

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 655**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2005** E **05075467 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** EP **1574845**

54 Título: **Sistemas y métodos que permiten retorno automático a y/o reparación de defectos con una máquina de colocación de material**

30 Prioridad:

12.03.2004 US 799306

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

16.11.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**CHAPMAN, MICHAEL R.;
ENGELBART, ROGER W.;
JOHNSON, BRICE A.;
SOUCY, KATHRYN A.;
HANNEBAUM, REED y
SCHRADER, STEVE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 793 655 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 que permiten retorno automático a y/o reparación de defectos con una máquina de colocación de material

5 Una parte de la divulgación de este documento contiene material que está sujeto a protección de derechos de autor. El propietario de los derechos de autor no se opone a la reproducción facsímil por cualquier persona de la divulgación de patente, tal como figura en los registros o archivos de patente de la Oficina de Marcas y Patentes estadounidense, pero, de lo contrario, el propietario de los derechos de autor se reserva todos los derechos de autor cualesquiera.

10 La presente divulgación se refiere a sistemas y métodos que permiten que una máquina de colocación de material regrese de manera automática a los defectos para la reparación de defectos manual y repare defectos sin intervención de un operario. Específicamente, la divulgación se refiere a un método tal como se define en la reivindicación 1, una máquina y sistema de colocación de material tal como se define en la reivindicación 12 y un portador con un programa tal como se define en la reivindicación 13.

15 En la técnica, se han conocido estructuras compuestas durante muchos años. Aunque pueden formarse estructuras compuestas de muchas maneras diferentes, una técnica ventajosa para formar estructuras compuestas es un procedimiento de intercalación automático o de colocación de fibras. Según técnicas de intercalación automáticas, una o más cintas de material compuesto (también denominadas hebras o estopas compuestas) se disponen sobre un sustrato con una máquina de colocación de material. El sustrato puede ser una herramienta o mandril, pero también puede estar formado por una o más capas subyacentes de material compuesto que previamente se han dispuesto y compactado.

20 Los procedimientos de colocación de fibras utilizan normalmente una fuente de calor para ayudar a compactar los pliegos de material compuesto en un punto de convergencia ubicado. En particular, la cinta o estopa de material compuesto y el sustrato subyacente se calientan en el punto de convergencia para aumentar la pegajosidad de la resina de los pliegos al tiempo que se somete a fuerzas de compresión para garantizar la adhesión al sustrato. Para completar la parte, pueden aplicarse tiras adicionales de material compuesto unas al lado de otras para formar capas y pueden someterse a calor localizado y presión durante el procedimiento de consolidación.

25 Desafortunadamente, pueden producirse defectos durante la colocación de las tiras compuestas sobre la estructura compuesta subyacente. Tales defectos pueden incluir huecos de estopa, superposiciones, estopas reducidas, frunces (es decir, zonas elevadas en una estopa) y torsiones. Además, hay objetos extraños y restos (FOD), tales como pelotas de resina y pelotas de pelusa, que pueden acumularse sobre una superficie de la estructura compuesta que deben detectarse, identificarse y, finalmente, retirarse de la superficie de pliego.

30 Las estructuras compuestas fabricadas mediante métodos de colocación de material automáticos presentan normalmente requisitos de tamaño máximo admisible específicos para cada desperfecto, estableciéndose estos requisitos mediante el programa de producción. Los programas de producción también establecen normalmente criterios de aprobación o rechazo bien definidos para un número máximo admisible (es decir, densidad) de defectos por unidad de zona y un máximo admisible de anchura de defecto por unidad de zona acumulativa.

35 Para asegurar que las láminas compuestas fabricadas mediante procedimientos de colocación de fibras cumplen los requisitos relativos al tamaño de defecto, las estructuras están sometidas, normalmente, a una inspección visual pliego a pliego del 100%. Estas inspecciones se realizan, tradicionalmente, de manera manual, tiempo durante el cual la máquina de colocación de fibras se para y el procedimiento de materiales dispuestos se detiene hasta que se completan la inspección y las reparaciones posteriores, si las hubiera. Mientras tanto, el procedimiento de fabricación se ha ralentizado desfavorablemente por el procedimiento de inspección manual y el tiempo de inactividad de la máquina asociada a ello.

40 El documento US 2002/141632 A1, según su resumen, describe un sistema y un método para identificar defectos en una estructura compuesta. El sistema incluye una cámara para recibir imágenes de la estructura compuesta, un procesador para manipular las imágenes y generar una respuesta basada en las imágenes y una fuente de luz para iluminar la estructura compuesta. La fuente de luz se coloca en un ángulo oblicuo en relación con la estructura compuesta y comprende un componente infrarrojo que se refleja de manera diferente por defectos en la estructura compuesta que desde partes de la estructura compuesta que no tienen defectos. Basándose en la respuesta proporcionada por el procesador, pueden identificarse defectos que cumplen unos criterios predeterminados.

45 El documento US 2004/031567 A1, según su resumen, describe un sistema mejorado para identificar defectos en una estructura compuesta proporcionando una fuente de luz de modo que pueden identificarse defectos, y en particular defectos oscuros sobre un fondo oscuro y/o defectos claros sobre un fondo claro, captando imágenes de la estructura compuesta iluminada. En particular, el sistema mejorado para identificar defectos en una estructura compuesta puede proporcionar una superficie reflectante, elementos de dispersión, y fuente(s) de luz y/o cámara(s) múltiple(s) y/o móvil(es) con el fin de garantizar que se captan y procesan las imágenes más precisas de cualquier zona de la estructura compuesta, incluso zonas curvas o contorneadas. Como resultado, el sistema permite que el operario identifique y corrija rápidamente defectos que, de otro modo, crearían desperfectos o inconsistencias estructurales que pueden afectar a la integridad de la estructura compuesta.

El documento US 2005/025350 A1, según su resumen, describe sistemas y métodos para identificar objetos extraños y restos (FOD) y defectos durante la fabricación de una estructura compuesta. El sistema incluye, al menos, una fuente de luz colocada para emitir luz que ilumina una parte de la estructura compuesta con iluminación de campo luminoso y que también ilumina otra parte de la estructura compuesta con iluminación de campo oscuro. La iluminación de campo luminoso se refleja de manera diferente mediante defectos en la estructura compuesta que desde partes de la estructura compuesta que no tienen defectos. La iluminación de campo oscuro se refleja de manera diferente por FOD sobre la estructura compuesta que desde superficies de la estructura compuesta que no tienen FOD. El sistema también incluye al menos una cámara para recibir imágenes de las partes iluminadas de la estructura compuesta. Las imágenes recibidas por la cámara pueden procesarse por un procesador que genera entonces una respuesta identificando defectos y objetos extraños y restos basándose en las imágenes.

El documento US 2005/117793 A1, según su resumen, describe sistemas y métodos para determinar una característica de defecto de una estructura compuesta, tal como densidad de defecto por unidad de zona y/o acumulativo. En una realización preferida, un método para determinar una característica de defecto de una estructura compuesta incluye generalmente: determinar una primera distancia desde un primer punto de referencia de la estructura compuesta a un defecto; determinar una segunda distancia desde un segundo punto de referencia de la estructura compuesta al defecto; utilizar las distancias primera y segunda para establecer una zona de referencia de la estructura compuesta; y considerar cada defecto detectado dentro de la zona de referencia y producir a partir del mismo una característica de defecto representativa de la estructura compuesta.

El documento EP 1 334 819 A1, según su resumen, describe una máquina y método asociado de intercalación de material compuesto para la colocación y consolidación de cinta de fibra a una velocidad relativamente elevada. La máquina de intercalación de material compuesto incluye una serie de diodo láser para calentar al menos una cinta de fibra, un dispositivo de compactación para presionar la cinta de fibra contra una pieza de trabajo, un sistema de inspección para monitorizar la cinta de fibra y un controlador. El sistema de inspección produce una salida representativa de al menos una característica de la cinta de fibra, y el controlador puede recibir la salida y, basándose en la salida, alterar automáticamente al menos un parámetro de sistema que define una característica de funcionamiento de la máquina de intercalación de material compuesto.

Si bien los sistemas y métodos de inspección mencionados anteriormente han funcionado bien para sus objetivos previstos y han reducido el tiempo de inactividad improductivo relacionado con la inspección de los pliegos laminados, los inventores de los mismos han reconocido que la reparación de desperfectos detectados todavía es un procedimiento muy laborioso y manual.

La presente divulgación se refiere a sistemas y métodos que permiten que la máquina de colocación de material regrese de manera automática a y repare defectos sin intervención de un operario.

La presente divulgación, en un primer aspecto, proporciona un método según la reivindicación 1, que comprende las etapas de determinar si el defecto determinado como inaceptable puede ser reparado por una máquina de colocación de material sin intervención de un usuario; y automáticamente hacer que la máquina de colocación de material regrese a y coloque material suficiente para reparar el defecto determinado como inaceptable y que puede ser reparado por la máquina de colocación de material sin intervención de un usuario. Se definen realizaciones adicionales del método en las reivindicaciones dependientes 2 -11.

La presente divulgación, en un aspecto adicional, proporciona además la máquina o sistema de colocación de material según la reivindicación 12, en la que la máquina o sistema de colocación de material comprende un programa que incluye uno o más módulos para realizar las etapas del método descritas anteriormente. La divulgación, en aún otro aspecto adicional, proporciona un portador con un programa según la reivindicación 13, incluyendo el portador que el programa comprende uno o más módulos para realizar las etapas del método descritas anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos proporcionados en la presente divulgación se entenderán más completamente a partir de la descripción detallada y los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de una estructura compuesta a modo de ejemplo que ilustra distancias lineales y laterales hasta un defecto en la estructura compuesta;

las figuras 2A y 2B forman un diagrama de flujo de procedimiento que ilustra operaciones de un método que permite la reparación automática de defectos con una máquina de colocación de material según una implementación preferida;

la figura 3 ilustra un bloque a modo de ejemplo de datos de control numérico (CN) en el interior de un archivo de fabricación de pieza para una máquina de colocación de material;

la figura 4 ilustra un bloque a modo de ejemplo de un código de CN para generar movimientos de aproximación y repliegue correspondientes de la máquina de colocación de material entre trayectorias;

la figura 5 ilustra un bloque a modo de ejemplo de un código de CN de un archivo de fabricación de pieza de reparación para hacer que la máquina de colocación de material regrese a una ubicación de defecto y repare el defecto en la ubicación del defecto;

5 la figura 6 es una vista esquemática de un sistema a modo de ejemplo para inspeccionar una estructura compuesta para buscar defectos;

la figura 7 es una vista en perspectiva de un rodillo de compactación a modo de ejemplo que tiene un anillo codificado acoplado a este para rotar conjuntamente con este y un fotosensor colocado para monitorizar el anillo codificado;

la figura 8 es una vista en perspectiva de otro sistema a modo de ejemplo para inspeccionar una estructura compuesta para buscar defectos;

10 la figura 9 es una vista en perspectiva de una fuente de luz según la realización de sistema mostrada en la figura 8;

la figura 10 es una vista en perspectiva de otro sistema a modo de ejemplo para inspeccionar una estructura compuesta para buscar defectos;

la figura 11 es una vista en perspectiva de una fuente de luz según la realización de sistema mostrada en la figura 10; y

la figura 12 es una vista esquemática del anillo codificado mostrado en la figura 7.

15 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

La siguiente descripción de las realizaciones preferidas es de naturaleza meramente ejemplar y no está, de ninguna manera, destinada a limitar los aspectos proporcionados, su aplicación o usos.

20 La divulgación proporciona sistemas y métodos que permiten que una máquina de colocación de material regrese de manera automática a y repare defectos sin intervención de un operario. El método incluye datos de posición de acceso electrónico que definen una ubicación de defecto en una estructura compuesta y hacen, automáticamente, que una máquina de colocación de material regrese a la ubicación del defecto tal como se define por los datos de posición. El método incluye hacer, automáticamente, que la máquina de colocación de material coloque o disponga material suficiente para reparar un defecto en la ubicación del defecto.

25 Según otro aspecto de la presente divulgación, un programa incluye, generalmente, una pluralidad de entradas para permitir que el programa acceda a datos de posición que definen una localización de defecto. El programa también incluye un módulo para generar de manera automática instrucciones en relación con las entradas. Las instrucciones hacen, automáticamente, que una máquina de colocación de material regrese a la ubicación del defecto tal como se define por los datos de posición. En diversas implementaciones, el programa puede incluir un módulo para hacer, automáticamente, que la máquina de colocación de material coloque material suficiente para reparar un defecto en la ubicación del defecto.

30 A pesar de que pueden describirse aspectos de la presente divulgación con un programa que presenta un efecto directo sobre y control directo de la máquina de colocación de material, debe entenderse que son las instrucciones generadas mediante la ejecución de un programa, por ejemplo, mediante un procesador en comunicación con la máquina de colocación de material, y la posterior implementación de tales instrucciones por el procesador, las que tienen efecto directo sobre y control directo de la máquina de colocación de material.

35 Únicamente a modo de ejemplo, la figura 1 ilustra una estructura 22 compuesta a modo de ejemplo que puede incluir una pluralidad de capas o pliegos. Cada pliego comprende, generalmente, una pluralidad de estopas adyacentes o tiras de cinta 24 compuesta. Las tiras 24 incluyen, normalmente, una pluralidad de fibras incrustadas en una resina u otro material que se vuelve pegajoso o fluido tras la aplicación de calor. Las tiras 24 pueden estar dispuestas sobre una superficie de trabajo, tal como una tabla, mandril, u otra herramienta 26 (figura 6) y se compactan con un rodillo 20 de compactación (figura 7) para formar la estructura 22 compuesta según una técnica de intercalación automática.

40 Tal como se muestra en la figura 1, dieciocho trayectorias o tiras 24 han sido completadas por la máquina de colocación de material. Es decir, la máquina de colocación de material ha pasado dieciocho veces a través de un sustrato. Durante cada una de las pasadas, la máquina de colocación de material ha dispuesto una tira 24 sobre el sustrato. La sexta trayectoria 23 de la estructura 22 compuesta incluye un defecto 36 en el que falta una parte de una estopa. La línea 19 discontinua representa la distancia lineal a lo largo de la sexta trayectoria 23 hasta el defecto 36. La línea 21 discontinua representa la distancia lateral hasta el defecto 36 desde un primer extremo 11 de la estructura 22 compuesta.

45 Las figuras 2A y 2B forman un diagrama de flujo de procedimiento que ilustra operaciones de un método 100 que permite la reparación en proceso de defectos durante la fabricación de una estructura compuesta con una máquina de colocación de material según una implementación preferida. Tal como se muestra en la figura 2A, el método puede incluir procesamiento en la etapa inicial inteligente (IFE) de un archivo 102 de fabricación de pieza en funcionamiento 104. El archivo 102 de fabricación de pieza puede incluir datos e información para que la máquina de colocación de material fabrique la estructura compuesta de principio a fin. Información a modo de ejemplo en el archivo 102 puede incluir datos de control numérico (CN) que definen los diferentes movimientos de aproximación y repliegue para la máquina de colocación de material e información que define las especificaciones de pieza, tal como perímetro, tamaño, contorno, etc.

La figura 3 ilustra un bloque a modo de ejemplo de datos 103 de control numérico (CN) que pueden estar incluidos en el interior de un archivo 102 de fabricación de pieza para un tipo particular de máquina de colocación de material. La figura 3 ilustra diferentes líneas de datos que reflejan la ubicación de la máquina de colocación de material y su funcionamiento en un punto y tiempo específicos. La figura 3 también ilustra un bloque 105 de líneas asociado con una ubicación de defecto. La figura 3 es únicamente para fines de ilustración, y el tipo y contenido del código de programa para la máquina de colocación de material puede variar dependiendo de la aplicación particular y de la máquina de colocación de material particular que se utilizan.

En la figura 2A, el funcionamiento 106 incluye la ejecución de un programa, por ejemplo, mediante un procesador en comunicación con la máquina de colocación de material. La ejecución del programa genera las instrucciones o comandos para hacer que la máquina de colocación de material comience a disponer o colocar el material en funcionamiento 108. La figura 4 ilustra un bloque a modo de ejemplo de código 109 para generar los movimientos de aproximación y repliegue correspondientes de la máquina de colocación de material entre trayectorias. La figura 4 es únicamente para fines de ilustración, y el tipo y contenido del código del programa para la máquina de colocación de material variará dependiendo de la aplicación particular y de la máquina de colocación de material particular que se utilizan.

Tal como se muestra en la figura 2A, se crea un informe de inspección de pliego en el funcionamiento 112 cuando la máquina de colocación de material completa o finaliza una capa o pliego, tal como se representa en el cuadro 110. El pliego, la trayectoria y el número de bloque de CN asociado a este puede registrarse o grabarse en el funcionamiento 114.

Con referencia a las figuras 2A y 3, el número de trayectoria actual y el número 116 de bloque actual pueden enviarse a un sistema de inspección. El funcionamiento 118 (figura 2A) incluye el sistema de inspección que inspecciona la estructura compuesta para buscar defectos. Preferiblemente, esta inspección sucede, generalmente, de manera simultánea con el funcionamiento 108 en el que la máquina de colocación de material coloca el material. Se describen sistemas y métodos a modo de ejemplo que pueden detectar defectos en una estructura compuesta generalmente a continuación y en más detalle en los documentos anteriormente señalados US 2002/141632 A1, US 2004/031567 A1 y US 2005/025350 A1.

El funcionamiento 120 incluye determinar si un defecto detectado es aceptable en el ámbito de determinadas tolerancias o criterios predefinidos, tal como parámetros y tolerancias de dimensión aceptables máximos tal como establece un programa de producción. Únicamente a modo de ejemplo, puede hacerse esta determinación contando el número de píxeles a partir de una imagen digital que representa el defecto y después utiliza esa cantidad de píxeles para calcular una medición cuantitativa indirecta para el defecto basándose en datos de correlación que incluyen una relación predeterminada entre la cantidad de píxeles y los límites de dimensión o distancia.

El funcionamiento 122 incluye determinar si un defecto inaceptable (es decir, un defecto determinado como inaceptable en el funcionamiento 120) puede repararse de manera automática por la máquina de colocación de material sin necesitar reparación manual o intervención de usuario. Estopas reducidas y huecos de estopas que tienen una anchura igual a la anchura de la estopa son tipos de defecto a modo de ejemplo que pueden ser reparados mediante automatización. La información sobre los defectos que no pueden repararse mediante automatización se registra o graba en el informe de inspección de pliego en funcionamiento 112. Tipos de defectos a modo de ejemplo que pueden determinarse como incapaces de reparar mediante automatización con la máquina de colocación de material pueden incluir objetos extraños y restos (FOD) y huecos inaceptables/rechazados que son más estrechos que la anchura de una estopa.

Los defectos que se determina que no pueden repararse mediante automatización pueden marcarse (tal como se describe a continuación) para permitir que la ubicación de tales defectos sea fácilmente visible, aunque no es necesario. Adicional o alternativamente, diferentes implementaciones pueden incluir también el regreso de la máquina de colocación de material a un defecto que se ha determinado que es irreparable mediante automatización. Entonces, un operario puede reparar, de manera manual, el defecto en la ubicación del defecto. Después de terminar la reparación manual, el movimiento de la máquina de colocación de material puede entonces reiniciarse o controlarse manualmente por el operario, por ejemplo, para hacer que la máquina de colocación de material se mueva a otra ubicación de defecto.

El funcionamiento 124 incluye determinar una ubicación para cada defecto inaceptable que puede repararse mediante automatización con la máquina de colocación de material. Adicional o alternativamente, el funcionamiento 124 puede incluir la determinación de una ubicación para cada defecto que se ha determinado que es irreparable mediante automatización.

En implementaciones preferidas, pueden determinarse ubicaciones de defecto mediante la monitorización exterior de la posición de disposición/aplicación del material de la máquina de colocación de material. Se describen sistemas y métodos a modo de ejemplo que pueden determinar ubicaciones de defectos generalmente a continuación y en más detalle en el documento anteriormente señalado US 2005/117793 A1.

Los datos de posición que definen la ubicación o coordenadas para un defecto se registran, graban y rastrean en el funcionamiento 114.

En referencia ahora a las figuras 2B y 3, el funcionamiento 126 incluye buscar en el archivo 102 de fabricación de pieza (figura 2B) la trayectoria y los datos 105 de bloque CN (figura 3) asociados con un defecto. A modo de ejemplo, el sistema

de inspección tras detección de defecto puede producir una señal que se utiliza para marcar o identificar los datos de bloque de control numérico que definen las coordenadas para la ubicación del defecto.

5 En funcionamiento 128, se obtienen o extraen los datos 105 de bloque CN asociados con el defecto. El funcionamiento 130 incluye añadir nuevos comandos de corte de estopa y/o adición de estopa (por ejemplo, añadir una estopa y cortarla a esta longitud). A modo de ejemplo, la ejecución de los nuevos comandos de corte/adición de estopa puede incluir el accionamiento del cuchillo de corte apropiado para depositar una longitud adecuada de estopa y/o empalmar una pieza de estopa única desde un grupo de estopas múltiples.

10 La figura 5 ilustra un remanente 129 de datos de bloque CN asociados con un defecto, en la que el remanente 129 se extrajo del archivo 102 de fabricación de pieza. La figura 5 ilustra además nuevos comandos 131 de corte/adición de estopa añadidos al funcionamiento 130. La figura 5 es únicamente para fines de ilustración, y el tipo y contenido del código del programa para la máquina de colocación de material variará dependiendo de la aplicación particular y de la máquina de colocación de material particular que se utilizan.

15 En referencia adicional a las figuras 2B y 5, el funcionamiento 132 incluye la creación de instrucciones o comandos 133 para un nuevo movimiento de aproximación para la máquina de colocación de material. El funcionamiento 134 incluye la creación de instrucciones o comandos 135 para un nuevo movimiento de repliegue para la máquina de colocación de material. La creación de estos nuevos e imprevistos comandos de aproximación y repliegue puede incluir acceder al archivo 102 de fabricación de pieza. Los nuevos comandos 133 y 135 de movimiento hacen que la máquina de colocación de material avance a lo largo de una trayectoria (es decir, el nuevo movimiento de aproximación) en la que se ubica un defecto, y después se repliegue (es decir, el nuevo movimiento de repliegue) tras alcanzar el fin de la trayectoria.

20 Preferiblemente, el código o rutinas de reparación para la máquina de colocación de material se escriben automáticamente basándose en la información y datos de bloque CN del sistema de inspección/visión.

25 En el funcionamiento 136, los datos de «nueva trayectoria» (por ejemplo, los datos 129 de bloque CN extraídos, nuevos comandos 131 de corte/adición de estopa, y comandos 133 y 135 de aproximación y repliegue) se escriben en un archivo 137 de fabricación de pieza de reparación. La figura 5 ilustra un bloque a modo de ejemplo de código 139 de control numérico (CN) que puede estar incluido en el interior de un archivo 137 de fabricación de pieza de reparación para un tipo particular de máquina de colocación de material.

30 Los funcionamientos 126 a 136 pueden repetirse para cada defecto detectado mediante el sistema de inspección (funcionamiento 118, figura 2A) para el cual se ha determinado que es inaceptable (funcionamiento 120) y que puede repararse mediante automatización (funcionamiento 122). En diferentes implementaciones, los funcionamientos 126 a 136 también pueden repetirse para cada defecto determinado como inaceptable (funcionamiento 120) y que no puede repararse mediante automatización. En tales implementaciones, un operario puede reparar de manera manual el defecto en la ubicación de defecto al que la máquina de colocación de material ha regresado. Después de terminar la reparación manual, el movimiento de la máquina de colocación de material puede entonces reiniciarse o controlarse manualmente por el operario, por ejemplo, para hacer que la máquina de colocación de material se mueva a otra ubicación de defecto.

35 El número de veces que se repiten los funcionamientos 126 a 136 dependerá del número de tales defectos.

En referencia adicional a la figura 2B, el funcionamiento 138 puede incluir ejecutar el archivo 137 de fabricación de pieza de reparación. El funcionamiento 140 puede incluir procesamiento en la etapa inicial inteligente (IFE) del archivo 137 de fabricación de pieza de reparación.

40 El funcionamiento 142 incluye la ejecución del programa de reparación que hace que la máquina de colocación de material, después de disponer el material para completar un pliego de la estructura compuesta, regrese a una trayectoria en la que se ubica un defecto y coloque material a lo largo de la trayectoria suficiente para reparar el defecto. Por ejemplo, la máquina de colocación de material puede regresar a disponer una estopa o una parte de una estopa que fue, de alguna manera, reducida u omitida durante la disposición inicial.

45 Normalmente, un archivo de fabricación de pieza para una nueva pieza no incluirá programación para reparar defectos inaceptables porque, normalmente, los defectos no pueden predecirse con certeza. En cambio, el archivo de fabricación de pieza incluirá lo que es necesario para hacer que la máquina de colocación de material disponga el material para formar la pieza desde el principio a fin. La implementación del método anteriormente descrito, sin embargo, permite que el código de programa haga que la máquina de colocación de material regrese a y repare defectos para ser escritos automáticamente.

50 Por consiguiente, las implementaciones de los aspectos dados a conocer actualmente permiten la reparación automática, en proceso de defectos sin la necesidad de reducir el tiempo de inactividad. Esto, en cambio, reduce los costes de fabricación y aumenta la utilización de la máquina. Diferentes implementaciones de los aspectos divulgados permiten que se fabriquen estructuras compuestas de manera más eficiente con menos interrupciones que los sistemas de colocación de material convencional, en los que reparar defectos todavía es un procedimiento muy laborioso y manual.

55 En la figura 6 se ilustra un sistema 10 a modo de ejemplo que puede utilizarse en funcionamiento 116 (figura 2A) para detectar defectos en una estructura compuesta. Tal como se muestra en la figura 6, el sistema 10 incluye al menos una cámara 12 y al menos una fuente 14 de luz. La cámara 12 está conectada a un procesador 66 para interpretar las

imágenes que capta la cámara 12, o a un dispositivo 64 de almacenamiento para almacenar las imágenes, o ambos, tal como se comenta más detalladamente a continuación.

La fuente 14 de luz se coloca para emitir luz para iluminar la estructura 22 compuesta. La iluminación se refleja de manera diferente por defectos en la estructura compuesta que desde partes de la estructura compuesta que no tienen defectos. Por ejemplo, la iluminación que se refleja en partes no defectuosas de la estructura 22 compuesta, y la luz que fracasa al reflejarse en defectos en la estructura 22 compuesta, o viceversa, crea imágenes visibles que pueden captarse por la cámara 12. Se incluyen detalles respecto a sistemas y métodos para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación de la misma en los documentos mencionados anteriormente US 2002/141632 A1, US 2004/031567 A1 y US 2005/025350 A1.

Tal como se muestra en la figura 6, la cámara 12 se coloca cerca de la estructura 22 compuesta para captar imágenes de parte de la estructura compuesta iluminada que está, normalmente, de manera inmediata aguas abajo del punto de convergencia en el que se une una estopa compuesta con la estructura subyacente. De manera alternativa, y tal como se muestra en la figura 8, puede colocarse una superficie 16 reflectante cerca de una estructura compuesta (no se muestra la estructura compuesta en la figura 8) e inclinada de modo que la superficie 16 reflectante refleja una imagen de la parte iluminada de la estructura compuesta. La cámara 12 puede colocarse apuntando hacia la superficie 16 reflectante con el fin de captar imágenes de corto alcance de la parte iluminada de la estructura compuesta a partir de la superficie 16 reflectante. Puede utilizarse también más de una superficie 16 reflectante en realizaciones adicionales de los aspectos dados a conocer en los que las superficies 16 reflectantes operan en conjunto con el fin de dirigir imágenes de la parte iluminada de la estructura compuesta a la cámara 12.

Puede utilizarse una amplia gama de cámaras, incluyendo cámaras disponibles comercialmente que pueden adquirir imágenes en blanco y negro. En una realización, la cámara 12 es una cámara de vídeo de televisión u otro tipo de cámara que tiene un sensor de imagen (no mostrado) y una lente 13 (figura 6) a través de la que la luz pasa cuando la cámara 12 está en funcionamiento. También pueden usarse otros tipos de cámaras o sensores de imagen, tal como una cámara sensible a infrarrojos, una cámara de luz visible con filtrado de paso de infrarrojos, una cámara de fibra óptica, una cámara coaxial, un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD), o un sensor de óxido de metal complementario (CMOS). La cámara 12 puede colocarse próxima a la estructura 22 compuesta en una plataforma (no mostrada) o estar montada en un armazón 28 o dispositivo similar.

En estas realizaciones que no incluyen una superficie 16 reflectante, la cámara 12 puede estar montada al armazón 28 a través de una abrazadera 30 y conectores 32 asociados, tal como se muestra en la figura 6. Los conectores 32 pueden ser remaches, tornillos o similares que montan la cámara 12 al armazón 28 en una posición estacionaria. Alternativamente, los conectores 32 pueden ser un conector de tipo articulación que permite que la cámara 12, la fuente 14 de luz, y conjunto asociado se hagan rotar alejándose de la estructura 22 compuesta. Esta realización es ventajosa en situaciones en donde debe accederse a otras partes del dispositivo de colocación de material, particularmente las partes ubicadas tras la cámara 12 y conjunto asociado, tal como para el mantenimiento, limpieza, o similares.

La figura 8 ilustra una realización alternativa del conector 32 de tipo articulación que monta la cámara 12, la superficie 16 reflectante, la fuente 14 de luz, y conjunto asociado (por ejemplo, conjunto de cámara) al armazón 28 por medio de una abrazadera 30. Un elemento de sujeción adecuado, tal como un tornillo de mariposa o cualquier otro elemento de sujeción que puede retirarse o aflojarse con relativa facilidad, puede insertarse a través del orificio 34 y después apretarse para fijar el conjunto de cámara en su lugar para funcionamiento. El elemento de sujeción puede aflojarse o retirarse, por ejemplo, para hacer rotar el conjunto de cámara alejándolo del rodillo 20 de compactación y otras partes del dispositivo de colocación de fibra.

En referencia adicional a la figura 6, puede colocarse un filtro 15 en la lente 13 para filtrar luz de manera particular. En una realización, el filtro 15 se diseña para filtrar luz de manera que solo el componente infrarrojo o una determinada longitud de onda infrarroja o intervalo de longitudes de onda de luz pueden pasar al interior de la cámara 12. De esta manera, el filtro 15 impide que entre en la cámara 12 luz visible ambiental y altere la apariencia de la imagen captada.

También pueden usarse otros métodos de filtrado de luz para lograr el mismo resultado, o al menos un resultado similar. Por ejemplo, la cámara puede diseñarse para incluir un filtro integrado de características ópticas equivalentes. Además, el filtro puede ubicarse entre la lente 13 de cámara y el sensor de imagen. Alternativamente, la cámara puede incluir un sensor de imagen que solo es sensible en el espectro infrarrojo (por ejemplo, una cámara sensible a infrarrojos), eliminando por tanto la necesidad del filtro.

Se describirá a continuación en más detalle la fuente 14 de luz del sistema 10. La fuente 14 de luz se coloca para emitir luz para iluminar, al menos, una parte de la estructura 22 compuesta.

En la figura 6, la fuente 14 de luz se muestra colocada en un ángulo 37 oblicuo con respecto a la estructura 22 compuesta. El ángulo 37 oblicuo puede ser de aproximadamente cuarenta y cinco grados, aunque otros ángulos son posibles dependiendo de la aplicación. Además, la fuente 14 de luz también se muestra colocada para emitir luz en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección de colocación de las tiras 24 con el fin de destacar los defectos 36 tal como se describe a continuación.

Además, el sistema 10 puede incluir más de una fuente de luz. Por ejemplo, la realización de la figura 8 incluye dos fuentes 14 de luz colocadas con respecto a la estructura compuesta y el rodillo 20 de compactación en cada lado de la superficie 16 reflectante y la cámara 12. Otra realización a modo de ejemplo que incluye dos fuentes 14 de luz se muestra en la figura 10, en la que se colocan dos series de fibra óptica lineal en lados opuestos de la cámara 12.

5 En la figura 6, la fuente 14 de luz se coloca de manera ajustable con respecto a la estructura 22 compuesta montando o conectando la fuente 14 de luz a un aparato 27 de montaje. El aparato 27 de montaje puede incluir un eje 29 principal, un eje 31 secundario y una abrazadera 33 de bloqueo para ajustar de forma rápida y precisa la posición de la fuente 14 de luz. El aparato 27 de montaje, a su vez, puede estar conectado al armazón 28, a la cámara 12, a la abrazadera 30, o a algún otro objeto que defina una posición común tanto para la fuente 14 de luz como la cámara 12 de manera que la
10 fuente 14 de luz y la cámara 12 mantienen una relación espacial constante entre sí.

La calidad y magnitud de la iluminación de superficie de la estructura compuesta puede verse afectada por la luz ambiental y por la reflectividad del material. Por consiguiente, realizaciones de los aspectos dados a conocer emplean, de manera ventajosa, una fuente de luz infrarroja para iluminar de manera más efectiva desperfectos oscuros sobre un fondo oscuro. A este respecto, la fuente 14 de luz puede seleccionarse de una luz infrarroja u otro tipo de luz que tiene un componente
15 infrarrojo, tal como una fuente de luz halógena (figura 9) u otras fuentes de luz incandescente (no mostradas). En otras realizaciones, la fuente 14 de luz también puede incluir una fuente de luz fluorescente (por ejemplo, LED de luz blanca, tubo de vidrio de fósforo relleno de mercurio/baja presión, etc.), una lámpara estroboscópica o una fuente de luz estroboscópica, una lámpara de arco de gas noble (por ejemplo, arco de xenón, etc.), lámpara de arco de metal (por ejemplo, de halogenuros metálicos, etc.) y láseres (por ejemplo, láseres pulsados, series de diodo láser en estado sólido,
20 series de láser de diodo infrarrojo, etc.). La luz de la fuente 14 de luz también puede bombearse desde a través de fibras ópticas al punto de suministro, tal como se muestra en la figura 10.

En algunas realizaciones, la fuente 14 de luz se hace funcionar a un nivel de potencia que maximiza, o al menos aumenta de manera significativa, el componente infrarrojo (IR) de la luz que funciona bien para inspeccionar material de estopa oscuro, tal como carbón. A este respecto, han sido suficientes niveles de potencia a modo de ejemplo en el intervalo de
25 hasta aproximadamente ciento cincuenta vatios (150 W) en el intervalo de longitud de onda de aproximadamente setecientos nanómetros a mil cien nanómetros (700 nm - 1100 nm). Sin embargo, los niveles de potencia y longitudes de onda particulares para la fuente de luz dependerán, probablemente, al menos en parte, de la velocidad y sensibilidad de la cámara, la velocidad a la cual se dispone el material, las pérdidas de suministro y la reflectividad del material que se inspecciona, entre otros factores. Por ejemplo, en otras realizaciones, pueden emplearse longitudes de onda y niveles de potencia adecuados para inspeccionar materiales altamente reflectantes.
30

En la realización mostrada en la figura 6, la fuente 14 de luz puede comprender una pluralidad de LED dispuestos en una formación en serie o en agrupación. En una realización específica, la fuente 14 de luz incluye 24 LED montados en serie en una placa de circuito impreso de tres pulgadas cuadradas.

En otra realización mostrada en las figuras 8 y 9, la fuente 14 de luz incluye cuatro bombillas 38 de luz halógena, a pesar de que también se han utilizado otras cantidades.
35

En la realización mostrada en la figura 10, la fuente 14 de luz incluye dos series de fibra óptica lineal colocadas en lados opuestos de la cámara 12. Las series emiten luz suministrada desde una fuente remota (no mostrada) a través de un haz
25 de fibra óptica. En la figura 11 se muestra una serie 14 lineal iluminada.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 8, el sistema 10 puede incluir, adicionalmente, un elemento 18 de reflexión de luz colocado cerca de la fuente 14 de luz. El elemento 18 de reflexión incluye una serie de superficies 40 que reflejan luz (figura 9) que redirigen la luz hacia la zona deseada que va a iluminarse. Esto nivela la iluminación a través de la superficie y elimina, o al menos reduce sustancialmente, zonas de luz intensa (es decir, puntos calientes) creadas por la parte más luminosa de la fuente 14 de luz. Los puntos calientes no son deseables porque los puntos calientes pueden impedir una
40 iluminación continua de la estructura compuesta, lo que puede dar lugar a errores durante el procesamiento de las imágenes captadas por la cámara 12.

Los elementos 40 de reflexión de luz son particularmente ventajosos para iluminar superficies curvas/contorneadas de estructuras compuestas porque la reorientación de la luz permite que se ilumine, de manera uniforme, una parte más grande de la estructura compuesta.

Tal como se muestra en la figura 9, el elemento 18 de reflexión se curva alrededor de la fuente 14 de luz, tal como en forma parabólica. Sobre la superficie del elemento 18 de reflexión que se enfrenta a la fuente 14 de luz, el elemento 18 de reflexión incluye escalones 40 curvos sustancialmente paralelos a la fuente 14 de luz. La distancia entre y la curvatura de los escalones 40 puede elegirse para ser suficiente para proporcionar iluminación uniforme desde el total de las fuentes de luz, una en cualquier lado de la región de interés. Esto permite que el elemento 18 de reflexión proporcione
45 iluminación más consistente de la estructura 22 compuesta que impide, o al menos reduce, errores de procesamiento de imagen debido a una iluminación inconsistente de la estructura 22 compuesta. Alternativamente, la configuración de forma y/o superficie del elemento 18 de reflexión puede modificarse de otro modo para que también produzca iluminación continua y difusión de la luz producida por la fuente 14 de luz sobre la parte deseada de la estructura 22 compuesta.
50

En una realización a modo de ejemplo, el elemento 18 de reflexión presenta una forma generalmente parabólica con diecisiete escalones 40 curvos parabólicos que presentan un intervalo de anchuras de desde aproximadamente 0,125 pulgadas en el borde exterior del elemento 18 de reflexión a aproximadamente 0,250 pulgadas en el centro del elemento 18 de reflexión. El elemento 18 de reflexión también presenta una altura de escalón uniforme de aproximadamente 0,116 pulgadas. En otras realizaciones, sin embargo, el elemento de reflexión puede estar provisto de diferentes números de escalones que presentan diferentes anchuras variables o uniformes y diferentes alturas de escalón variables o uniformes.

Además, el elemento 18 de reflexión puede ajustarse con el fin de dirigir la luz producida por la fuente 14 de luz y difuminarse por el elemento 18 de reflexión hacia la parte deseada de la estructura compuesta. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 9, el elemento 18 de reflexión se monta de manera ajustable en el aparato 27 de montaje con elementos 42 de sujeción. Los elementos 42 de sujeción sueltos pueden moverse dentro de ranuras 44 para ajustar de manera correspondiente el ángulo del elemento 18 de reflexión con respecto a la estructura compuesta. Una vez que se coloca apropiadamente el elemento 18 de reflexión, los elementos 42 de sujeción se aprietan para fijar el elemento 18 de reflexión en la posición deseada. Los ajustes del elemento 18 de reflexión pueden estar permitidos también por otros métodos, tal como por medios electrónicos que permiten el ajuste remoto del elemento 18 de reflexión.

Se ha observado que la estructura 22 compuesta puede producir un alto resplandor cuando se ilumina a través de la dirección de colocación de las tiras 24, mientras que produce sustancialmente menos resplandor cuando se ilumina a lo largo de la dirección de colocación de las tiras 24. Los sistemas y métodos de al menos algunas realizaciones aprovechan el fenómeno de alto resplandor/bajo resplandor proyectando luz a través de la capa superior de las tiras 24 compuestas en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección de colocación de las tiras 24. Esto produce una cantidad relativamente grande de resplandor sobre la capa superior de la estructura 22 compuesta. Las capas subyacentes, que producen significativamente menos resplandor que la capa superior debido a su orientación, aparecerán a través de cualquier hueco u otros defectos en la capa superior y por tanto se ubicarán fácilmente. Además, torsiones u otros defectos de superficie en la capa superior alterarán la orientación de las tiras en la capa superior y por tanto alterarán de manera correspondiente, es decir, disminuirán, el resplandor de la capa superior en la ubicación del defecto.

Mientras que el fenómeno de alto resplandor/bajo resplandor puede producirse cuando se ilumina o bien con luz visible o bien con luz infrarroja, el filtro 15 utilizado en una realización del sistema 10 elimina sustancialmente el resplandor provocado por luz ambiental de manera que solo se utiliza el resplandor provocado por la fuente de luz infrarroja para ubicar los defectos. Por consiguiente, el filtro 15 elimina la interferencia de luz ambiental a medida que se examina la estructura 22 compuesta para buscar defectos.

En cualquiera de las realizaciones del sistema descritas en el presente documento, pueden existir una o más cámaras 12 y/o una o más fuentes 14 de luz con o sin elementos 18 de reflexión (denominados, en conjunto, fuentes de luz, a continuación, en el presente documento). Además, la una o más cámaras 12 y/o la una o más fuentes 14 de luz pueden moverse con respecto a la estructura compuesta. Las múltiples cámaras 12 y/o las múltiples fuentes 14 de luz y la movilidad de la(s) cámara(s) 12 y/o la(s) fuente(s) de luz proporciona flexibilidad en el sistema 10 con el fin de captar las imágenes más precisas de la estructura compuesta. La(s) fuente(s) 14 de luz múltiple(s) y/o móvil(es) permiten una iluminación suficiente y continua de la parte deseada de la estructura compuesta, independientemente de la forma de la estructura compuesta. Del mismo modo, la(s) cámara(s) múltiple(s) y/o móvil(es) 12 permiten captar una imagen precisa de cualquier zona de la estructura compuesta, independientemente de la forma de la estructura compuesta. Como tal, la(s) fuente(s) de luz y/o cámara(s) múltiple(s) y/o móvil(es) son particularmente ventajosas cuando iluminan y captan imágenes de partes curvas/contorneadas de estructuras compuestas. La(s) fuente(s) de luz y/o cámara(s) múltiple(s) y/o móvil(es) también son ventajosas para iluminar y captar imágenes de tiras compuestas que presentan una anchura que hace difícil iluminar y/o captar imágenes de toda la tira, de manera que la posición de la(s) fuente(s) de luz y/o cámara(s) puede moverse por toda la tira, y/o múltiples fuente(s) de luz y/o cámara(s) estacionarias pueden colocarse para cubrir toda la tira. Se describen en detalle en el documento US 2004/031567 A1 mencionado anteriormente sistemas que incluyen fuentes de luz y cámaras móviles.

Tal como se muestra en la figura 6, el sistema 10 también puede incluir un dispositivo 62 de marcado para marcar la ubicación de defectos en la estructura 22 compuesta. El dispositivo 62 de marcado puede estar conectado al armazón 28 y estar activado mediante un procesador 66 o un dispositivo similar cuando se detecta un defecto. El dispositivo 62 de marcado puede pulverizar o depositar de otra manera una cantidad de tinta, pintura o similares sobre la estructura 22 compuesta en aquellas áreas en las que se han detectado defectos. Los marcados en la estructura 22 compuesta permiten la ubicación de los defectos que van a ser identificados, posteriormente, de manera fácil o bien automáticamente o bien manualmente.

En la realización ilustrada particular, el dispositivo 62 de marcado está en un sistema de marcado de chorro de tinta que pulveriza un pequeño punto de tinta compatible de un color altamente visible sobre la superficie de la estructura 22 compuesta en la ubicación del defecto para permitir un acceso rápido para reparación y disposición. De manera alternativa, también pueden utilizarse otros métodos de marcado, tal como un marcador de rotulador surtido mediante bomba, un rotulador de muelle, alertas visuales o auditivas, indicadores de aprobación/desaprobación en una interfaz de software (por ejemplo, interfaz 76 de usuario, etc.) visualizados en una pantalla de visualización, combinaciones de los mismos y similares.

La cámara 12 y/o la superficie 16 de reflexión, que junto con la fuente 14 de luz y cualquier elemento 18 de reflexión, puede montarse a la unidad de cabezal para permitir que la cámara 12 capte de manera continua imágenes en tiempo real de la estructura 22 compuesta y las tiras 24 a medida que la unidad de cabezal se mueve a través de la estructura 22 compuesta y se disponen las tiras 24 compuestas. Si la estructura 22 compuesta no es plana, el punto de inspección debe encontrarse, preferiblemente, tan próximo al punto de convergencia como sea posible, tal como se describe anteriormente. Si la estructura 22 compuesta es plana, el punto de inspección puede ubicarse más lejos de la unidad de cabezal de colocación. En cualquier caso, las imágenes pueden almacenarse en un dispositivo 64 de memoria para un futuro análisis y/o para ser procesadas de inmediato por el procesador 66.

El procesador 66 puede recibir las imágenes desde la cámara 12 o desde el dispositivo 64 de memoria en el que se han almacenado las imágenes. El procesador 66 puede entonces procesar y analizar las imágenes para facilitar la detección fiable de defectos. En al menos una realización, el procesador 66 y el dispositivo 64 de memoria son componentes de un ordenador convencional.

Pueden utilizarse diferentes métodos para determinar las ubicaciones de defecto (por ejemplo, distancia 19 lineal y distancia 21 lateral a un defecto 36, figura 1) en funcionamiento 124 (figura 2A). Se incluyen detalles respecto a sistemas y métodos para determinar ubicaciones de defecto en el documento US 2005/117793 A1 mencionado anteriormente.

En una implementación a modo de ejemplo, puede determinarse la distancia lineal a un defecto a lo largo de una trayectoria multiplicando la velocidad de la unidad de cabezal de colocación de material a lo largo de la trayectoria con la cantidad de tiempo que ha transcurrido entre el momento en el que la trayectoria comenzó y el momento en el que se detecta el defecto.

El inicio y el final de una trayectoria pueden determinarse utilizando señales de la célula de carga de máquina que indican si se aplica presión o no al rodillo 20 de compactación (figuras 7, 8 y 10). La recepción de una señal de «presión encendida» de la célula de carga de máquina indica que el rodillo 20 de compactación está en contacto con la estructura 22 compuesta y, por tanto, que ha empezado una trayectoria. La recepción de una señal de «presión apagada» indica que el rodillo 20 de compactación ya no está en contacto con la estructura 22 compuesta y, por tanto, que se ha completado una trayectoria. Por consiguiente, el tiempo entre el inicio de la trayectoria y la detección de defecto puede determinarse rastreando la cantidad de tiempo transcurrido entre la recepción de la señal de «presión encendida» de la célula de carga de máquina y la recepción de la señal que indica la detección de un defecto.

Alternativamente, puede determinarse el inicio y fin de la trayectoria por la recepción de una señal desde un dispositivo que emplea sensores de proximidad, láseres o detectores de sonido colocados para determinar si el rodillo 20 de compactación está en contacto o no con la estructura 22 compuesta.

En una implementación, la velocidad de la unidad de cabezal se determina mediante la determinación de la velocidad angular del rodillo 20 de compactación y la multiplicación de la velocidad angular mediante una circunferencia del rodillo 20 de compactación. Alternativamente, también pueden utilizarse otros métodos para determinar la velocidad de la unidad de cabezal, tal como utilizando una pistola de radar utilizada normalmente para fines de aplicación de la ley en la monitorización de velocidades vehiculares a lo largo de carreteras.

Haciendo referencia a las figuras 7, 8 y 12, la velocidad angular del rodillo 20 de compactación puede determinarse por un anillo 1 codificado acoplado para rotación común con el rodillo 20 de compactación. Tal como se muestra, el anillo 1 codificado incluye partes 2 y 3 que contrastan alternativamente, tal como segmentos blancos y negros alternantes. En la figura 12, el anillo 1 codificado incluye un diámetro 4 exterior de aproximadamente 1,010 pulgadas y un diámetro 5 interior de aproximadamente 0,844 pulgadas, a pesar de que también pueden emplearse otros tamaños de anillo. En otras realizaciones, las partes que contrastan pueden estar provistas directamente en el rodillo 20 de compactación (por ejemplo, marcadas, pintadas, etc.), eliminando de ese modo la necesidad del anillo 1 codificado separado.

Con referencia adicional a las figuras 7 y 8, un fotosensor 7 (por ejemplo, un fotodiodo existente, etc.) se coloca para monitorizar y capturar imágenes en tiempo real de las transiciones de claro a oscuro del anillo 1 codificado a medida que el anillo 1 codificado rota junto con el rodillo 20 de compactación. Detectando y contando las transiciones de claro a oscuro del anillo 1, pueden contarse y monitorizarse las revoluciones del rodillo de compactación. La frecuencia a la que se producen las transiciones de claro a oscuro pueden utilizarse para establecer la velocidad angular del rodillo 20 de compactación. Preferiblemente, el movimiento axial en el rodillo 20 de compactación se minimiza con el fin de mantener la distancia desde el fotosensor 7 al anillo 1 codificado constante, que, a su vez, permite una determinación más precisa de la velocidad de la unidad de cabezal de máquina.

En otra realización a modo de ejemplo, la distancia lineal a un defecto a lo largo de una trayectoria puede determinarse contando el número (entero o fraccionario) de revoluciones que hace el rodillo 20 de compactación desde el inicio de la trayectoria hasta el defecto y multiplicando ese número de revoluciones por la circunferencia del rodillo 20 de compactación. A modo de ejemplo, el fotosensor 7 y el anillo 1 codificado pueden utilizarse para contar el número de revoluciones del rodillo 20 de compactación entre la recepción de la señal de «presión encendida» desde la célula de carga de máquina y la recepción de la señal que indica que se ha detectado un defecto.

Pueden emplearse también diferentes métodos para determinar las distancias laterales a los defectos desde el primer extremo 11 de la estructura 22 compuesta. Véase la figura 1. En una realización a modo de ejemplo, puede calcularse la

distancia lateral a un defecto contando el número total de trayectorias completadas, sin incluir la trayectoria en la que reside el defecto, y después multiplicar la anchura media de una trayectoria por el número de trayectorias completadas. Este método es particularmente eficaz para la colocación de la cinta en la que cada trayectoria tiene la misma anchura, es decir, la anchura de la cinta.

- 5 El número total de trayectorias completadas puede determinarse rastreando o contando la recepción de las señales de encendido/apagado de presión de la célula de carga de máquina. La recepción de una señal de «presión encendida» de la célula de carga de máquina indica que el rodillo 20 de compactación está en contacto con la estructura 22 compuesta y ha empezado por tanto una trayectoria. La recepción de una señal de «presión apagada» indica que el rodillo 20 de compactación ya no está en contacto con la estructura 22 compuesta y ha completado por tanto la trayectoria.
- 10 Para trayectorias de colocación de fibra en las que la anchura de cada trayectoria puede no ser igual, las distancias laterales a los defectos pueden determinarse con exactitud empleando una «regla de software». Más específicamente, la distancia lateral puede determinarse mediante la adquisición de una imagen digital de al menos la parte de la estructura compuesta que incluye la distancia lateral; seleccionando un píxel establecido desde la imagen digital que representa la distancia lateral; contando el número de píxeles que comprende el conjunto de píxeles; y correlacionando la cantidad de píxeles con datos de correlación (por ejemplo, una relación predeterminada entre la cantidad y la distancia de píxeles)
- 15 para calcular una medición cuantitativa indirecta para la distancia lateral.

REIVINDICACIONES

1. Método (100) que comprende:
- colocar (108) material mediante una máquina de colocación de material para formar una estructura (22) compuesta;
- 5 inspeccionar (118) la estructura (22) compuesta colocada para buscar defectos (36) y almacenar de manera electrónica datos de posición que definen una ubicación de defecto de cada uno de los defectos;
- determinar (120) si un defecto (36) detectado por la inspección es inaceptable para estar fuera de ciertas tolerancias y criterios predefinidos;
- caracterizado por:
- 10 determinar (122) si el defecto (36) determinado como inaceptable puede ser reparado por la máquina de colocación de material sin intervención de usuario; y
- hacer que la máquina de colocación de material regrese de manera automática a la ubicación de defecto tal como se define por los datos de posición accediendo electrónicamente a los datos de posición y coloque material suficiente para reparar, en la ubicación de defecto, el defecto (36) determinado como inaceptable y que puede repararse por la máquina de colocación de material sin intervención de usuario.
- 15 2. Método (100) según la reivindicación 1, en el que la provocación automática incluye crear un programa para generar, de manera automática, instrucciones para hacer que la máquina de colocación de material regrese a un defecto (36) determinado como inaceptable.
3. Método (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la inspección incluye:
- iluminar al menos una parte de la estructura (22) compuesta;
- 20 adquirir una imagen de la parte iluminada de la estructura (22) compuesta; y
- analizar la imagen para identificar defectos (36) en la parte iluminada de la estructura (22) compuesta.
4. Método (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además la monitorización externa de la posición de aplicación de material de la máquina de colocación de material para determinar una ubicación de un defecto (36) detectado por la inspección.
- 25 5. Método (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la provocación automática incluye hacer, de manera automática, que la máquina de colocación de material, después de completar un pliego de la estructura (22) compuesta, regrese a una trayectoria del pliego en el que se ubica un defecto (36) y colocar material suficiente a lo largo de la trayectoria para reparar el defecto (36).
6. Método (100) según la reivindicación 4 o 5, en el que la provocación automática incluye crear un programa para generar de manera automática instrucciones en relación con los datos de posición, para hacer que la máquina de colocación de material regrese a la ubicación de defecto (36) tal como se define mediante los datos de posición y coloque material suficiente para reparar el defecto (36) en la ubicación del defecto (36).
- 30 7. Método (100) según la reivindicación 6, en el que el programa extrae los datos de posición de un primer archivo a un segundo archivo y genera las instrucciones dentro del segundo archivo.
8. Método (100) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, que comprende además la monitorización externa de la posición de aplicación de material de la máquina de colocación de material para determinar una primera distancia (19) desde un primer punto de referencia de la estructura (22) compuesta hasta un defecto (36).
9. Método (100) según la reivindicación 8, en el que la monitorización incluye detectar y contar transiciones entre partes de contraste de un anillo codificado acoplado para la rotación común con el rodillo de compactación.
- 40 10. Método (100) según la reivindicación 8 o 9, que comprende, además:
- sumar trayectorias completadas para producir una cantidad de trayectorias completadas total; y
- multiplicar una anchura de trayectoria predeterminada por la cantidad de trayectorias completadas total para determinar una segunda distancia (21) desde un segundo punto de referencia de la estructura (22) compuesta hasta el defecto (36).
- 45 11. Método (100) según la reivindicación 10, en el que sumar trayectorias completadas incluye rastrear la recepción de señales desde una célula de carga de máquina indicando si se está aplicando presión a un rodillo de compactación.
12. Máquina o sistema de colocación de material para permitir la reparación automática de defectos (36), que incluye un procesador y un programa, comprendiendo el programa:

una pluralidad de entradas para permitir que el programa acceda a datos de posición que definen una ubicación de defecto (36) en una estructura (22) compuesta; y

5 un módulo para generar de manera automática instrucciones en relación con las entradas, para hacer que una máquina de compactación de material regrese de manera automática a la ubicación del defecto (36) tal como se define por los datos de posición y coloque material suficiente para reparar el defecto (36) en la ubicación del defecto (36),

caracterizada porque el programa comprende además uno o más módulos configurados para ejecutar las etapas del método (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

13. Portador con un programa que comprende:

10 una pluralidad de entradas para permitir que el programa acceda a datos de posición que definen una ubicación de defecto (36) en una estructura (22) compuesta; y

un módulo para generar instrucciones automáticamente, en relación con las entradas, para hacer que una máquina de colocación de material regrese a la ubicación del defecto (36) tal como se define por los datos de posición.

caracterizado porque el programa comprende además uno o más módulos configurados para ejecutar las etapas del método (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

15

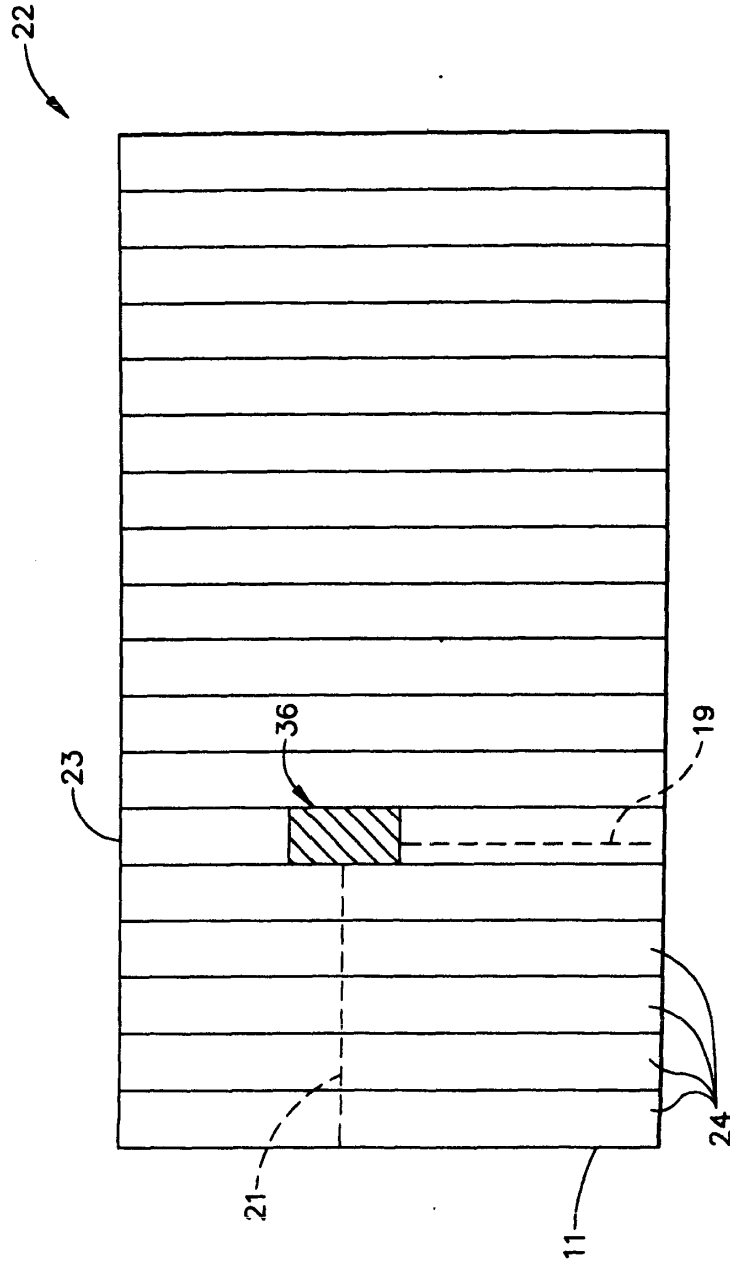


FIG. 1

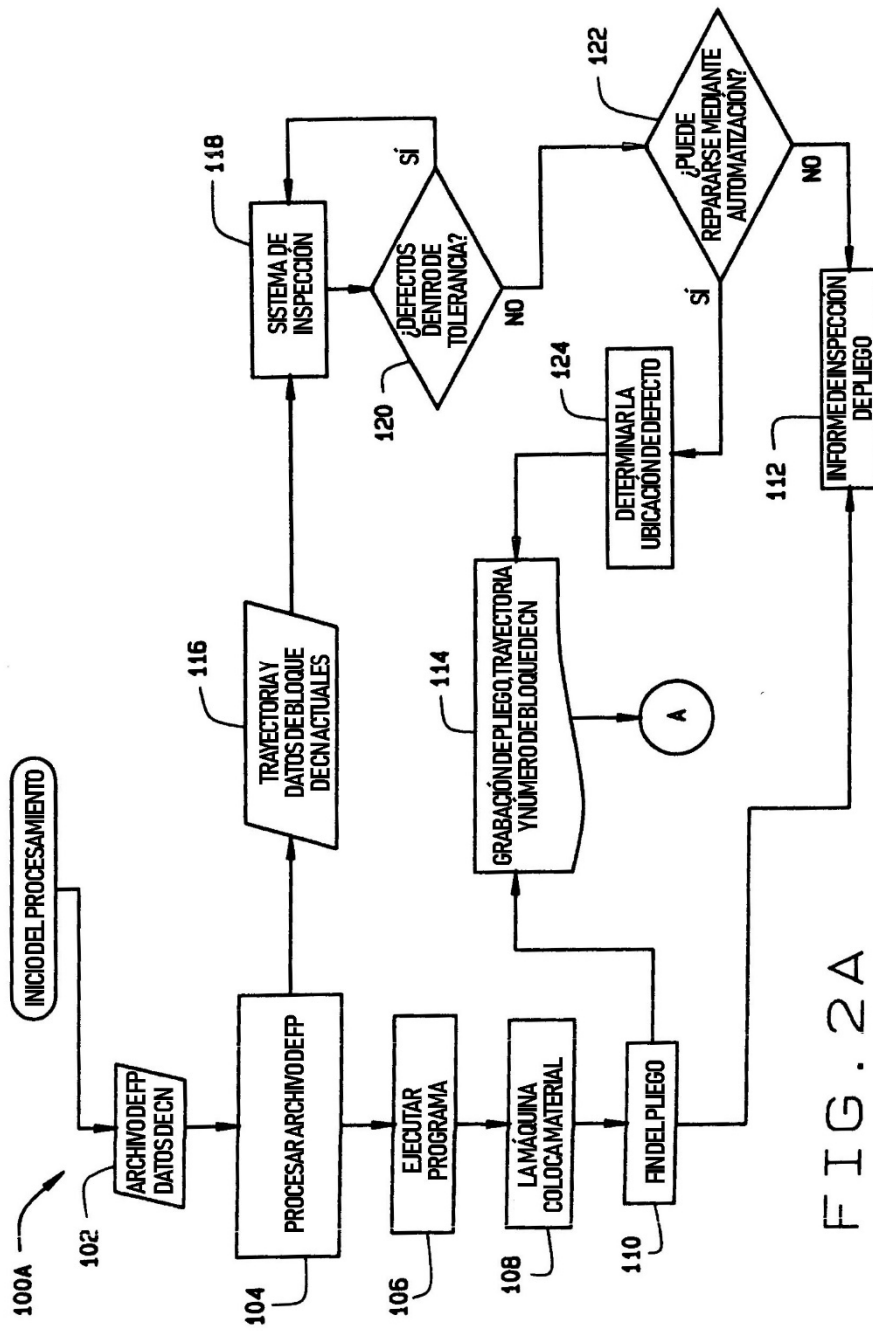


FIG. 2A

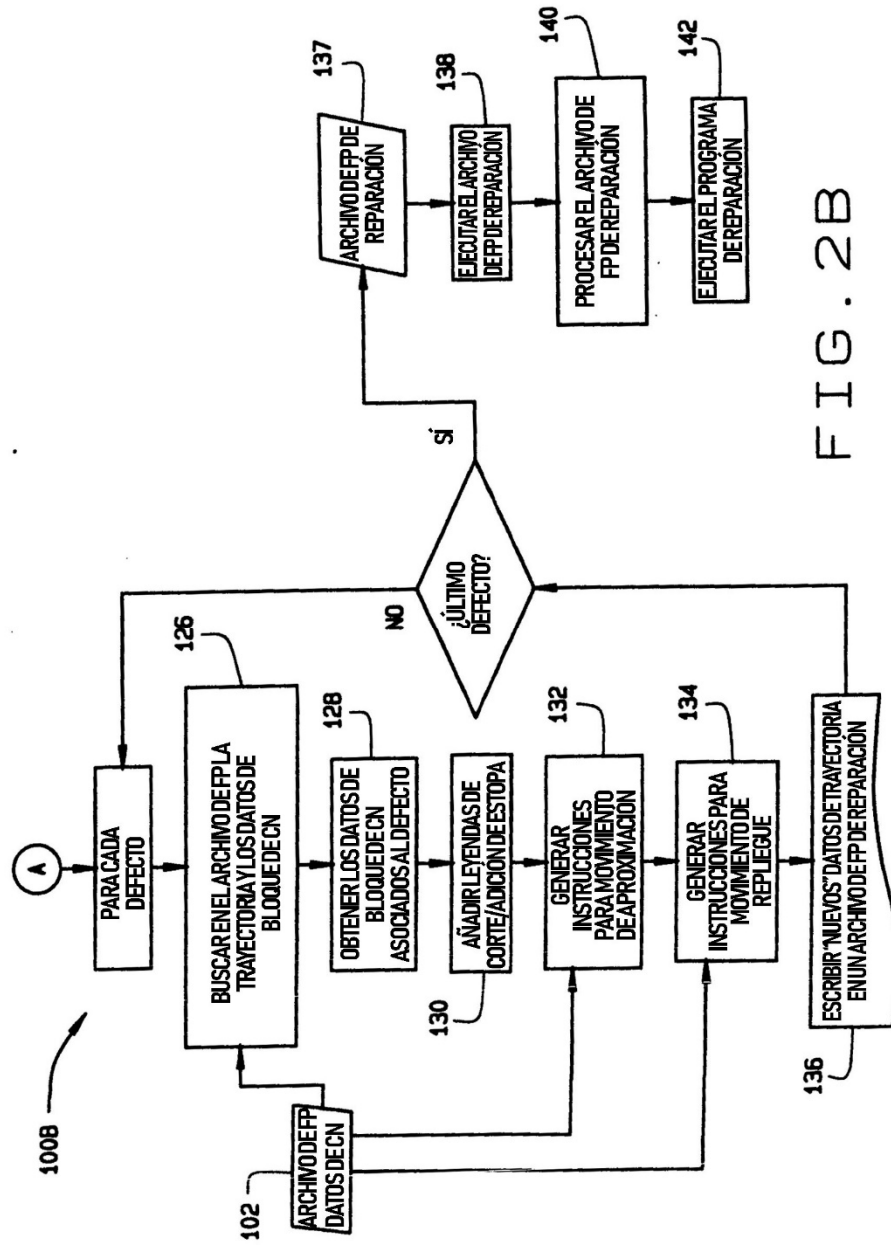
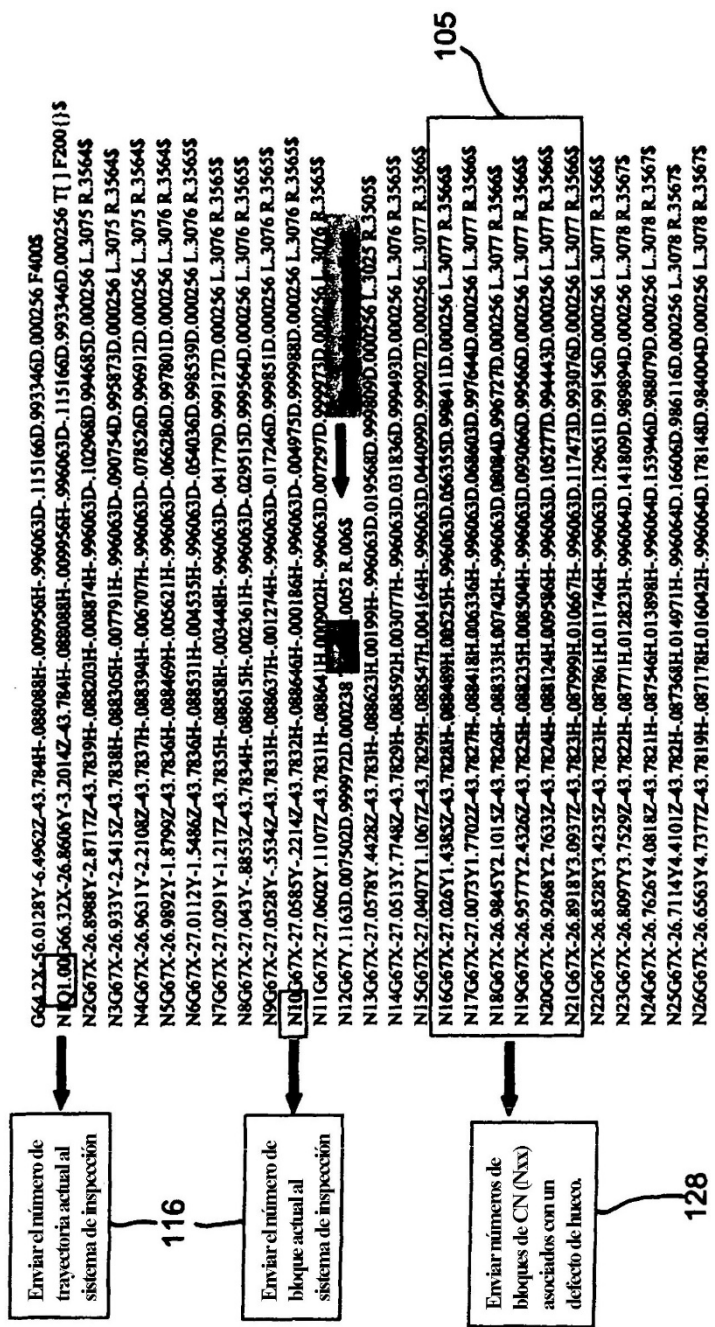


FIG. 2B

103



H El vector es la superficie normal
 D El vector es el vector tangencial de ruta

FIG. 3

109

N75C67X-21.0014Y24.256Z-40.3284H-.52316SH.62582ZH-.57846TD.475303D.77768D.41146Z T1 J L.2105 R.2278S
 N76C67X-20.9694Y24.3135Z-40.3008H-.320986H.6262AZH-.579996D.476633D.777133D.41096Z L.0891 R.0748S
 N77C67X-20.7995Y24.6094Z-40.1583H-.510021H.627664H-.58147TD.482329D.774838D.408639 L.5393 R.3871S
 N78C67X-20.3445Y25.0405Z-39.9483H-.495813H.627281H-.600613D.495996D.772242D.397027 L.5235 R.4923S
 N79C67X-20.1859Y25.6163Z-39.6704H-.489899H.602916H-.629676D.482231D.789137D.380416 L.7511 R.7653S
 N80C67X-19.8706Y26.1118Z-39.4231H-.471868H.602715H-.64348TD.494341D.785194D.372949 L.6196 R.6529S
 N81C67X-19.5431Y26.6058Z-39.1746H-.455300H.598345H-.643806D.494117D.785243D.37208 L.6286 R.6666S
 C64-43Z-3Z.7958Y44.0012Z-39.1746H-.455300H.598345H-.643806D.494117D.785243D.37208 R.6666S
 C64-3X-46.0181Y29.5778Z-41.4888H-.837853SH.657788D.549770D.887830D P.800S
 C64-3X-53.549Y12.1877Z-43.8834H-.085453H.059468H-.996149D-.288119D.856602D.043397 T1 J F.20011S
 N1021.00C66.32X-24.3553Y5.4685Z-43.8034H-.085443H.019465H-.996149D-.288119D.856602D.043397 T1 J F.20011S
 N23C67X-24.4574Y5.8076Z-43.788H-.085193H.020711H-.996149D-.276549D.86062D.043397 L.3321 R.3772S
 N3C67X-24.556Y6.1503Z-43.7724H-.084932H.021755H-.996149D-.264575D.963379D.043397 L.3543 R.3794S
 N4C67X-24.6511Y6.4967Z-43.7568H-.084658H.022793H-.996149D-.25275D.966649D.043396 L.3364 R.3816S
 N5C67X-24.7427Y6.8466Z-43.741H-.084371H.023829H-.996149D-.240891D.969573D.043396 L.3366 R.3819S
 N6C67X-24.8305Y7.2001Z-43.7251H-.084072H.024862H-.99615D-.228993D.972451D.043397 L.3407 R.3861S

Movimiento de aproximación y repliegue entre trayectorias.

FIG. 4

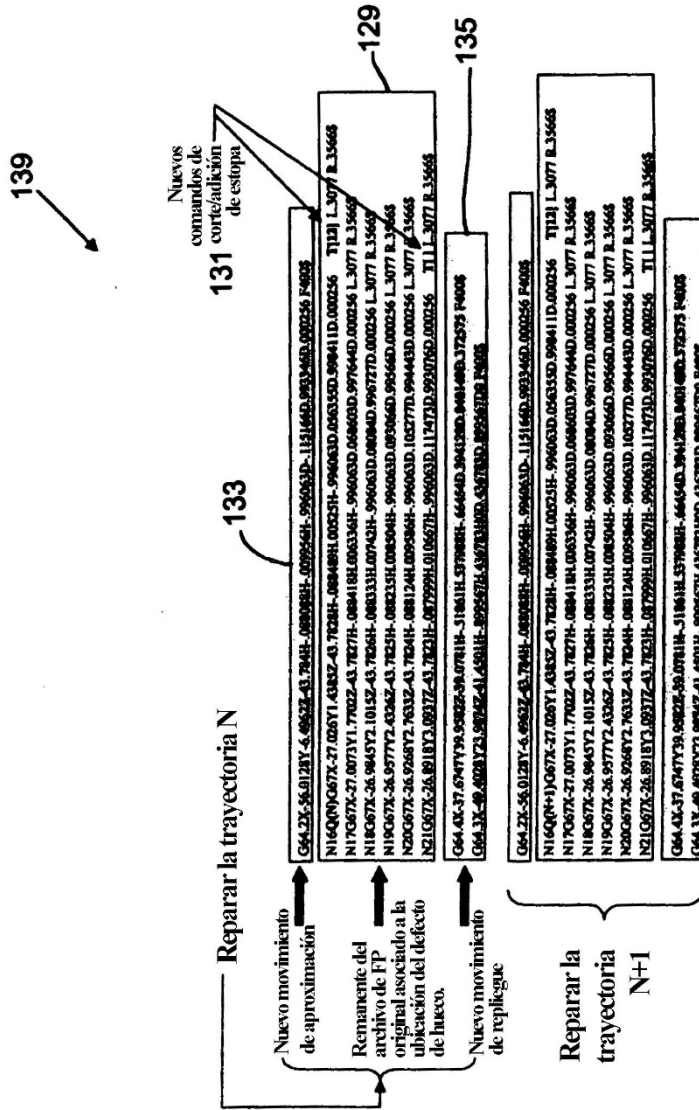


FIG. 5

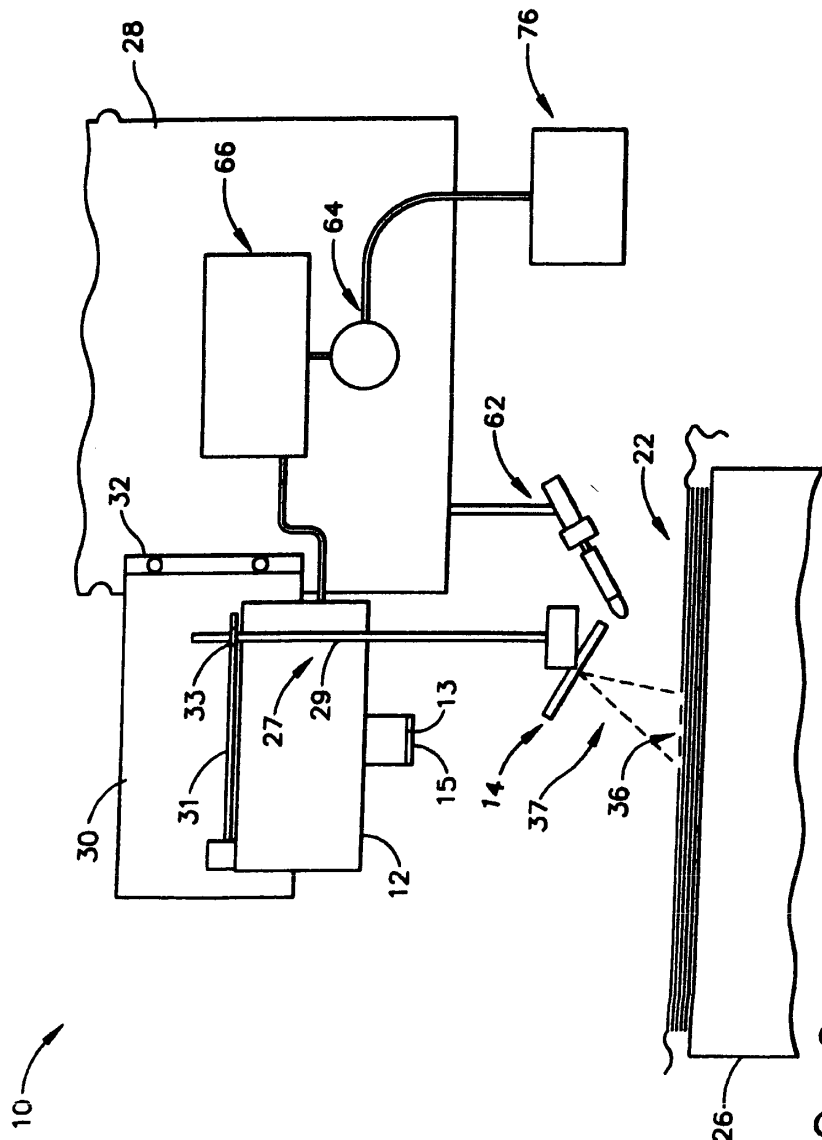


FIG. 6

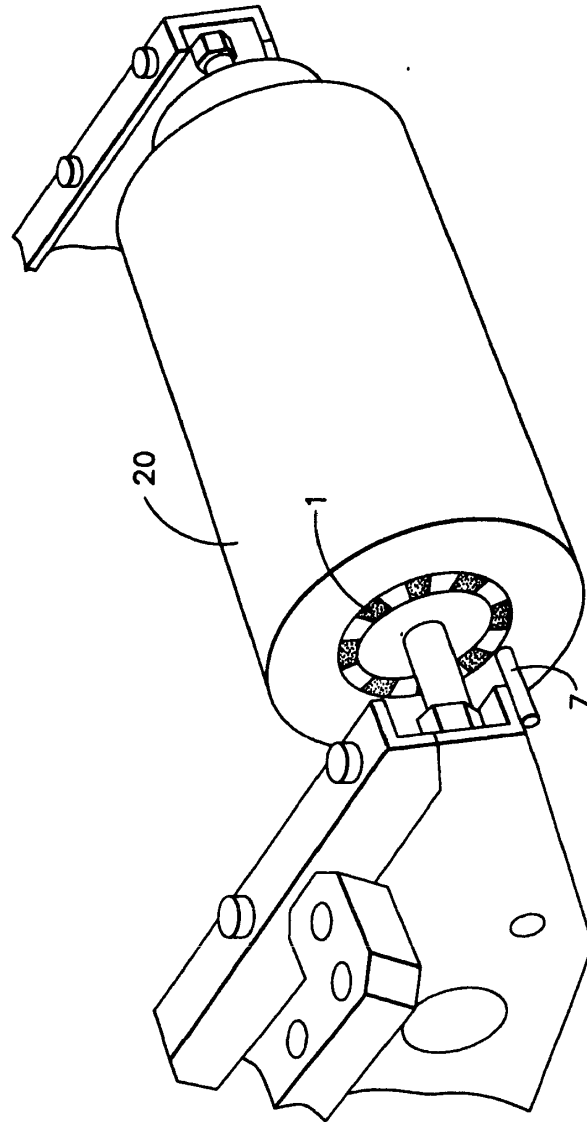


FIG. 7

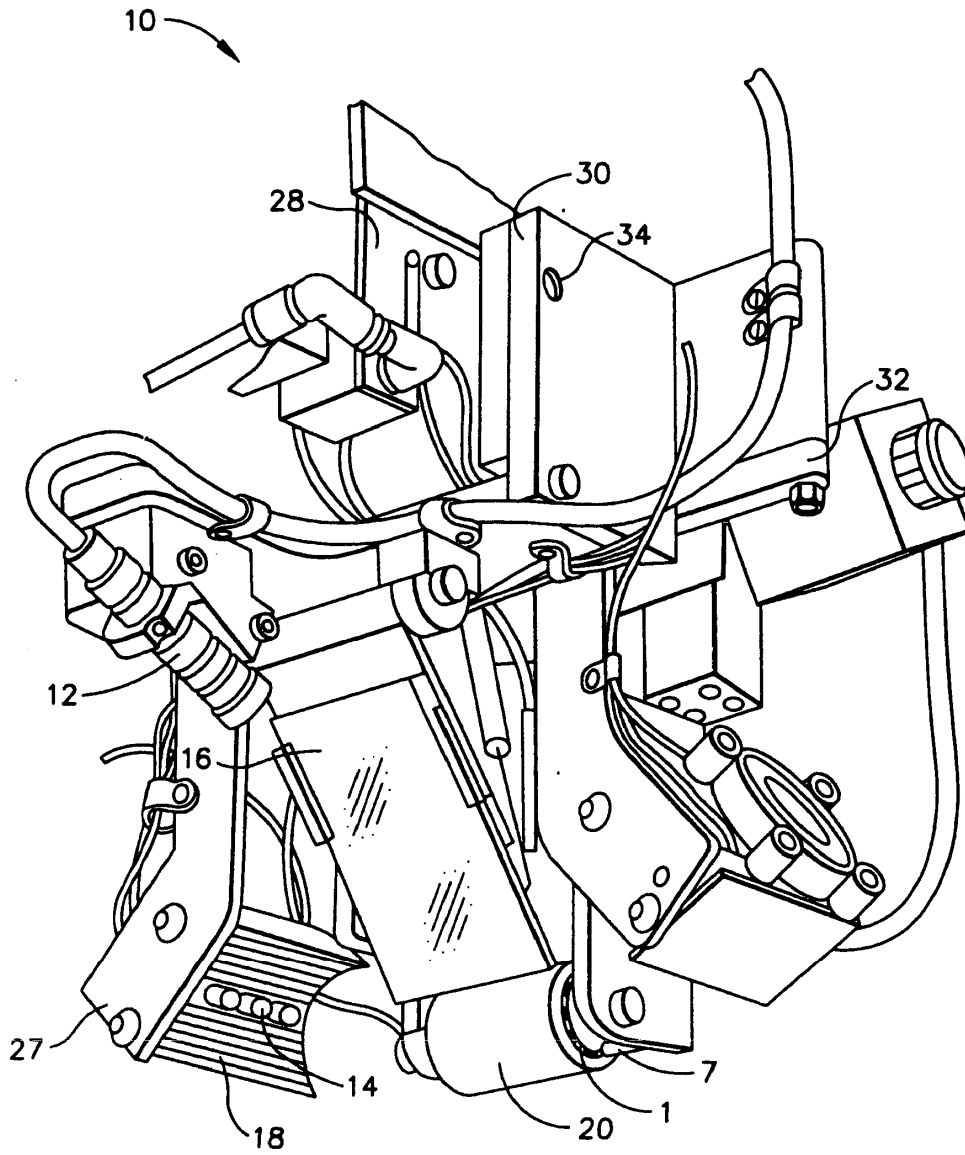


FIG. 8

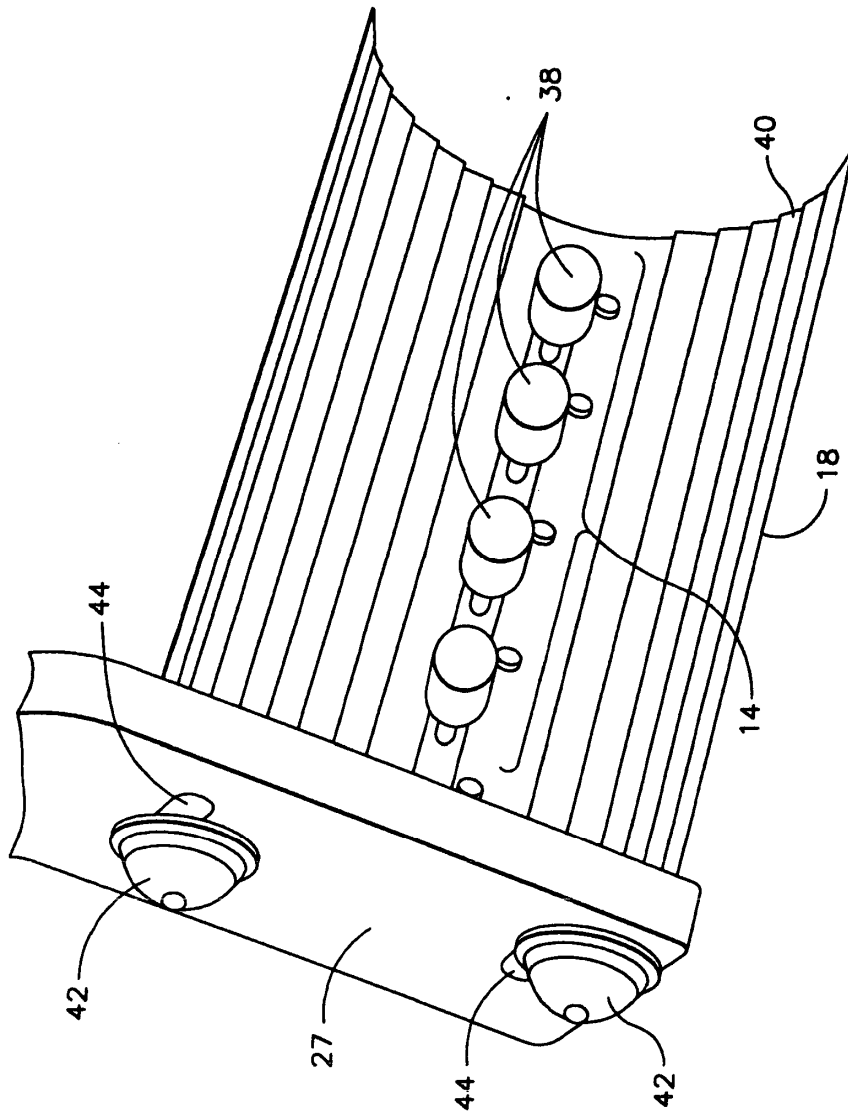


FIG. 9

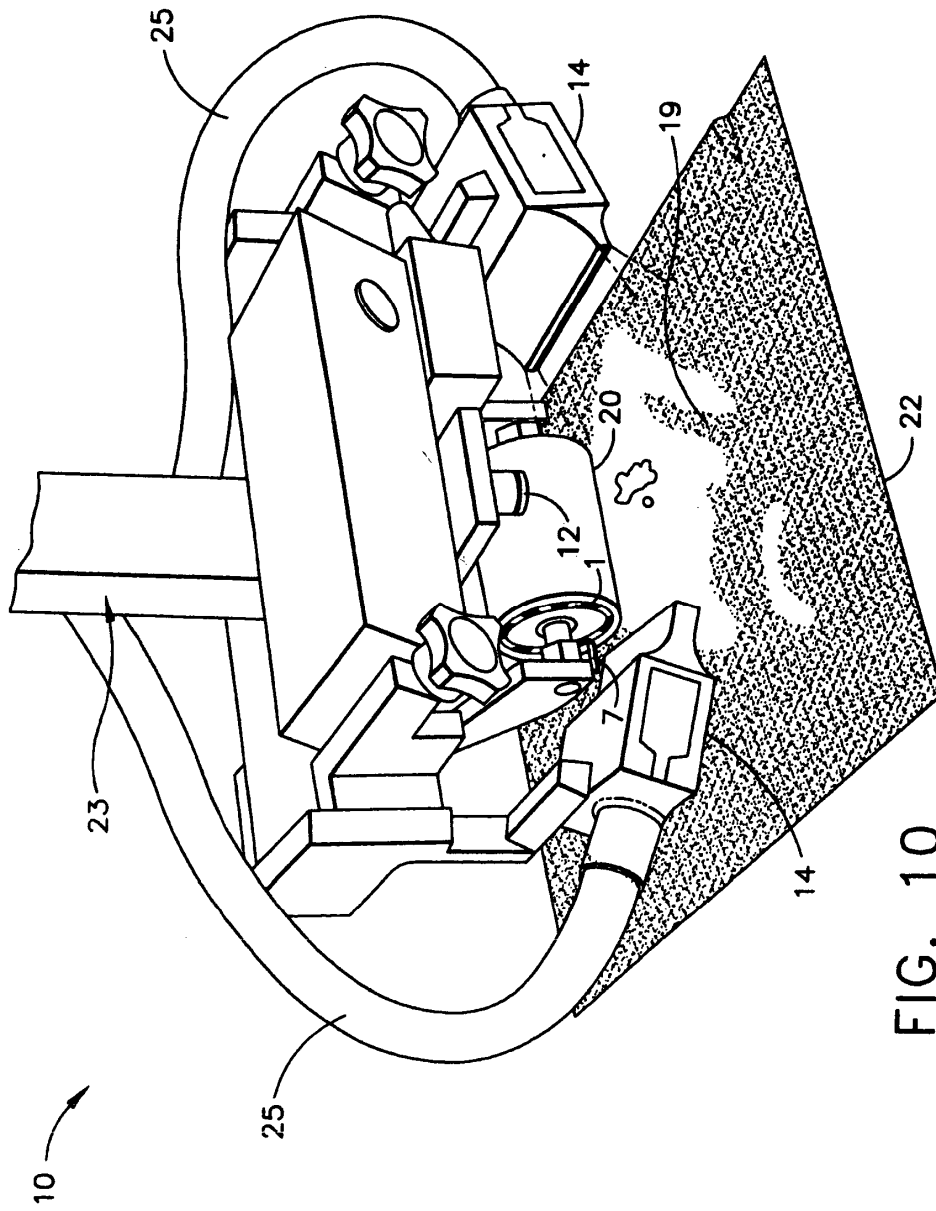
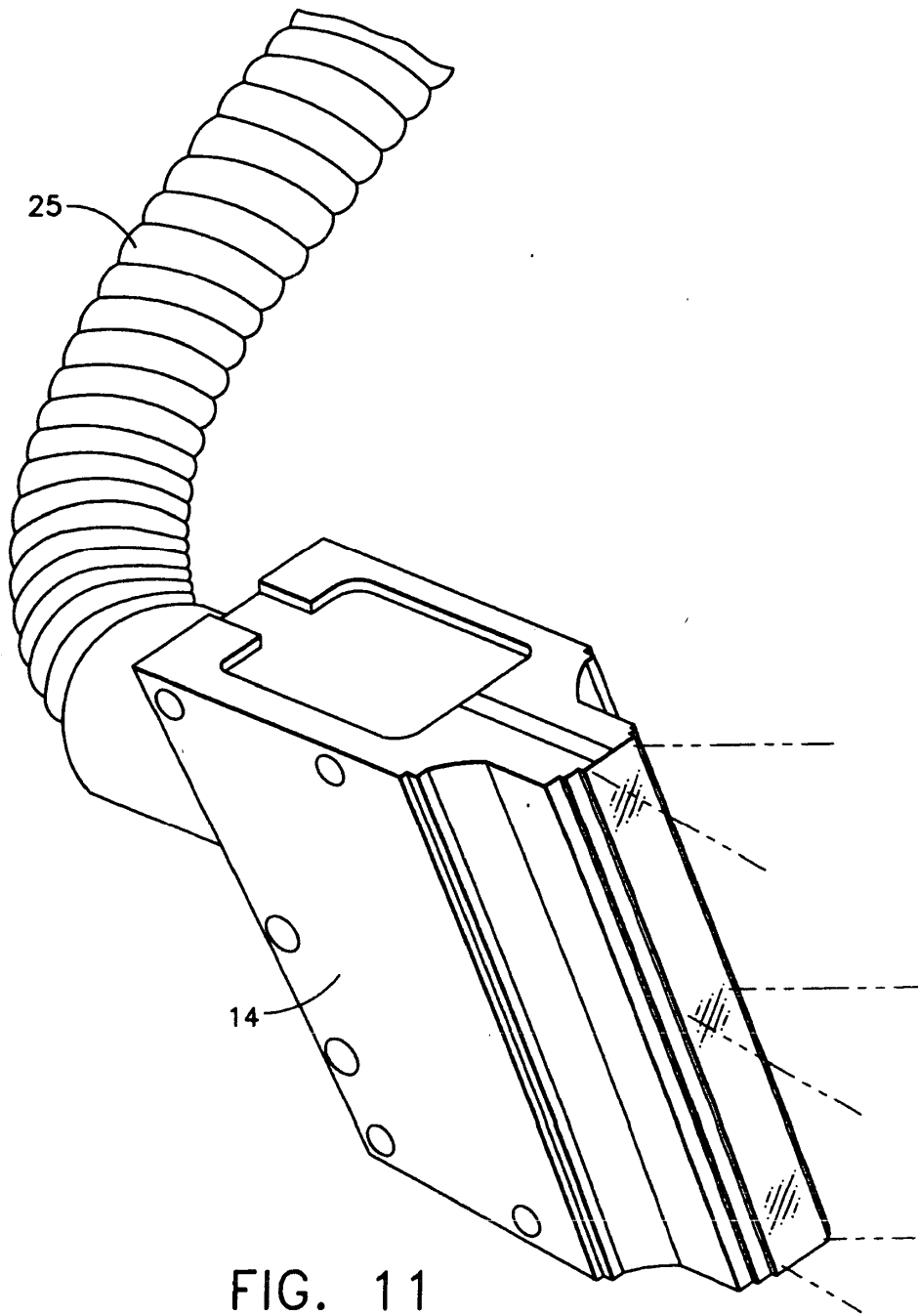


FIG. 10



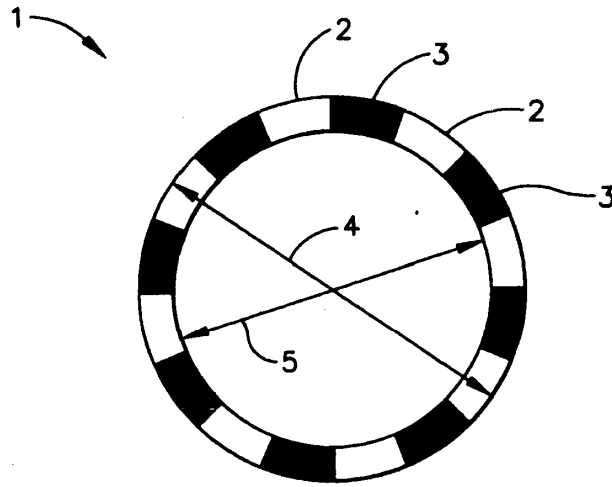


FIG. 12