la trama de la imagen 802. En la representación 800 que se muestra en la Figura 8, un hueco 814b se ha detectado en la segunda región de interés 186, 814a, mientras que un hueco y un FOD 816 se han detectado en la primera región de interés 184.

Varias otras señales de salida se pueden mostrar, dependiendo de los parámetros de funcionamiento y de los elementos deseados que se seleccionan mediante las casillas de verificación de diálogo observadas a lo largo de la parte inferior de la representación 800. En la parte inferior izquierda de la representación 800 hay un histograma de intensidad de imagen global 808, que muestra la distribución de valores de píxel de la imagen y los dos umbrales que se utilizan en una fase de binarización del procesamiento de imágenes. Un segundo histograma 810 se muestra en el lado derecho de la representación 800, representando una proyección vertical de los valores de píxel.

Las realizaciones de sistemas y métodos de acuerdo con la presente invención pueden proporcionar ventajas significativas sobre la técnica anterior. Por ejemplo, debido a que el conjunto de cabezal 110 incluye su propia unidad de supervisión dedicada 160 para la realización de inspecciones, las inspecciones en proceso se pueden realizar de forma simultánea en diferentes regiones de la pieza de trabajo 142 a medida que los conjuntos de cabezales 110 realizan simultáneamente las operaciones de fabricación. Las unidades de supervisión 160 reducen ventajosamente el tiempo de inactividad del sistema de fabricación 100 al reducir o eliminar la necesidad de cambiar el hardware de inspección entre los conjuntos de cabezales 110. Por lo tanto, las realizaciones de la invención pueden reducir ventajosamente la mano de obra y los gastos asociados con la supervisión y la inspección durante las operaciones de fabricación, y pueden proporcionar una mejor detección y caracterización de varias características de interés, incluyendo bordes de la cinta de material compuesto, huecos y superposiciones entre los cursos sucesivos de cinta de material compuesto, arrugas en la cinta, y los restos de objetos extraños (FOD). En

general, las realizaciones de la invención pueden mejorar las tasas y eficacia de producción y reducir los costes de fabricación, en comparación con los sistemas y métodos de la técnica anterior.

5 Las realizaciones de la invención se pueden utilizar en una amplia variedad de aplicaciones de fabricación para la fabricación de una amplia variedad de componentes para una amplia variedad de productos. Por ejemplo, en el sistema de fabricación 100 que se muestra en la Figura 1, la herramienta de conformación 140 se configura para conformar una pieza de trabajo alargada, tubular 142. En una realización específica, la pieza de trabajo 142 es una porción del fuselaje de un avión, tal como la aeronave de pasajeros 787 disponible comercialmente por The Boeing Company de Chicago, Illinois. Sin embargo, se apreciará que realizaciones alternativas de la invención se pueden  
10 emplear para la fabricación de componentes de materiales compuestos para una variedad de otros productos, incluyendo otros componentes para aviones comerciales y militares, aeronaves de ala rotativa, misiles u otros tipos de vehículos aéreos, así como componentes para embarcaciones, automóviles, camiones y otros tipos de vehículos terrestres, así como cualquier otra estructura deseada.

15 Adicionalmente, aunque las realizaciones divulgadas se han descrito como estando configuradas para la aplicación y el cotejo de cinta de material compuesto reforzada con fibras, se puede apreciar que en realizaciones alternativas, los conjuntos de cabezales que tienen unidades de inspección visual de acuerdo con la presente invención pueden equiparse con otros tipos de herramientas para realizar otro tipo de operaciones de fabricación. Por ejemplo, en realizaciones alternativas, los conjuntos, de acuerdo con la invención pueden incluir remachadoras, soldadores,  
20 llaves, pinzas, lijadoras, clavadoras, pistolas de clavos, extractores abolladuras mecánicos y electromagnéticos, y prácticamente cualquier otro tipo deseado de herramientas de fabricación e instrumentos de medición.

Aunque las realizaciones preferidas y alternativas de la invención se han ilustrado y descrito, como se ha señalado anteriormente, muchos cambios se pueden hacer sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. De acuerdo  
25 con ello, el alcance de la invención no está limitado por la divulgación de estas realizaciones preferidas y alternativas. En su lugar, la invención debería determinarse totalmente por referencia a las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (100) para realizar una operación de fabricación en una pieza de trabajo (142), que comprende:

5 al menos un conjunto de cabezal (110) configurado para realizar la operación de fabricación de la pieza de trabajo; y  
 una plataforma de traslación (130) acoplada al menos a un conjunto de cabezal (110), configurándose la  
 plataforma de traslación (130) para situar operativamente el conjunto de cabezal (110) próximo a la pieza de  
 10 trabajo (142) y mover sistemáticamente el conjunto del cabezal (110) a lo largo de una trayectoria de traslación  
 próxima a la pieza de trabajo (142), y donde el conjunto de cabezal (110) incluye:

una herramienta que se puede mover con respecto a la pieza de trabajo y configurada para realizar la  
 operación de fabricación de la pieza de trabajo; y  
 15 una unidad de supervisión (160) acoplada operativamente a y que puede moverse con la herramienta con  
 respecto a la pieza de trabajo, incluyendo la unidad de supervisión:

un láser (162) configurado para iluminar una tira iluminada de la pieza de trabajo (142) sobre la que la  
 herramienta ha realizado la operación de fabricación, donde el láser (162) comprende un escáner de láser  
 y el haz de iluminación comprende un haz en abanico;  
 20 una cámara (164) configurada para recibir un haz reflejado que se refleja desde la tira iluminada;  
 un alojamiento (166) acoplado operativamente a la herramienta, y un espejo dispuesto dentro de la  
 carcasa (166), estando la cámara (164) dispuesta dentro de la carcasa (166), y estando el escáner láser  
 dispuesto dentro de la carcasa (166) y configurado para transmitir el haz en abanico a través de una  
 25 primera abertura (170) en la carcasa (166), teniendo el alojamiento una segunda abertura (172)  
 configurada para recibir el haz reflejado, reflejándose adicionalmente el haz reflejado mediante el espejo  
 (168) en la cámara (164); y  
 donde la unidad de supervisión (160) se configura además para iluminar la tira iluminada y recibir el haz  
 reflejado de forma simultánea a la realización de la operación de fabricación utilizando la herramienta; y  
 30 un ordenador (154) configurado para recibir señales de salida desde la cámara (164) indicativas del haz  
 reflejado, y para analizar las señales de salida para, al menos uno de, detectar y caracterizar una  
 característica de interés a lo largo de la tira iluminada, donde la característica de interés incluye al menos  
 uno de un borde, una superposición, un hueco, una arruga, y restos de objetos extraños (FOD).

2. El sistema de la reivindicación 1, donde la herramienta se configura para realizar una aplicación de una cinta de  
 35 material compuesto (115) sobre la pieza de trabajo (142), y donde la unidad de supervisión (160) se configura para  
 iluminar una tira iluminada de la cinta de material compuesto (115).

3. El sistema de la reivindicación 2, donde la herramienta incluye:

40 un husillo (112) configurado para soportar un suministro de la cinta de material compuesto (115); y  
 un conjunto de alimentación (116) configurado para alimentar la cinta de material compuesto desde el suministro  
 a la pieza de trabajo (142), teniendo el conjunto de alimentación un rodillo de compactación giratorio configurado  
 para aplicar la cinta de material compuesto sobre la pieza de trabajo (142).

4. El sistema de la reivindicación 3, donde la unidad de supervisión (160) se configura además para iluminar la tira  
 45 iluminada mediante un haz en abanico emitido desde un escáner de láser, y donde la cámara (164) se configura  
 además para transmitir señales correspondientes al haz reflejado recibido, a un componente de análisis de datos.

5. El sistema de la reivindicación 1, donde el ordenador (154) está acoplado operativamente a la plataforma de  
 50 traslación (130) y al conjunto de cabezal (110), estando el ordenador (154) configurado para transmitir señales de  
 control a la plataforma de traslación (130) y al conjunto de cabezal (110) para realizar al menos una de las  
 operaciones de fabricación automáticas y semiautomáticas.

6. Un método para realizar una operación de fabricación en una pieza de trabajo (142), que comprende:

55 realizar la operación de fabricación en una porción de la pieza de trabajo (142) usando una herramienta que se  
 puede mover con respecto a la pieza de trabajo (142);  
 simultáneamente a la realización de la operación de fabricación, supervisar una porción de la pieza de trabajo  
 (142) sobre la que la herramienta ha realizado la operación de fabricación, donde la supervisión se realiza  
 60 utilizando el aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además:

65 analizar las señales de salida producidas por el aparato de supervisión;  
 detectar una característica de interés;  
 caracterizar la característica de interés;

determinar que se requiere al menos uno de inspección y medidas correctivas; y detener la operación de fabricación.



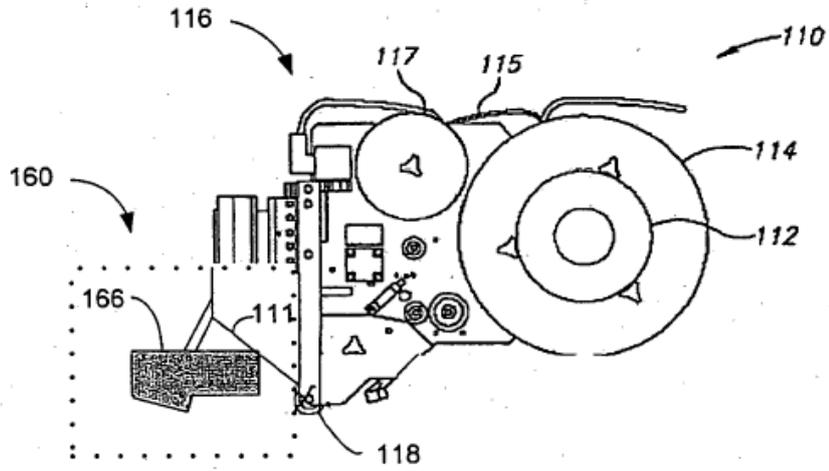


Fig. 2

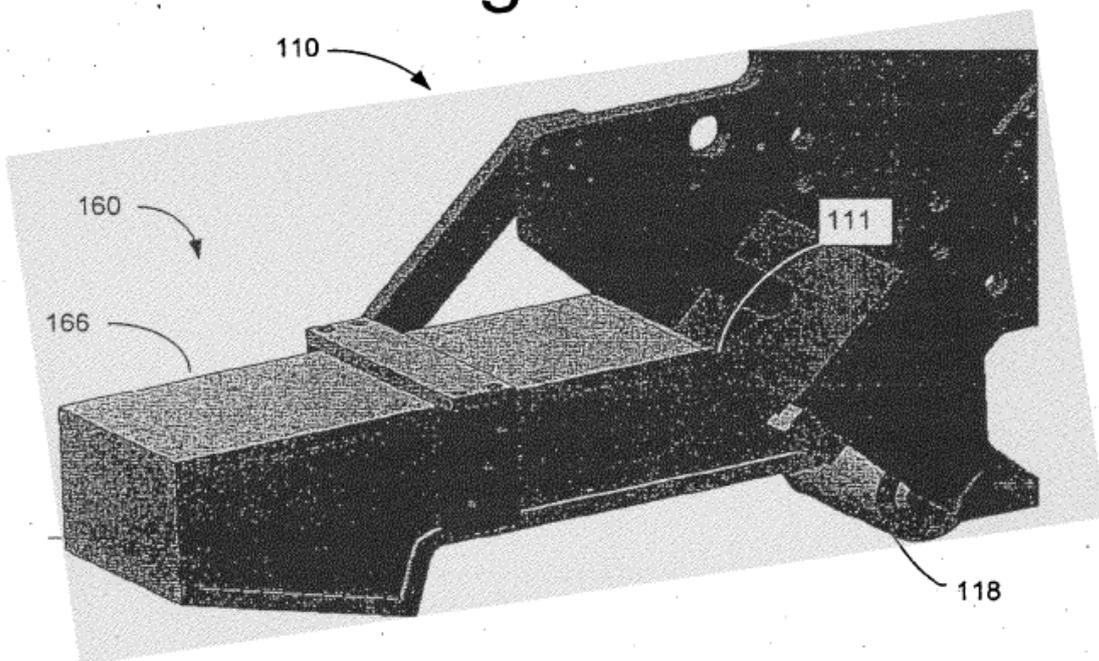


Fig. 3

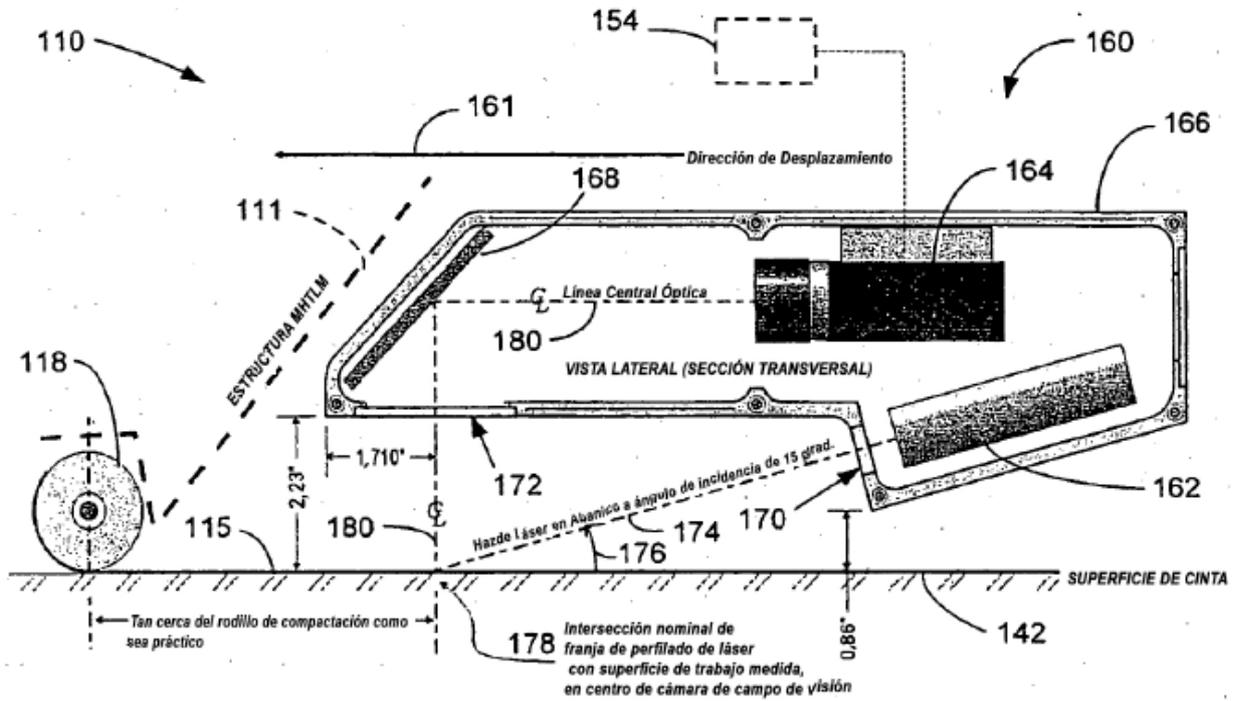


Fig. 4

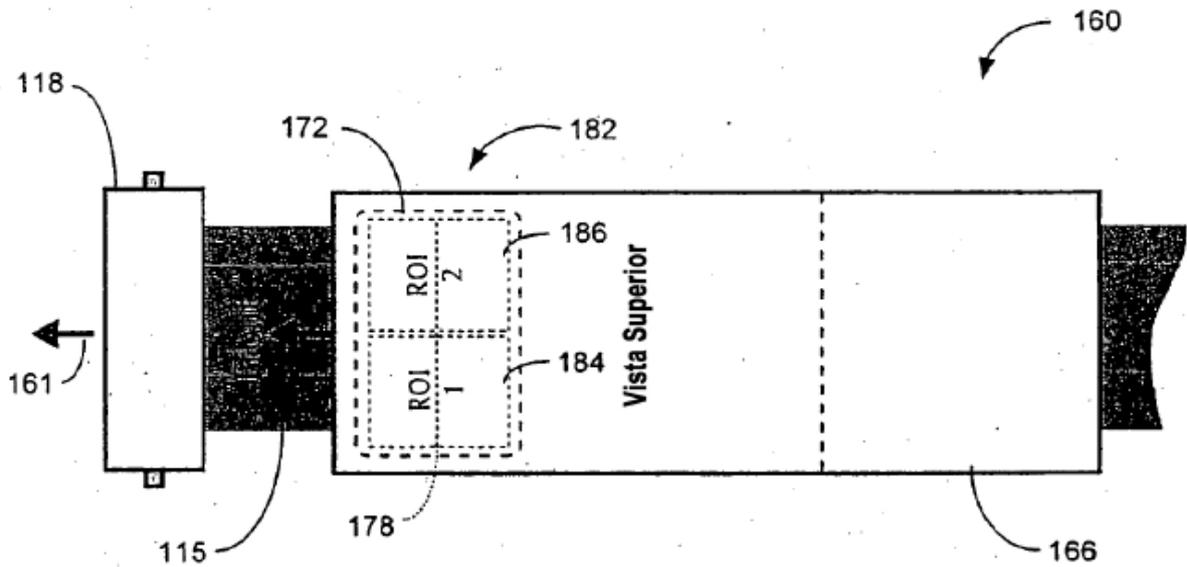


Fig. 5

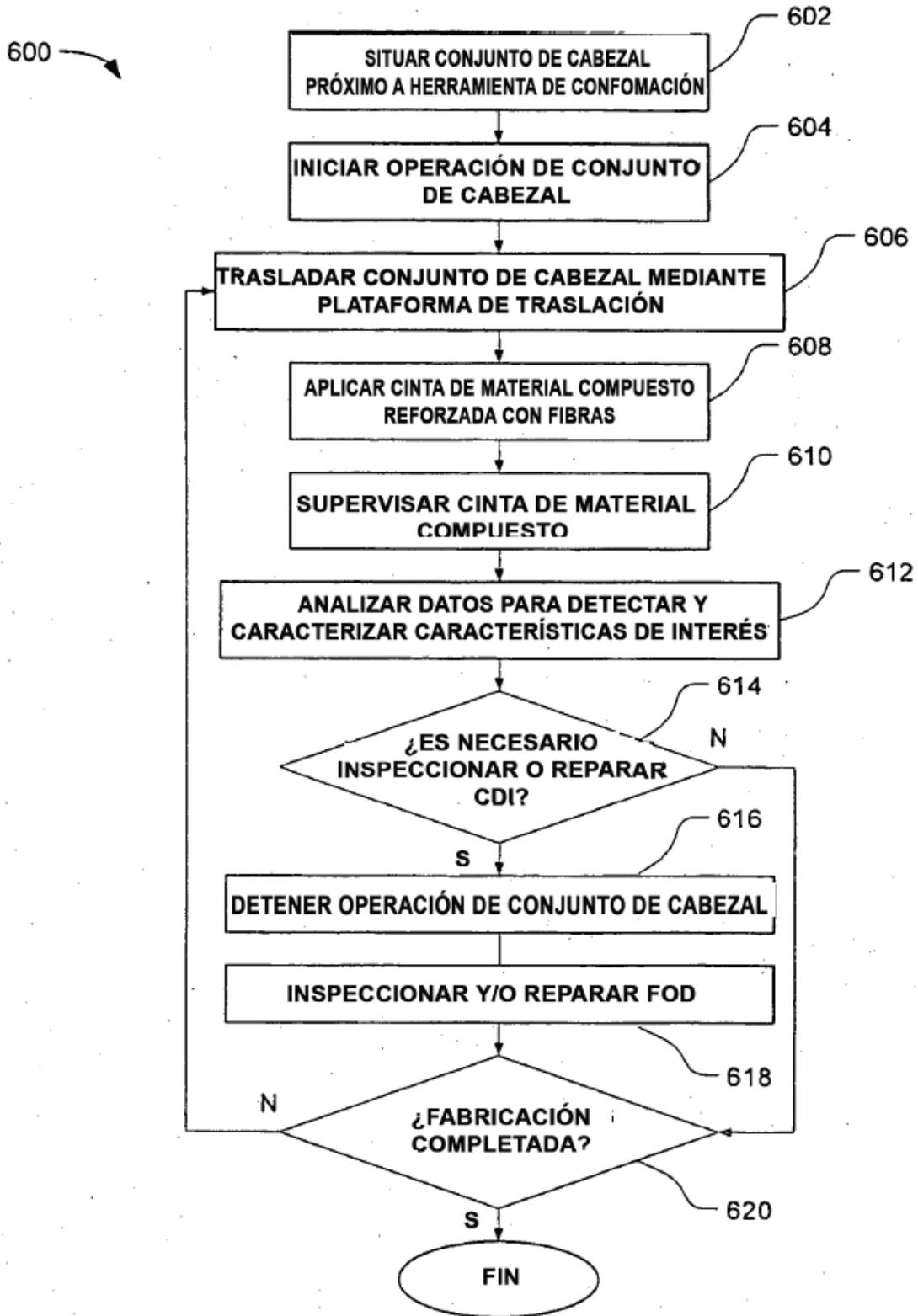


Fig. 6

