

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 026**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/88** (2006.01)

**G01N 21/84** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2003 E 04075642 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 1422515**

54 Título: **Sistema para identificar defectos en una estructura compuesta**

30 Prioridad:

**13.08.2002 US 217805**

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

**07.02.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ENGELHART, ROGER W. y  
WALTERS, CRAIG**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 741 026 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema para identificar defectos en una estructura compuesta

**Antecedentes de la invención**

5 La presente invención se refiere, generalmente, a la fabricación de estructuras compuestas, y más particularmente a sistemas y métodos adaptados para localizar defectos durante la fabricación de estructuras compuestas.

10 En la técnica, se han conocido estructuras compuestas durante muchos años. Aunque estructuras compuestas pueden formarse de muchas maneras diferentes, una técnica ventajosa para formar estructuras compuestas es un procedimiento de recopilación automático o de colocación de fibras. Según técnicas de recopilación automáticas convencionales, una o más cintas de material compuesto (también denominadas estopas compuestas) se disponen sobre un sustrato. El sustrato puede ser una herramienta o mandril, pero, de manera más convencional, está formado por una o más capas subyacentes de material compuesto que previamente se han dispuesto y compactado. A este respecto, los procedimientos de colocación de fibra convencionales utilizan 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. Por ejemplo, los pliegos de material compuesto pueden compactarse mediante un rodillo de presión compatible tal como describe la patente estadounidense n.º 5.058.497.

15 Para completar la parte, pueden aplicarse tiras adicionales de material compuesto de manera unas al lado de otras para formar capas y pueden someterse a calor localizado y presión durante el procedimiento de consolidación. Otros métodos de procesado de colocación de fibra convencionales se describen en la patente estadounidense n.º 5.700.337.

20 Las estructuras laminadas compuestas que se fabrican mediante el procedimiento de colocación de fibra se someten, normalmente, a una inspección visual pliego por pliego del 100% para tales defectos como huecos de estopa, solapamientos y torsiones. Normalmente, la inspección se realiza manualmente o bien por un inspector o por el operario de máquina de colocación de fibra. La máquina debe detenerse y el procedimiento de estratificar materiales pararse hasta que la inspección esté completa. Durante la inspección, el operario verifica las dimensiones de cualquier anomalía sospechosa y cuantifica el número de anomalías por zona unitaria dada. Las anomalías se reparan según sea necesario y se procede a estratificar el siguiente pliego. Sin embargo, el procedimiento de fabricación se ha ralentizado, de manera no ventajosa, por el procedimiento de inspección.

25 Para superar las desventajas de inspeccionar manualmente una pieza de trabajo, los sistemas de inspección de máquina han empleado video y otras imágenes que se procesan por un ordenador para detectar la existencia de irregularidades en un objeto inspeccionado. Por ejemplo, la patente estadounidense n.º 4.760.444 da a conocer un dispositivo de máquina de inspección visual que tiene estaciones de inspección de video para determinar la reflectancia de diferentes partes de una pieza de trabajo. Una unidad de procesamiento central digitaliza entonces los valores de reflectancia y almacena los valores digitalizados en una memoria. El ordenador también contiene una imagen convencional almacenada previamente en la memoria que sirve como referencia para los valores de reflectancia. Como tal, el ordenador puede comparar la imagen convencional con los valores de reflectancia digitalizados para localizar cualquier anomalía. Sin embargo, este sistema solo proporciona un único punto de referencia cuando se inspeccionan las piezas de trabajo que no pueden modificarse por el operario.

30 Otro sistema de inspección se da a conocer por la patente estadounidense n.º 4.064.534, que da a conocer una cámara de televisión y circuitería lógica para comparar electrónicamente el perfil de una imagen de una pieza de trabajo frente a una imagen convencional, mediante lo que el artículo que se inspecciona o mide puede o bien rechazarse o bien aceptarse. Más específicamente, una imagen de video de la pieza de trabajo se capta por una cámara de TV y se convierte en formato digital para grabarse en un dispositivo de memoria. La imagen grabada se compara entonces con una imagen convencional que se carga previamente en la memoria. Basándose en las diferencias entre las imágenes, un procesador determina si la pieza de trabajo tiene éxito o falla. Sin embargo, este sistema también requiere que las mediciones convencionales se carguen previamente en el ordenador y no puedan controlarse por el operario después.

35 Todavía otro sistema de inspección convencional emplea un láser que barre a través de una pieza de trabajo para identificar ubicaciones en la pieza de trabajo en donde cambia la reflectividad del láser. Por ejemplo, un hueco u otra inconsistencia provocaría un cambio en la reflectividad de la superficie. Los cambios de reflectividad se interpretan entonces por un ordenador para identificar defectos.

40 El documento US 5.825.495 da a conocer un sistema de iluminación de campo brillante para inspeccionar una superficie de pieza de trabajo con el fin de identificar defectos, depresiones y bordes. Se coloca una fuente iluminación cerca de un primer foco de un reflector elíptico. El documento US 6.022.124 da a conocer un sistema de visión automático para inspeccionar un bote de bebida u otro recipiente de bebida o alimento, o un conjunto electrónico u otro artículo fabricado.

Sin embargo, cada uno de estos sistemas, es susceptible de obtener lecturas falsas debido a un resplandor u otros problemas provocados por la luz ambiental o por el sistema de exploración basado en láser. En particular, los sistemas no proporcionan una identificación precisa de defectos en las regiones contorneadas/curvas de las piezas de trabajo. A este respecto, los sistemas de inspección basados en máquina convencionales están desprovistos de luz adecuada para proporcionar el alto contraste que es necesario para localizar defectos en todas las zonas de la pieza de trabajo, al tiempo que se impide que luz ambiental y reflectividad de material obstaculicen la identificación de defectos. La falta de luz adecuada es especialmente problemática cuando se inspeccionan superficies contorneadas/curvas porque la parte de la superficie que se contornea/curva alejándose de la fuente de luz no puede iluminarse adecuadamente, y, por tanto, no es posible la identificación de defectos en la superficie contorneada/curva. Este procedimiento de inspección se complica adicionalmente durante la inspección de materiales de carbono por la aparición de defectos negros sobre un fondo negro. Además, sistemas de inspección basados en máquina convencionales no permiten fácilmente una alteración controlada de la definición de defectos o la zona de observación. En lugar de eso, los sistemas de inspección basados en máquina convencional tienen, normalmente, una definición de defectos predefinida y una zona de observación dimensionada previamente que no es deseable durante el procedimiento de inspección.

### 15 **Breve resumen de la invención**

La presente invención proporciona un sistema dispuesto para identificar defectos en una estructura compuesta según la reivindicación 1.

Las realizaciones del sistema para identificar defectos en una estructura compuesta de la presente invención pueden identificar defectos en todas las zonas de una pieza de trabajo, incluso las regiones contorneadas/curvas de la pieza de trabajo, al iluminar de manera más adecuada la superficie de la pieza de trabajo. A este respecto, el sistema proporciona luz abundante y se dispersa la luz por una zona suficientemente grande de la pieza de trabajo de manera que todas las superficies de la pieza de trabajo, incluyendo las superficies contorneadas/curvas que están orientadas alejadas de la luz, están iluminadas de manera adecuada con el fin de obtener una inspección completa en busca de defectos. Además, las realizaciones del sistema permiten una alteración controlada de la zona de observación y la capacidad de observar la estructura compuesta tan cerca de la estructura como sea posible, lo que da como resultado que el sistema identifique de manera precisa los defectos en la pieza de trabajo. Esta invención, por tanto, ahorra tiempo, trabajo y dinero que de otro modo sería necesario para realizar una inspección manual de las zonas en donde no pueden obtenerse identificaciones precisas.

Un sistema para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación que no forma parte de la presente invención incluye una fuente de luz, una superficie reflectante, y una cámara. La fuente de luz se coloca con respecto a la estructura compuesta e ilumina la estructura compuesta. La luz generada por la fuente de luz se refleja de manera diferente en los defectos en la estructura compuesta que en las partes sin defectos de la estructura. La fuente de luz puede ser luz halógena. Además, la fuente de luz puede moverse con respecto a la estructura compuesta, y pueden existir múltiples fuentes de luz ubicadas en diferentes posiciones respectivas con respecto a la estructura compuesta, con el fin de proporcionar una iluminación suficiente de la estructura compuesta. La superficie reflectante está ubicada cerca de la estructura compuesta y se dirige hacia la parte iluminada de la estructura compuesta. La superficie reflectante puede ser un espejo. Además, pueden existir múltiples superficies reflectantes que actúan conjuntamente para dirigir una imagen de la zona iluminada de la estructura compuesta a la cámara.

La cámara se dirige hacia la superficie reflectante y recibe imágenes reflejadas de la parte iluminada de la estructura compuesta. Por tanto, la cámara puede colocarse más lejos de la parte iluminada de la estructura compuesta que la superficie reflectante, permitiendo de ese modo que imágenes de la estructura compuesta se capten incluso en casos en los que la cámara no puede ubicarse cerca de la estructura compuesta. La cámara puede ser una cámara sensible a infrarrojos o una cámara de luz visible con filtrado de paso de infrarrojos, y la cámara puede moverse con respecto a la estructura compuesta. Además, pueden existir múltiples cámaras ubicadas en diferentes posiciones respectivas con respecto a la estructura compuesta con el fin de ver la estructura compuesta desde una posición óptima.

Una realización de la presente invención incluye una fuente de luz y una cámara tal como se describió anteriormente, y un elemento óptico tal como se define en la reivindicación 1. El elemento óptico está ubicado cerca de la fuente de luz y difunde la luz generada por la fuente de luz sobre la estructura compuesta, proporcionando de ese modo incluso más iluminación de la estructura compuesta. El elemento óptico tiene una configuración escalonada para difundir más uniformemente la luz por la estructura compuesta. El elemento óptico es al menos parcialmente curvo hacia la fuente de luz, teniendo forma parabólica con una configuración escalonada. Además, el elemento óptico puede ser ajustable con el fin de dirigir la luz difundida hacia una parte predeterminada de la estructura compuesta a partir de la que la cámara recibe imágenes.

Un sistema adicional para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación que no forma parte de la presente invención, incluye una fuente de luz y una cámara, tal como se describió anteriormente, en donde la fuente de luz o la cámara o ambas pueden moverse con respecto a la estructura compuesta. Como tal, la fuente de luz y/o la cámara pueden recolocarse según sea apropiado para estructuras compuestas con formas diferentes.

La estructura compuesta puede estar realizada de múltiples tiras compuestas que se disponen mediante un procedimiento de recopilación automático en el que las tiras compuestas se proporcionan mediante una unidad de

cabezal y se compactan a la estructura compuesta subyacente mediante un rodillo de compactación. El elemento de dispersión y la fuente de luz pueden estar montados en la unidad de cabezal.

5 Las realizaciones del sistema de la presente invención también pueden incluir un dispositivo de marcado para marcar la estructura compuesta cuando se identifica un defecto. Además, también puede incluirse en el sistema un procesador para procesar las imágenes y emitir una respuesta identificando un defecto basándose en las imágenes.

10 Como resultado de las configuraciones de la fuente de luz y la cámara, las realizaciones del sistema de la presente invención pueden ver e identificar defectos en una estructura compuesta, independientemente de dónde esté localizado el defecto en la pieza de trabajo. Además, la utilización de un elemento óptico en realizaciones del sistema de la presente invención proporciona iluminación adicional que permite una identificación precisa de los defectos en una pieza de trabajo, incluso en zonas de la estructura que los sistemas convencionales no pueden alcanzar.

### Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

Habiendo descrito, por tanto, la invención en términos generales, ahora se hará referencia a los dibujos adjuntos, que no están dibujados necesariamente a escala, y en los que:

15 La figura 1 es una vista esquemática de un sistema para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación de la misma.

La figura 2 es una realización de un sistema para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación de la misma según la presente invención;

la figura 3 es una vista detallada de la fuente de luz según la realización del sistema para identificar defectos en una estructura compuesta tal como se ilustra en la figura 2;

20 la figura 4 es una realización alternativa de un sistema para identificar defectos en una estructura compuesta según la presente invención que incluye una cámara móvil y fuentes de luz móviles y estacionarias;

la figura 5 es una realización alternativa de un sistema para identificar defectos en una estructura compuesta según la presente invención que incluye dos cámaras móviles y fuentes de luz estacionarias;

25 la figura 6 es una vista gráfica de una lectura de ordenador para identificar defectos en una estructura compuesta según una realización de la presente invención;

la figura 7 es una vista gráfica de una imagen binarizada de la vista gráfica de la figura 6;

la figura 8 es una vista de una visualización de ordenador y controles de usuario seleccionados según una realización de la presente invención; y

30 la figura 9 es una vista de una visualización de ordenador y controles de usuario seleccionados según una realización alternativa de la presente invención que incluye dos imágenes de cámara.

### Descripción detallada de la invención

35 Ahora se describirá la presente invención de manera más detallada a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran realizaciones preferidas de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse que se limita a las realizaciones expuestas en el presente documento; en lugar de eso, estas realizaciones se proporcionan de modo que esta divulgación será exhaustiva y completa, y abarcará por completo el alcance de la invención para los expertos en la técnica. Números similares se refieren a elementos similares en la totalidad del documento.

40 Sistemas para identificar defectos en una estructura compuesta se numeran generalmente con el número 10 en las figuras 1 y 2. Tal como se muestra en la figura 1, el sistema 10 se coloca próximo a una estructura 22 compuesta, que está comprendida, generalmente, por una pluralidad de estopas o tiras 24 adyacentes de cinta compuesta. Las tiras 24 incluyen, normalmente, una pluralidad de fibras embebidas en una resina u otro material que se vuelve pegajoso o fluente tras la aplicación de calor. Las tiras 24 se disponen en una superficie de trabajo, tal como una tabla, mandril, u otra herramienta 26, y se compactan con un rodillo 20 de compactación para formar la estructura 22 compuesta según una técnica de recopilación automática, que se conoce en la técnica. Por ejemplo, un artículo titulado "Material Selection/Fabrication Issues for Thermal Plastic Fiber Placement" por Richard Sharp *et al.* publicado en "Journal of Thermoplastic Composite Material" (enero de 1995) comenta un procedimiento de colocación de fibra convencional. Además, la solicitud de patente estadounidense n.º 10/068.735, presentada el 6 de febrero de 2002, y titulado "Composite Material Collation Machine y Associated Method for High Rate Collation of Composite Material," comenta otro procedimiento de colocación de fibra.

50 En general, el sistema 10 comprende una cámara 12 y una fuente 14 de luz. La cámara 12 y la fuente 14 de luz se colocan próximas a la estructura 22 compuesta de tal manera que la luz que se refleja en partes no defectuosas de la estructura compuesta, y la luz que falla al reflejarse en defectos en la estructura compuesta, o viceversa, crea

imágenes visibles que pueden captarse por la cámara 12. La cámara 12 está conectada a un procesador para interpretar las imágenes, o un dispositivo de almacenamiento para almacenar las imágenes, o ambos, tal como se comenta más detalladamente a continuación. Los detalles relacionados con sistemas y métodos para identificar defectos en una estructura compuesta durante la fabricación de la misma se incluyen en la solicitud de patente estadounidense n.º 09/819922, presentada el 28 de marzo de 2001, y titulada "System and Method for Identifying defects on a Composite Structure".

Tal como ilustra la figura 1, la cámara 12 se coloca cerca de la estructura 22 compuesta para captar una imagen de una parte predeterminada de la estructura compuesta, normalmente, de manera inmediata aguas abajo del punto de convergencia en el que se une una estopa compuesta con la estructura subyacente. Alternativamente, tal como ilustra la figura 2, una superficie 16 reflectante puede estar situada cerca de la estructura compuesta (no mostrada en la figura 2), y formando un ángulo de manera que la superficie 16 reflectante refleja una imagen de una parte predeterminada de la estructura compuesta tal como una imagen de esa parte inmediatamente aguas abajo del punto de convergencia en el que una estopa compuesta se une con la estructura subyacente, es decir inmediatamente aguas abajo del rodillo 20 de compactación. En una realización de la presente invención, el ángulo de la superficie 16 reflectante con respecto a la estructura compuesta es 65°, pero la superficie 16 reflectante puede colocarse en cualquier ángulo apropiado con el fin de reflejar imágenes de la parte iluminada de la estructura compuesta con respecto a la cámara 12. La cámara 12 puede entonces colocarse apuntando hacia la superficie 16 reflectante con el fin de captar las imágenes de corto alcance de la parte predeterminada de la estructura compuesta a partir de la superficie 16 reflectante. Puede utilizarse más de una superficie 16 reflectante en las realizaciones adicionales de la presente invención. Por tanto, las superficies 16 reflectantes actúan conjuntamente con el fin de dirigir imágenes de la parte iluminada de la estructura compuesta a la cámara 12.

Para estructuras compuestas que tienen superficies contorneadas/curvas, se capta una imagen de la estructura compuesta ventajosamente a partir de una posición lo más cercana posible al punto de convergencia con el fin de obtener una representación precisa de la estructura compuesta que va a procesarse. Por tanto, la configuración ilustrada en la figura 2 es particularmente ventajosa para captar imágenes de superficies contorneadas/curvas de la estructura compuesta porque la superficie 16 reflectante refleja una imagen de la estructura compuesta para que la cámara 12 capte desde una posición lo más cercana posible a la estructura compuesta. Además, esta configuración permite que la cámara 12 se coloque más lejos de la estructura compuesta que la superficie 16 reflectante, de manera que la cámara 12 no obstaculiza la funcionalidad de otras partes del dispositivo de colocación de fibra, o viceversa.

La cámara 12 puede ser una cámara disponible comercialmente que puede adquirir imágenes en blanco y negro. Por ejemplo, en una realización, la cámara 12 es una cámara de video de televisión u otro tipo de cámara que tiene un sensor de imagen (no mostrado) y una lente 13 a través de la que la luz pasa cuando la cámara 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, dispositivo de acoplamiento de carga (CCD), o 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 realizaciones de la presente invención que no incluyen una superficie reflectante, la cámara 12 puede colocarse aproximadamente seis pulgadas (152 mm) con respecto a la superficie de la estructura 22 compuesta, y estar montada en el armazón 28 por medio de una abrazadera 30 y conectores 32 asociados. En realizaciones de la presente invención que incluyen una superficie reflectante, sin embargo, la superficie 16 reflectante puede colocarse aproximadamente tres pulgadas (76 mm) con respecto a la superficie de la estructura 22 compuesta, y la cámara 12, que apunta hacia la superficie 16 reflectante, puede colocarse más alejada de la estructura compuesta, tal como se describió anteriormente. En realizaciones adicionales de la presente invención, la superficie 16 reflectante puede colocarse a otras distancias desde la superficie de la estructura 22 compuesta, tal como de una a seis pulgadas (25 a 152 mm), para reflejar una imagen de la superficie de la estructura compuesta que es lo más precisa posible hacia la cámara 12.

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 fibra, particularmente las partes ubicadas tras la cámara 12 y conjunto asociado, tal como para el mantenimiento, limpieza, o similares. La figura 2 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 (es decir el conjunto de cámara) al armazón 28 por medio de una abrazadera 30. El elemento 34 de sujeción, que puede ser un tornillo de ajuste manual o cualquier otro elemento de sujeción que pueda retirarse o soltarse con relativa facilidad, puede ajustarse con el fin de fijar el conjunto de cámara en su sitio para el funcionamiento, entonces, soltarse o retirarse con el fin de hacer rotar el conjunto de cámara alejándose del rodillo 20 de compactación y otras partes del dispositivo de colocación de fibra.

Además, puede colocarse un filtro 15 en la lente 13 para filtrar luz de manera particular. Específicamente, el filtro 15 se diseña según una realización para filtrar luz de manera que solo la componente infrarroja o una(s) determinada(s) longitud de onda o longitudes de onda infrarroja(s) de la luz puedan pasar al interior de la cámara. Por tanto, el filtro 15 impide que luz visible ambiental entre en la cámara 12 y altere la apariencia de la imagen captada. También pueden usarse otros métodos de filtrado de luz para lograr el mismo resultado. 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 (es decir, una cámara sensible a infrarrojos), eliminando por tanto la necesidad de filtro.

5 El sistema 10 también incluye una única fuente 14 de luz que ilumina la estructura 22 compuesta de manera que defectos 36 en o dentro de la superficie de la estructura 22 compuesta pueden detectarse por la cámara 12. La fuente 14 de luz puede colocarse con respecto a la estructura 22 compuesta de manera que la parte de la estructura 22 compuesta hacia donde se apunta la cámara 12, o la superficie 16 reflectante en la realización de la figura 2, recibe una cantidad de iluminación suficiente de la fuente 14 de luz y, según la invención, la cantidad de iluminación máxima, con el fin de iluminar los defectos 36, tal como se comenta a continuación. Además, el sistema 10 puede incluir más de una fuente de luz. Por ejemplo, la realización de la figura 2 incluye dos fuentes 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.

10 La fuente 14 de luz se coloca de manera ajustable con respecto a la estructura compuesta tal como se describió anteriormente montando o uniendo la fuente de luz a un aparato 27 de montaje, que tal como se muestra en la figura 1, puede incluir un árbol 29 principal, un árbol 31 secundario, y una abrazadera 33 de bloqueo para ajustar rápidamente y de manera precisa la posición de la fuente de luz. El aparato 27 de montaje, a su vez, puede unirse 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 de luz como la cámara de manera que la fuente de luz y la cámara mantienen una relación espacial constante una con respecto a otra.

15 Un problema habitual en sistemas de visión automáticos convencionales es la incapacidad de iluminar de manera eficaz y entonces de detectar defectos particulares, tales como defectos oscuros sobre fondos oscuros. En particular, la calidad y magnitud de la iluminación de superficie de la estructura compuesta se ve afectada en gran medida por la luz ambiental y por la reflectividad del material. Con el fin de iluminar de manera eficaz un defecto oscuro sobre un fondo oscuro, el sistema de una realización de la presente invención emplea, ventajosamente, una fuente de luz infrarroja. A este respecto, la fuente 14 de luz puede seleccionarse de una luz infrarroja u otro tipo de luz, tal como una luz incandescente o una luz halógena, que tengan una componente infrarroja. A este respecto, los niveles de potencia en el intervalo de aproximadamente 5W-25W en la longitud de onda que oscilan entre aproximadamente 700nm-1000nm son suficientes.

20 En el ejemplo mostrada en la figura 1, la fuente 14 de luz puede comprender un diodo emisor de luz (LED), y en particular puede incluir una pluralidad de LED dispuestos en una formación en serie o en agrupación. En una realización específica, la fuente 14 de luz incluye LED 24 montados en serie en una placa de circuito impreso de tres pulgadas cuadradas. Como resultado de la iluminación infrarroja, la serie de LED aumenta el contraste entre la estructura compuesta y un defecto 36 con respecto a sistemas convencionales. En otro ejemplo, la fuente 14 de luz incluye una fibra de luz incandescente que emite luz llevada mediante tubos de manera óptica desde una fuente remota (no mostrada) a una serie o series de fuentes de fibra óptica.

25 En la realización de la presente invención ilustrada en la figura 2, se ubican elementos 18 ópticos cerca de la fuente 14 de luz. Los elementos 18 ópticos se rompen y difunden la luz emitida por la fuente 14 de luz de manera que zonas de luz intensa creadas por la parte más brillante de la fuente 14 de luz (es decir puntos calientes) se eliminan sustancialmente. Los puntos calientes no son deseables porque impiden una iluminación continua de la estructura compuesta, lo que puede provocar errores en el procesado de las imágenes captadas por la cámara 14. Los elementos 18 ópticos son particularmente ventajosos para iluminar las superficies curvas/contorneadas de estructuras compuestas porque la difusión de la luz permite que se ilumine una mayor parte de la estructura compuesta. Como tal, más luz ilumina las zonas de la curva/contorno que no se iluminarían de manera eficaz be por sistemas convencionales, tales como las partes de la curva/contorno que se curvan alejándose de la fuente 14 de luz.

30 La figura 3 es una vista ampliada de una fuente 14 de luz y el elemento 18 óptico según la realización ilustrada en la figura 2. La fuente 14 de luz en esta realización consiste en cuatro bombillas 38 de luz halógena. El elemento 18 óptico está ubicado, ventajosamente, cerca de la fuente 14 de luz y se coloca de manera que dirige la luz emitida por la fuente 14 de luz hacia la parte de la estructura compuesta hacia donde se dirige la cámara 12 o la superficie 16 reflectante. El elemento 18 óptico se curva hacia la fuente 14 de luz, de forma parabólica, tal como se muestra en la figura 3. En la superficie del elemento óptico que está orientada hacia la fuente 40 de luz, el elemento óptico tiene escalones 40. Los escalones 40 puede ser sustancialmente paralelos a la fuente 14 de luz, y la distancia entre los escalones 40 puede elegirse para ser suficiente para romper cualquier punto caliente que incida sobre el elemento 18 óptico, de manera que el elemento 18 óptico proporciona iluminación continua de la estructura compuesta, lo que impide errores en el procesado de las imágenes captadas por la cámara 14 debido a una iluminación no continua de la estructura compuesta. Alternativamente, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la configuración de forma y/o superficie del elemento 18 óptico puede modificarse de cualquier modo para que produzca iluminación continua y difusión de la luz producida por la fuente 14 de luz por la parte deseada de la estructura compuesta.

35 En una realización, por ejemplo, el elemento de dispersión tiene una forma parabólica con diecisiete escalones que tienen un intervalo de anchuras entre 0,125 pulgadas (3,175 mm) en el borde exterior del elemento y 0,250 pulgadas (6,350 mm) en el centro del elemento y una altura de escalón uniforme de 0,116 pulgadas (2,946 mm). En otras realizaciones, sin embargo, pueden existir diferentes números de escalones que tienen diferentes anchuras variables

o uniformes y diferentes alturas de escalón variables o uniformes. Además, el elemento 18 óptico puede ajustarse con el fin de dirigir la luz producida por la fuente 14 de luz y difuminarse por el elemento 18 óptico hacia la parte deseada de la estructura compuesta. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 3, el elemento 18 óptico puede montarse de manera ajustable en el aparato 27 de montaje con elementos 42 de sujeción. Los elementos 42 de sujeción suelto  
 5 puede moverse dentro de ranuras 44 para ajustar de manera correspondiente el ángulo del elemento 18 óptico con respecto a la estructura compuesta. Una vez que se coloca apropiadamente el elemento 18 óptico, los elementos 42 de sujeción pueden apretarse para fijar el elemento de dispersión en la posición deseada. Los ajustes del elemento 18 óptico pueden realizarse mediante cualquier otro método conocido por los expertos en la técnica, tal como mediante medios electrónicos que permiten el ajuste remoto del elemento 18 óptico.

10 Se ha observado que la estructura 22 compuesta produce un alto resplandor cuando se ilumina a través de la dirección de colocación de las tiras 24, al tiempo que produce sustancialmente menos resplandor cuando se ilumina a lo largo de la dirección de colocación de las tiras. Aunque los sistemas convencionales pretenden eliminar el resplandor, los sistemas y métodos de al menos algunas de las realizaciones de la presente invención pretenden aprovechar el resplandor. En particular, los sistemas y métodos de estas realizaciones aprovechan el fenómeno de alto  
 15 resplandor/bajo resplandor proyectando luz a través de la capa superior de tiras compuestas en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección de colocación de las tiras, lo que produce una cantidad relativamente grande de resplandor en la capa superior. 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  
 20 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.

Además, aunque el fenómeno de alto resplandor/bajo resplandor se produce cuando se ilumina o bien con luz visible o bien luz infrarroja, el filtro 15 usado en una realización del sistema 10 elimina sustancialmente el resplandor provocado por luz ambiental de manera que solo se usa el resplandor provocado por la fuente de luz infrarroja para  
 25 ubicar los defectos 36. Por consiguiente, el filtro 15 elimina la interferencia de luz ambiental a medida que se examina la estructura compuesta en busca de defectos.

En cualquiera de las realizaciones del sistema para identificar defectos en una estructura compuesta descrito en el presente documento, pueden existir una o más cámaras 12 y/o una o más fuentes 14 de luz con elementos 18 ópticos (denominados, en conjunto, fuentes de luz, a continuación, en el presente documento). Además, la una o más cámaras  
 30 12 y/o la una o más fuentes de luz pueden moverse con respecto a la estructura compuesta. Las múltiples cámaras 12 y/o las múltiples fuentes 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) de luz múltiples y/o móviles 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) múltiples y/o móvil(es)  
 35 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) múltiples y/o móviles son particularmente ventajosas cuando iluminan y captan imágenes de y partes de curva/contorno de estructuras compuestas. La(s) fuente(s) de luz y/o cámara(s) múltiples y/o móviles también son ventajosas para iluminar y captar imágenes de tiras compuestas que tienen 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  
 40 cámara(s) estacionarias pueden colocarse para cubrir toda la tira.

Tal como ilustran las figuras 4 y 5, el sistema 10 puede incluir cualquier combinación de cámaras móviles y/o estacionarias y fuentes de luz estacionarias o móviles. En realizaciones adicionales, la(s) superficie(s) 16 reflectante(s) puede(n) ser móvil(es) y/o estacionaria(s). La figura 4 ilustra una cámara 12 móvil, tal como se representa por las  
 45 posiciones 46, 48 de cámara alternativas. Esta realización también ilustra una fuente 50 de luz estacionaria y una fuente 52 de luz móvil. La fuente 52 de luz móvil puede mover la posición 54 alternativa con el fin de iluminar por completo la parte contorneada curva de la estructura 56 compuesta. La figura 5 ilustra una realización que incluye dos cámaras 12 móviles y dos fuentes 58 de luz estacionarias para obtener iluminación suficiente y para captar representaciones precisas de la superficie 60 curva/contorneada. Alternativamente, una o ambas de las cámaras 12  
 50 pueden ser estacionarias y/o una o ambas de las fuentes 58 de luz pueden moverse. El movimiento de la(s) cámara(s) y/o fuente(s) de luz y/o superficie(s) reflectante(s) puede permitirse por cualquier medio 55 conocido por los expertos en la técnica. Por ejemplo, servomecanismos eléctrico o neumático pueden unirse a la(s) cámara(s) y/o fuente(s) de luz para controlar el movimiento. Ejemplos de servomecanismos eléctrico o neumático incluyen los servosistemas en serie de PMA™ comercialmente disponibles de Pacific Scientific, los servosistemas BMS de serie N™ comercialmente  
 55 disponibles de Baldor Electric Company, y los servosistemas™ de serie J NeoMetric comercialmente disponible de Compumotor, una división de la sociedad Parker Hannifin Corporation.

El sistema 10 según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento también puede incluir un dispositivo 62 de marcado para indicar la ubicación de los defectos 36 en la estructura 22 compuesta, tal como se muestra en la figura 1. El dispositivo 62 de marcado, que en una realización es un sistema de marcado por chorro de  
 60 tinta, puede unirse al armazón 28 y se activa mediante un procesador 64 o dispositivo similar cuando se detecta un defecto 36 que debe reportarse al operario. En particular, el dispositivo 62 de marcado puede pulverizar 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. También pueden usarse otros métodos de marcado, tal como alertas auditivas o visuales y similares.

5 El procedimiento de recopilación automático incluye guiar las tiras 24 compuestas desde cestas de material (no mostradas) hasta una máquina de colocación o recopilación de fibra automática, que se conoce en la técnica. Por ejemplo, tales máquinas están realizadas de máquinas de Cincinnati-Milacron e Ingersoll Milling. En particular, las tiras 24 compuestas se guían a una unidad de cabezal y se alimentan bajo un rodillo 20 de compactación. Entonces, se aplica energía de calor enfocada al material entrante y el material subyacente que se estratificó previamente para adherir los dos materiales. Con la combinación de presión y calor, la tira 24 compuesta se consolida en la capa anterior, formando por tanto una capa adicional de la estructura 22 compuesta. Desafortunadamente, los defectos 36 pueden producirse en ocasiones durante la colocación de la tira 24 compuesta sobre la estructura 22 compuesta subyacente. Por ejemplo, en el caso de colocación de fibra, puede formarse un hueco entre tiras compuestas adyacentes o puede producirse una torsión durante una colocación de tira compuesta.

10 Según una realización de la presente invención, a medida que la unidad de cabezal se mueve a través de la estructura 22 compuesta y se disponen las tiras 24 compuestas, la cámara 12 y/o la superficie 16 reflectante, que, junto con la fuente 14 de luz y cualquier elemento 18 óptico, pueden montarse en la unidad de cabezal, captan de manera continua imágenes de la estructura y las tiras. Si la estructura 22 compuesta no es plana, el punto de inspección debe encontrarse tan próximo al punto de convergencia como sea posible, tal como se describió anteriormente en el presente documento. Si la estructura 22 compuesta es plana, el punto de inspección puede ubicarse más lejos de la unidad de cabezal de colocación. Las imágenes pueden almacenarse en un dispositivo 66 de memoria para un futuro análisis y/o procesado inmediato por el procesador 64, tal como se comenta más detalladamente a continuación.

15 La figura 6 muestra un ejemplo de una imagen 68 de cámara sin procesar que comprende una pluralidad de píxeles que tienen un intervalo entre negro a través de una pluralidad de sombras de gris y blanco. En particular, la imagen 68 de cámara sin procesar ilustra un contraste entre un posible defecto, tal como un hueco entre las tiras 24 compuestas, y las partes restantes de la estructura 22 compuesta que no tienen defectos. Tal como se muestra en la figura 6, los posibles defectos se muestran como zonas 70 negras o grises, mientras que las partes restantes de la estructura 22 compuesta permanecen sustancialmente en blanco 72. Sin embargo, los posibles defectos necesitan procesarse adicionalmente para determinar si los posibles defectos son aceptables o no son aceptables, tal como se comenta a continuación. Además, solo una zona predeterminada de la imagen de cámara se inspecciona con el fin de minimizar interferencia.

20 El procesador 64 recibe las imágenes 68 desde la cámara 12 o desde el dispositivo 66 de memoria en el que las imágenes se almacenaron por primera vez. El procesador 64 y el dispositivo 66 de memoria pueden ser componentes de un ordenador convencional, tal como un PC de tipo IBM o MAC™ con base de Apple. El procesador 64 manipula las imágenes para facilitar la detección fiable de defectos.

25 La figura 7 muestra una imagen 74 de cámara, que es la misma imagen que la representada en la figura 6 tras binarización por el procesador 64. En particular, todas las sombras de gris por encima de un valor umbral predeterminado se han cambiado a blanco, mientras que todas las sombras grises por debajo del umbral han cambiado a negro para aumentar el contraste del defecto 36 y mejorar la precisión de detección. Ventajosamente, el sistema también incluye una interfaz 76 de usuario que está en comunicación con el procesador 64. La interfaz 76 de usuario, tal como una visualización de pantalla táctil accionada por el procesador 64, proporciona controles 78 de usuario para el ajuste del umbral de binarización. Generalmente, el ajuste del umbral de binarización implica un intercambio entre la sensibilidad con la que se detectan los defectos y la resolución con la que se representan los defectos. Normalmente, sin embargo, el umbral de binarización se establece a aproximadamente 150 en una escala de 0 a 255. La interfaz 76 también puede proporcionar otros controles, tal como se comenta a continuación.

30 La figura 8 muestra una realización de una parte de la interfaz 76 de usuario según el sistema 10 de la presente invención. La interfaz 76 de usuario puede ejecutarse a partir de muchas aplicaciones de software, tales como Windows 98™, Windows/NT™, Windows 2000™, Windows CE™, Linux™, Unix™, y equivalentes. La interfaz 76 de usuario también incluye una pantalla 80 de visualización, tal como en un monitor de ordenador, y también puede incluir un teclado y ratón (no mostrados) para permitir que un operario mueva un cursor alrededor de la pantalla 80 de visualización e introduzca el umbral de binarización, la zona de inspección, y las tolerancias aceptables de la anchura de defecto máxima permitida, tal como +/- 0,030 pulgadas (+/- 0,762 mm) del defecto 36 detectado. La pantalla 80 de visualización también puede ser táctil para permitir que el operario introduzca los ajustes necesarios presionando manualmente regiones de la pantalla de visualización. Tal como se muestra en la figura 8, una imagen de la estructura 22 compuesta, que puede ser la imagen 68 de cámara sin procesar o la imagen 74 de cámara binarizada, se visualiza para observarse por el operario. Adicionalmente a la imagen visualizada de la estructura 22 compuesta, la pantalla 80 de visualización también incluye una tabla 82 de defectos que enumera los defectos 36 descubiertos y proporciona información para cada defecto, tal como ubicación, tamaño, y similares. La pantalla 80 de visualización también puede incluir indicadores 84 de estado que visualizan si una zona de imagen particular es aceptable o no es aceptable basándose en criterios predefinidos, tales como las tolerancias comentadas anteriormente.

35 La figura 9 ilustra otra parte de la interfaz 76 de usuario según el sistema 10 de la presente invención cuando dos cámaras 12 están captando imágenes de la estructura compuesta, tal como se describió anteriormente. En esta

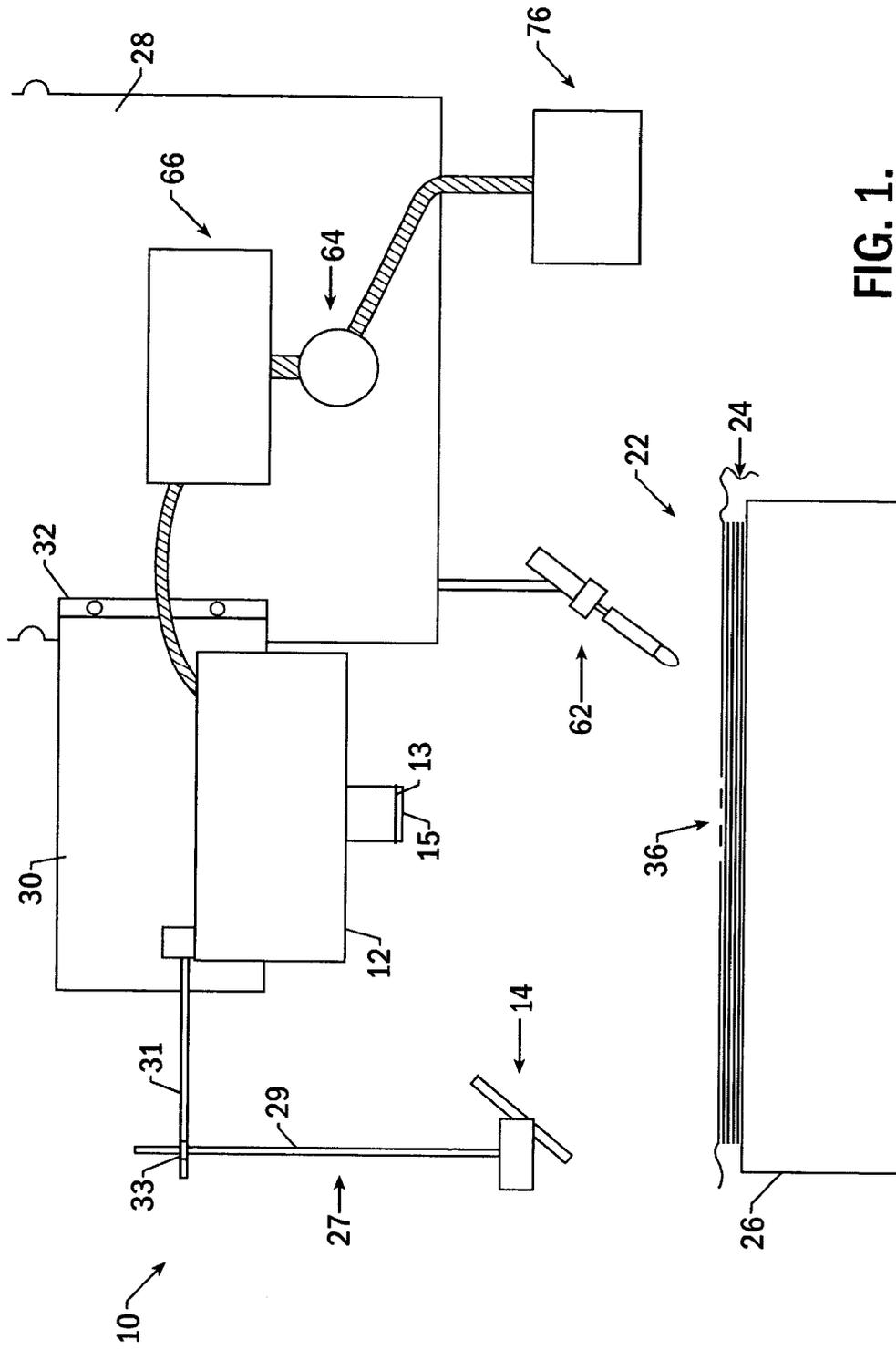
realización de la interfaz 76 de usuario, se incluye una pantalla 86 de visualización, similar a la pantalla 80 de visualización. Tal como se muestra en la figura 9, imágenes de la estructura 22 compuesta, que pueden ser la imagen 68 de cámara sin procesar o la imagen 74 de cámara binarizada, se visualizan para observarse por el operario, ilustradas por las imágenes 88 y 90 de cámara. Además de las imágenes visualizadas de la estructura 22 compuesta, la pantalla 86 de visualización también incluye una tabla 82 de defectos que enumera los defectos 36 descubiertos para cada imagen de cámara y proporciona información para cada defecto, tal como ubicación, tamaño, y similares. La pantalla 86 de visualización también puede incluir indicadores 84 de estado que visualizan si las zonas de imagen son aceptables o no son aceptables basándose en criterios predefinidos, tales como las tolerancias comentadas anteriormente. Alternativamente, para visualizar las imágenes de las dos cámaras 12, pueden utilizarse dos interfaces de usuario tal como se muestra en la figura 8 con enlaces entre las mismas, de manera que cada interfaz visualiza una imagen de una cámara y presenta un enlace a la interfaz de usuario que visualiza una imagen de la otra cámara. Además, para visualizar las imágenes de múltiples cámaras 12, pueden utilizarse múltiples interfaces de usuario tal como se muestra en las figuras 8 y/o 9 con enlaces entre las mismas, de manera que cada interfaz visualiza imágenes de una o más cámaras y presenta enlaces a la(s) interfaz/interfaces de usuario que visualiza(n) imágenes de las otras cámaras.

Por tanto, realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema 10 mejorado para identificar defectos 36 en una estructura 22 compuesta proporcionando una fuente 14 de luz que puede producir radiación que tiene una componente infrarroja de manera que puede identificar defectos, y en particular defectos que a menudo no se detectan por sistemas convencionales, tales como defectos oscuros sobre fondos oscuros y/o defectos de luz sobre un fondo de luz. En particular, las realizaciones ventajosas del sistema 10 mejorado para identificar defectos 36 en una estructura compuesta proporcionan una superficie 16 reflectante, elementos 18 ópticos, y fuente(s) de luz y/o cámara(s) múltiples y/o móviles 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 10 de la presente invención permite que el operario identifique y corrija rápidamente defectos 36 que de otro modo crearían defectos estructurales o inconsistencias que pueden afectar a la integridad de la estructura 22 compuesta. Como tal, se desaprovecha menos material, se invierte menos trabajo en inspección, y se genera menos pausa de las máquinas durante el procedimiento de fabricación; por tanto, se logra una estructura compuesta de menor coste de media.

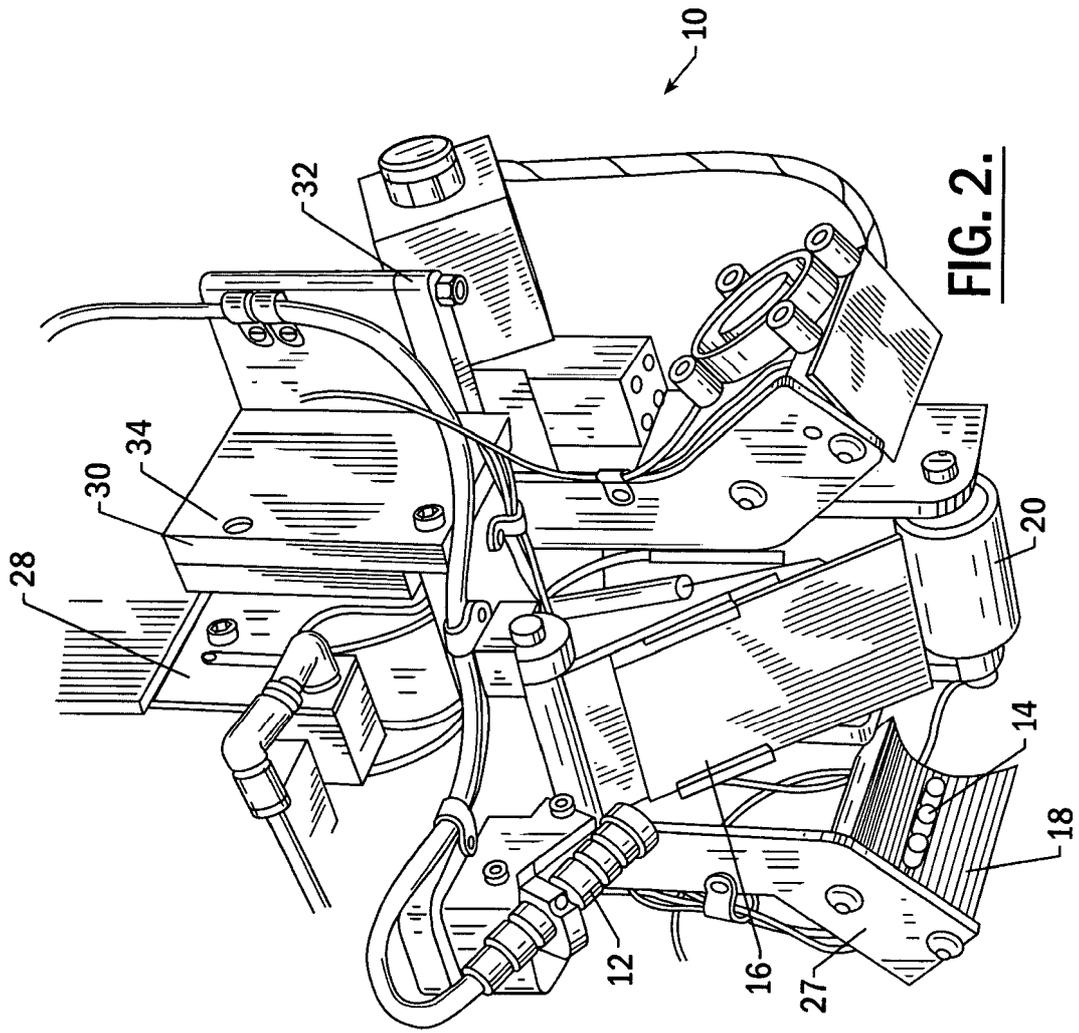
Muchas modificaciones y otras realizaciones de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a la que pertenece esta invención que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por tanto, debe comprenderse que la invención no ha de limitarse a las realizaciones específicas dadas a conocer y que las modificaciones y otras realizaciones están destinadas a incluirse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque se emplean términos específicos en el presente documento, se usan solo de manera genérica y descriptiva y no con fines de limitación.

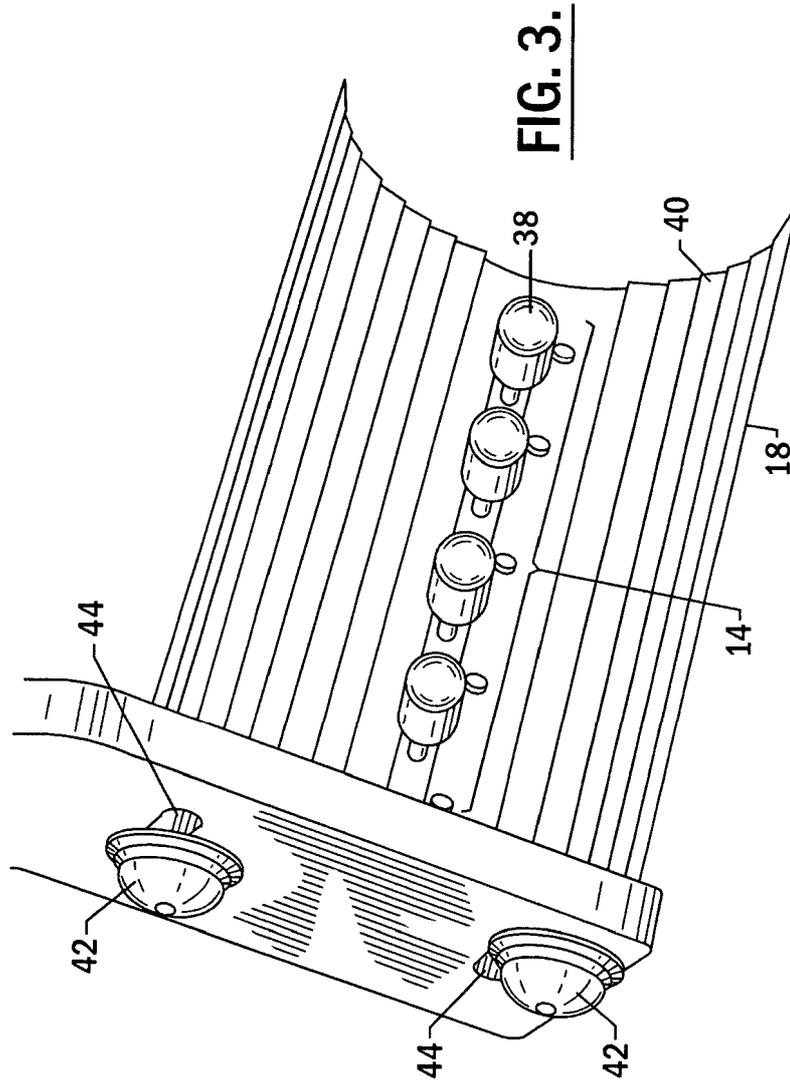
**REIVINDICACIONES**

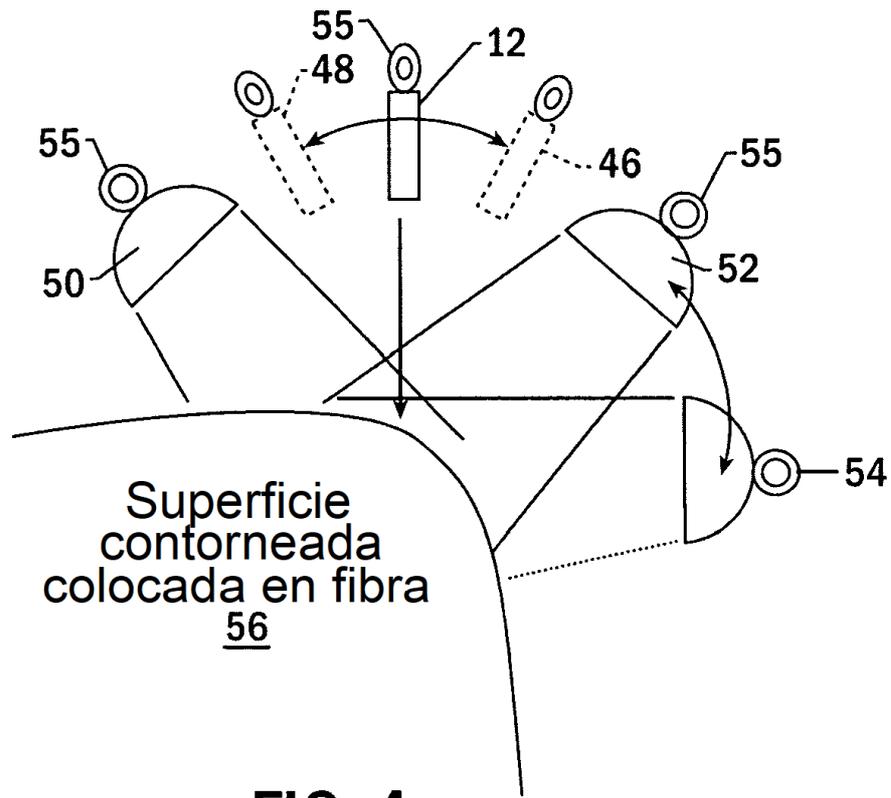
1. Sistema (10) dispuesto para identificar defectos en una estructura (22; 56; 60) compuesta durante la fabricación de la misma, que comprende:
- 5 una fuente (14; 50, 52; 58) de luz colocada con respecto a la estructura (22; 56; 60) compuesta para iluminar la estructura (22; 56; 60) compuesta, en el que luz generada por dicha fuente (14; 50, 52; 58) de luz se refleja de manera diferente en defectos en la estructura (22; 56; 60) compuesta que en partes de la estructura (22; 56; 60) compuesta que no tienen defectos;
- un elemento (18) óptico próximo a dicha fuente (14; 50, 52; 58) de luz configurado para dispersar la luz generada por dicha fuente (14; 50, 52; 58) de luz sobre la estructura (22; 56; 60); y
- 10 una cámara (12) para recibir imágenes de una porción de la estructura (22; 56; 60) compuesta que se ilumina;
- en el que dicho element (18) óptico es curvo al menos parcialmente hacia dicha (14; 50, 52; 58) de luz, caracterizado porque dicho elemento (18) óptico comprende una superficie reflectante que tiene una configuración escalonada,
- y porque dicho elemento (18) óptico se curva al menos parcialmente hacia dicha fuente (14; 50, 52; 58) de luz en una forma parabólica modificada,
- 15 y porque el elemento (18) óptico tiene dicha superficie reflectante que tiene dicha configuración escalonada dispuesta en dicha forma parabólica modificada, para dispersar más uniformemente la luz sobre la estructura (22; 56; 60) compuesta.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho elemento (18) óptico es ajustable en relación con la estructura (22; 56; 60) compuesta, de manera que dicho element (18) óptico dispersa la luz sobre una porción predeterminada de la estructura (22; 56; 60) compuesta a partir de la que dicha cámara (12) recibe imágenes.
- 20 3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además una unidad de cabezal en la que dicha cámara (1), dicha fuente (14; 50, 52; 58) de luz y dicho elemento (18) óptico se montan.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicha cámara (12) es una cámara sensible a infrarrojos.
- 25 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además un dispositivo (62) de marcado para indicar los defectos en la estructura (22; 56; 60) compuesta.
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además un procesador (64) para procesar las imágenes y emitir una respuesta que identifica un defecto basándose en las imágenes.



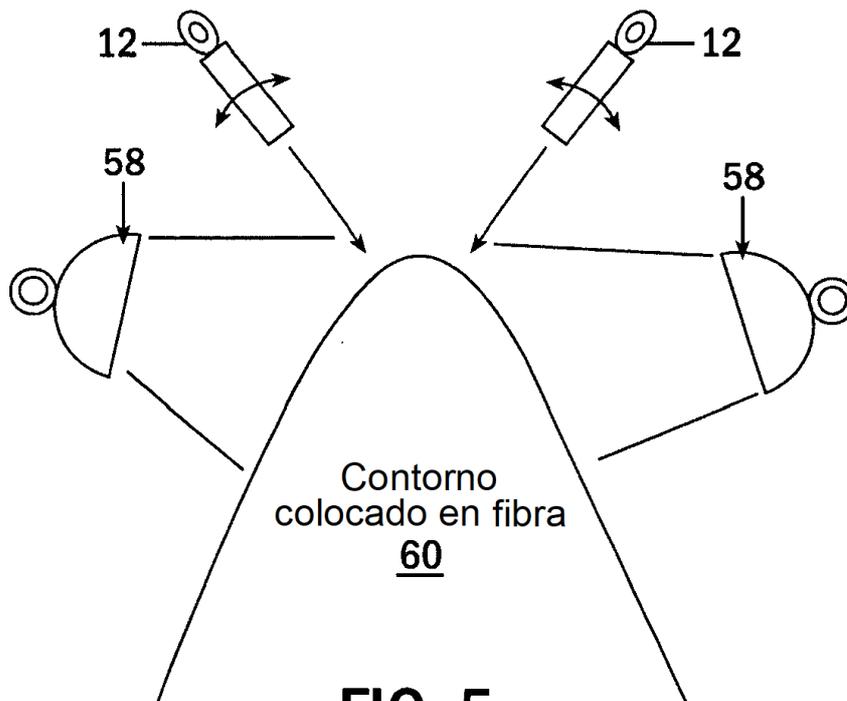
**FIG. 1.**



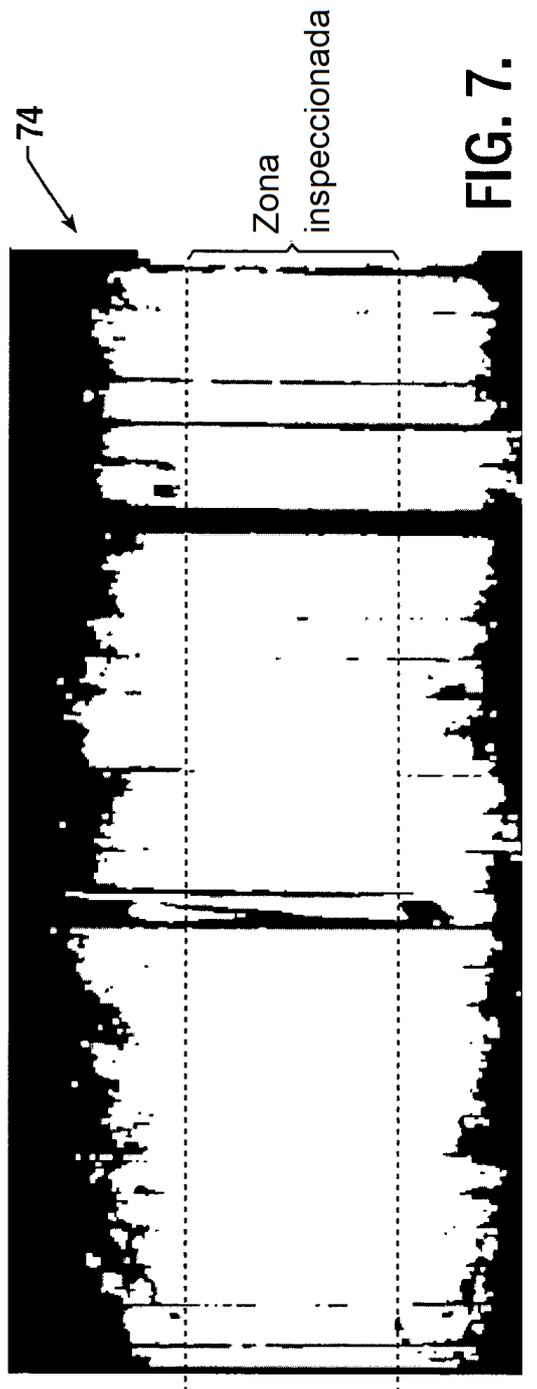
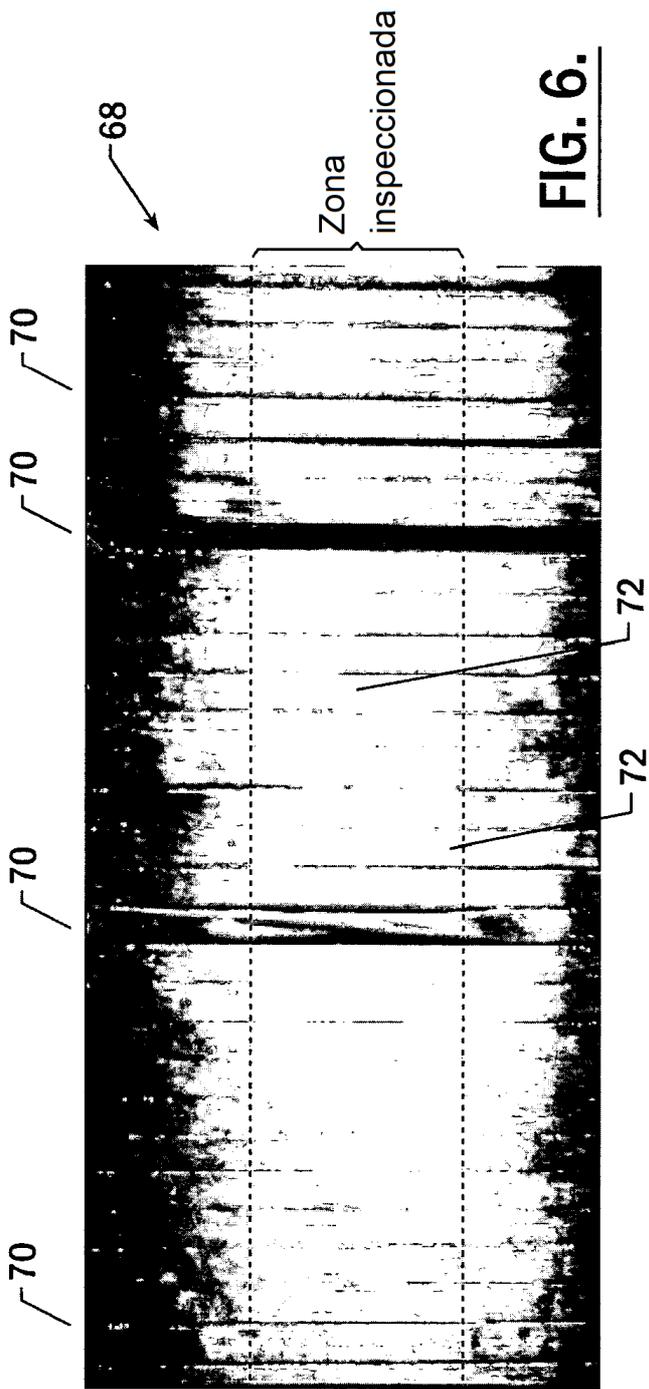




**FIG. 4.**



**FIG. 5.**



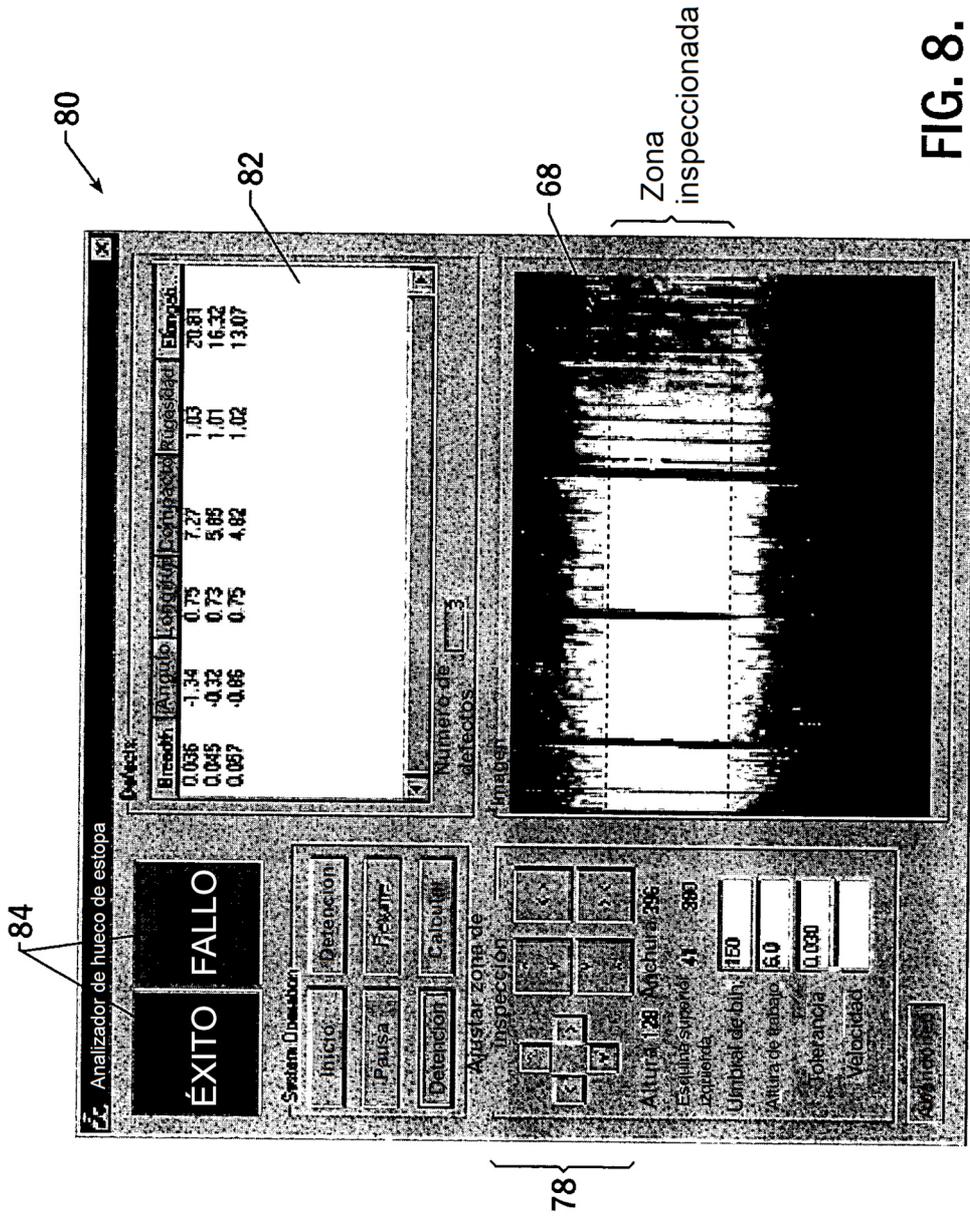


FIG. 8.

