

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 737**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

B29C 70/38 (2006.01)

G01N 21/95 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2013** **E 13196385 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 2749869**

54 Título: **Sistema y método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas**

30 Prioridad:

26.12.2012 US 201213727196

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

25.11.2019

73 Titular/es:

**ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES LTD. (100.0%)
Ben Gurion International Airport
70100 Lod, IL**

72 Inventor/es:

TOLEDANO, ILAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 737 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 y método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere en general a la fabricación de estructuras a partir de materiales compuestos.

Antecedentes de la invención

Se cree que las siguientes publicaciones representan el estado actual de la técnica:

Patentes estadounidenses n^{os} 8.068.659; 7.889.907 y 5.963.660; y

Solicitudes publicadas de patente estadounidense n^{os} 2009/0043533; 2007/0173966; 2007/0034313 y 2004/0031567.

- 10 El documento US 2007/0173966 se refiere a la inspección visual de la colocación de fibras, y da a conocer un método y un sistema para inspeccionar estructuras formadas por materiales compuestos durante la fabricación de las mismas como se define, respectivamente, en el preámbulo de las reivindicaciones independientes adjuntas 1 y 5.

Compendio de la invención

- 15 Según la presente invención, se proporciona un método y un sistema para inspeccionar estructuras formadas por materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según se define, respectivamente, en la reivindicación independiente adjunta 1 y la reivindicación independiente adjunta 5. Las realizaciones de la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas que dependen de la reivindicación independiente 1 adjunta o de la reivindicación independiente 5 adjunta. La presente invención busca proporcionar un sistema y una metodología para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas.

- 20 Así, según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, que incluye: formar imágenes de múltiples capas individuales de una estructura, por lo que se graban las ubicaciones y las orientaciones de las juntas de borde entre las hileras adyacentes de cada capa; caracterizado por: proporcionar un fichero de imágenes tridimensionales de la estructura; y determinar a partir del fichero de imágenes tridimensionales los desplazamientos mutuos en las
25 ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de las juntas de borde de capas diferentes en las múltiples capas individuales.

- Preferiblemente, las capas individuales se extienden cada una en un plano X-Y y se apilan en una dirección Z, perpendicular al plano X-Y de cada una de las capas individuales y los desplazamientos mutuos se pueden determinar comparando la ubicación de cada una de las juntas de borde mutuamente paralelas en el plano X-Y de cada una de
30 las capas individuales con la correspondiente ubicación de una junta de borde que es mutuamente paralela a las mismas en el plano X-Y de otra de las capas individuales.

- Según una realización preferida de la presente invención, las capas individuales son no planarias y los desplazamientos mutuos pueden determinarse comparando la ubicación de cada una de las juntas de borde mutuamente paralelas en cada una de las capas individuales con la correspondiente ubicación de la junta de borde
35 que más se corresponde con ellas en ubicación y orientación en otra de las capas individuales.

Según una realización preferida de la presente invención, la formación de imágenes de múltiples capas individuales de una estructura tiene lugar durante la fabricación de la estructura al menos entre el tendido de cada una de las múltiples capas individuales.

- 40 Así, también se proporciona, según otro aspecto de la presente invención, un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, incluyendo el sistema: un generador de imágenes operativo para obtener imágenes de múltiples capas individuales de una estructura, por lo que se graban las ubicaciones y las orientaciones de las juntas de borde entre las hileras adyacentes de cada capa; caracterizado por: un analizador de desplazamientos operativo para determinar los desplazamientos mutuos en las ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de las juntas de borde de diferentes capas en las múltiples capas individuales; y un
45 generador de ficheros de imágenes operativo para proporcionar un fichero de imágenes tridimensionales de la estructura al analizador de desplazamientos.

- Preferiblemente, las capas individuales se extienden cada una en un plano X-Y y se apilan en una dirección Z, perpendicular al plano X-Y de cada una de las capas individuales y los desplazamientos mutuos se pueden determinar comparando la ubicación de cada una de las juntas de borde mutuamente paralelas en el plano X-Y de cada una de
50 las capas individuales con la correspondiente ubicación de una junta de borde que es mutuamente paralela a las mismas en el plano X-Y de otra de las capas individuales.

Según una realización preferida de la presente invención, las capas individuales son no planarias y los desplazamientos mutuos pueden determinarse comparando la ubicación de cada una de las juntas de borde mutuamente paralelas en cada una de las capas individuales con la correspondiente ubicación de la junta de borde que más se corresponde con ellas en ubicación y orientación en otra de las capas individuales.

- 5 Según una realización preferida de la presente invención, el generador de imágenes es operativo para obtener imágenes de las múltiples capas individuales durante la fabricación de la estructura al menos entre el tendido de cada una de las múltiples capas individuales.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La presente invención se entenderá y apreciará más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos, en los que:

la Figura 1 es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según una realización preferida de la presente invención;

- 15 la Figura 2 es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según otra realización preferida de la presente invención;

la Figura 3 es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según otra realización preferida adicional de la presente invención;

- 20 la Figura 4 es una ilustración simplificada de una salida del sistema de cualquiera de las Figuras 1-3 que muestra las capas en una orientación generalmente planaria; y

la Figura 5 es una ilustración simplificada de una salida del sistema de cualquiera de las Figuras 1-3 que muestra las capas en una orientación generalmente no planaria.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

- 25 Ahora se hace referencia a la Figura 1, que es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según una realización preferida de la presente invención.

- 30 En la realización de la Figura 1, el sistema de la presente invención está construido y es operativo dentro del contexto de una máquina 100 Cincinnati CHARGER de colchado de cinta (CTL), disponible comercialmente en Cincinnati Machine LLC, de Hebron, Kentucky, EE. UU., que incluye preferiblemente un cabezal V5 102. Se aprecia que el sistema de la presente invención es aplicable a cualquier entorno adecuado de máquina de tendido de cintas o de colocación de fibra.

- 35 Según una disposición preferida, en el cabezal 102 se montan múltiples iluminadores 104, preferiblemente iluminadores de iluminación de visión artificial Nerlite®, tales como iluminadores de campo oscuro, iluminadores DOAL® (luz difusa en el eje), o iluminadores de cúpula, disponibles comercialmente de Microscan Systems, Inc., 700 SW 39th St., Renton, Washington 98057. Preferiblemente, en el cabezal 102 también se montan múltiples cámaras 106, como las cámaras del sistema de visión In-Sight Micro Series, disponibles comercialmente en Cognex Corporation, One Vision Drive, Natick, Massachusetts 01760, para ver en tiempo real o casi en tiempo real múltiples hileras adyacentes 108 de cintas tendidas de una estructura compuesta 110, con lo que se obtienen imágenes de 40 múltiples capas individuales 112 de la estructura compuesta, por lo que se graban preferiblemente las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 114 de borde entre las hileras adyacentes 108 de cada capa. Las juntas 114 de borde pueden ser juntas a tope, en las que los bordes de las hileras adyacentes 108 se tocan entre sí, juntas abiertas, en las que los bordes de las hileras adyacentes 108 están separados entre sí por una separación S, o juntas superpuestas, en las que los bordes de las hileras adyacentes 108 se superponen entre sí.

- 45 Las salidas de las cámaras 106 se suministran a uno o más ordenadores 120 que proporcionan un fichero de imágenes tridimensionales de la estructura compuesta. Este fichero de imágenes tridimensionales permite determinar desplazamientos mutuos en las ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de las juntas 114 de borde en múltiples capas individuales 112. Una o más pantallas 122 muestran una vista deseada de la estructura compuesta, lo que permite a un operario ver en tiempo real o casi en tiempo real las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 50 114 de borde entre las hileras adyacentes 108 de cada capa a medida que las hileras 108 son tendidas en la estructura compuesta.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 1, todas las hileras 108 en tres capas ilustradas 112 son mutuamente paralelas y se definen juntas abiertas 130 entre las hileras paralelas adyacentes 108 en cada capa 112. Normalmente, en la industria aeronáutica existen requisitos en cuanto al grado de separación entre hileras adyacentes 108. En el ejemplo

ilustrado, los requisitos para las juntas abiertas 130 son que las hileras paralelas adyacentes 108 estén separadas por una distancia de entre 0 y 2,54 mm. Las superposiciones de hileras adyacentes y las separaciones entre las hileras adyacentes de más de 2,54 mm se consideran defectos y son detectadas por el sistema y la metodología de la presente invención.

- 5 Otra característica importante en la construcción de estructuras compuestas es el desplazamiento entre las juntas abiertas 130 de las capas paralelas 112, incluso cuando esas capas no están adyacentes entre sí en la estructura compuesta. En el ejemplo ilustrado, el desplazamiento entre las juntas abiertas 130 de las capas paralelas 112 debe ser de al menos 12,7 mm. Los desplazamientos entre juntas abiertas 130 de capas paralelas 112 de menos de 12,7 mm se consideran defectos y son detectados por el sistema y la metodología de la presente invención.
- 10 En el contexto del ejemplo ilustrado, se muestran tres capas 112, incluyendo cada una cinco hileras adyacentes 108. La separación entre las hileras adyacentes 108 en cada junta abierta 130 se designa como S y el desplazamiento entre las juntas abiertas 130 de las capas paralelas 112 se designa como O. Se aprecia que el desplazamiento entre las juntas abiertas 130 es normalmente equivalente al desplazamiento entre las juntas de borde entre hileras adyacentes.
- 15 Según una disposición preferida, el ordenador 120 proporciona automáticamente una indicación de salida cuando al menos un desplazamiento mutuo de las juntas de borde es menor que un desplazamiento mínimo predeterminado.

Ahora se hace referencia a la Figura 2, que es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según otra realización preferida de la presente invención.

- 20 En la realización de la Figura 2, el sistema de la presente invención está construido y es operativo dentro del contexto de una máquina 200 Cincinnati CHARGER de colchado de cinta (CTL), disponible comercialmente en Cincinnati Machine LLC, de Hebron, Kentucky, EE. UU., que incluye preferiblemente un cabezal V5 202. Se aprecia que el sistema de la presente invención es aplicable a cualquier entorno adecuado de máquina de tendido de cintas o de colocación de fibra.
- 25 Según un arreglo preferido, en la máquina CTL 200 se montan múltiples iluminadores 204, preferiblemente iluminadores de iluminación de visión artificial Nerlite®, tales como iluminadores de campo oscuro, iluminadores DOAL® (luz difusa en el eje), o iluminadores de cúpula, disponibles comercialmente de Microscan Systems, Inc., 700 SW 39th St., Renton, Washington 98057. Preferiblemente, en la parte superior la máquina CTL 200, preferiblemente en el techo, se montan múltiples cámaras 206, como las cámaras del sistema de visión In-Sight Micro Series,
- 30 disponibles comercialmente en Cognex Corporation, One Vision Drive, Natick, Massachusetts 01760, para ver en tiempo real o casi en tiempo real múltiples hileras adyacentes 208 de cintas tendidas de una estructura compuesta 210, con lo que se obtienen imágenes de múltiples capas individuales 212 de la estructura compuesta, por lo que se graban preferiblemente las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 214 de borde entre las hileras adyacentes 208 de cada capa.
- 35 Las salidas de las cámaras 206 se suministran a uno o más ordenadores 220 que proporcionan un fichero de imágenes tridimensionales de la estructura compuesta. Se aprecia que mientras que en la realización de la Figura 1, en cualquier momento solo se ve una región relativamente pequeña de la estructura compuesta 210, en la realización de la Figura 2, se ve casi toda la estructura compuesta 210.
- Este fichero de imágenes tridimensionales permite determinar desplazamientos mutuos en las ubicaciones de juntas mutuamente paralelas de las juntas 214 de borde en múltiples capas individuales 212. Una o más pantallas 222 muestran una vista deseada de la estructura compuesta, lo que permite a un operario ver en tiempo real o casi en tiempo real, las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 214 de borde entre las hileras contiguas 208 de cada capa a medida que las hileras 208 son tendidas en la estructura compuesta.
- 40 En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, todas las hileras 208 en las tres capas ilustradas 212 son mutuamente paralelas y se definen juntas abiertas 230 entre las hileras paralelas adyacentes 208 en cada capa 212. Normalmente, en la industria aeronáutica existen requisitos en cuanto al grado de separación entre hileras adyacentes 208. En el ejemplo ilustrado, los requisitos para las juntas abiertas 230 son que las hileras paralelas adyacentes 208 estén separadas por una distancia de entre 0 y 2,54 mm. Las superposiciones de hileras adyacentes y las separaciones entre las hileras adyacentes de más de 2,54 mm se consideran defectos y son detectadas por el sistema y la metodología de la
- 50 presente invención.
- Otra característica importante en la construcción de estructuras compuestas es el desplazamiento entre las juntas abiertas 230 de las capas paralelas 212, incluso cuando esas capas no están adyacentes entre sí en la estructura compuesta. En el ejemplo ilustrado, la separación entre las juntas abiertas 230 de las capas paralelas 212 debe ser de al menos 12,7 mm. Los desplazamientos entre juntas abiertas 230 de capas paralelas 212 de menos de 12,7 mm se consideran defectos y son detectados por el sistema y la metodología de la presente invención.
- 55

En el contexto del ejemplo ilustrado, se muestran tres capas 212, incluyendo cada una cinco hileras 208 adyacentes. La separación entre las hileras adyacentes 208 en cada junta abierta 230 se designa como S y el desplazamiento

entre las juntas abiertas de capas paralelas se designa como O. Se aprecia que el desplazamiento entre las juntas abiertas es normalmente equivalente al desplazamiento entre las juntas de borde entre las hileras adyacentes.

Según una disposición preferida, el ordenador 220 proporciona automáticamente una indicación de salida cuando al menos un desplazamiento mutuo de las juntas de borde es menor que un desplazamiento mínimo predeterminado.

- 5 Ahora se hace referencia a la Figura 3, que es una ilustración simplificada de un sistema para inspeccionar estructuras formadas por materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, construido y operativo según otra realización preferida más de la presente invención.

10 En la realización de la Figura 3, el sistema de la presente invención se muestra junto con una máquina 300 Cincinnati CHARGER de colchado de cinta (CTL), disponible comercialmente en Cincinnati Machine LLC, de Hebron, Kentucky, EE. UU., que incluye preferiblemente un cabezal V5 302. En esta realización, el funcionamiento del sistema de la presente invención es generalmente independiente del funcionamiento de la máquina CTL 300, excepto en la medida en que el pórtico 303 de la máquina CTL debe estar apartado y estacionario durante la operación de formación de imágenes del sistema de la presente invención. Se aprecia que el sistema de la presente invención es útil con cualquier entorno adecuado de máquina de tendido de cintas o de colocación de fibra.

15 Según una disposición preferida, en un pórtico 305 para fines específicos se montan múltiples iluminadores 304, preferiblemente iluminadores de iluminación de visión artificial Nerlite®, tales como iluminadores de campo oscuro, iluminadores DOAL® (luz difusa en el eje), o iluminadores de cúpula, disponibles comercialmente de Microscan Systems, Inc., 700 SW 39th St., Renton, Washington 98057. Preferiblemente, en el pórtico 305 también se montan múltiples cámaras 306, como las cámaras del sistema de visión In-Sight Micro Series, disponibles comercialmente en Cognex Corporation, One Vision Drive, Natick, Massachusetts 01760, para ver en tiempo real o casi en tiempo real múltiples hileras adyacentes 308 de cintas tendidas de una estructura compuesta 310, preferiblemente después de que se tienda cada capa 312, formando así imágenes de múltiples capas individuales 312 de la estructura compuesta, por lo que se graban preferiblemente las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 314 de borde entre las hileras adyacentes 308 de cada capa.

25 Las salidas de las cámaras 306 se suministran a uno o más ordenadores 320 que proporcionan un fichero de imágenes tridimensionales de la estructura compuesta. Este fichero de imágenes tridimensionales permite determinar desplazamientos mutuos en las ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de las juntas 314 de borde en múltiples capas individuales 312. Una o más pantallas 322 muestran una vista deseada de la estructura compuesta, lo que permite a un operario ver en tiempo real o casi en tiempo real las ubicaciones y las orientaciones de las juntas 314 de borde entre las hileras adyacentes 308 de cada capa a medida que las hileras 308 son tendidas en la estructura compuesta.

35 En el ejemplo ilustrado en la Figura 3, todas las hileras 308 en tres capas ilustradas 312 son mutuamente paralelas y se definen juntas abiertas 330 entre las hileras paralelas adyacentes 308 en cada capa 312. Normalmente, en la industria aeronáutica existen requisitos en cuanto al grado de separación entre hileras adyacentes 308. En el ejemplo ilustrado, los requisitos para las juntas abiertas 330 son que las hileras paralelas adyacentes 308 estén separadas por una distancia de entre 0 y 2,54 mm. Las superposiciones de hileras adyacentes y las separaciones entre las hileras adyacentes de más de 2,54 mm se consideran defectos y son detectadas por el sistema y la metodología de la presente invención.

40 Otra característica importante en la construcción de estructuras compuestas es el desplazamiento entre las juntas abiertas 330 de las capas paralelas 312, incluso cuando esas capas no están adyacentes entre sí en la estructura compuesta. En el ejemplo ilustrado, el desplazamiento entre las juntas abiertas 330 de las capas paralelas 312 debe ser de al menos 12,7 mm. Los desplazamientos entre juntas abiertas 330 de capas paralelas 312 de menos de 12,7 mm se consideran defectos y son detectados por el sistema y la metodología de la presente invención.

45 En el contexto del ejemplo ilustrado, se muestran tres capas 312, incluyendo cada una cinco hileras adyacentes 308. La separación entre las hileras adyacentes 308 en cada junta abierta 330 se designa como S y el desplazamiento entre las juntas abiertas de las capas paralelas se designa como O. Se aprecia que el desplazamiento entre las juntas abiertas es normalmente equivalente al desplazamiento entre las juntas de borde entre hileras adyacentes.

Según una disposición preferida, el ordenador 320 proporciona automáticamente una indicación de salida cuando al menos un desplazamiento mutuo de las juntas de borde es menor que un desplazamiento mínimo predeterminado.

50 Ahora se hace referencia a la Figura 4, que es una ilustración simplificada de una salida del sistema de cualquiera de las Figuras 1-3 que muestra las capas en una orientación generalmente planaria. En el ejemplo que se muestra en la Figura 4, las hileras que forman las capas 1, 3, 5 y 8 son mutuamente paralelas; las hileras que componen las capas 2 y 7 son mutuamente paralelas, pero están inclinadas en relación con las hileras que componen las capas 1, 3, 5 y 8, y las hileras que componen las capas 4 y 6 no son paralelas a las hileras de ninguna de las otras capas en el artículo compuesto ilustrado.

La Figura 4 ilustra, en A, un corte en sección transversal tomado de un mapa tridimensional producido automáticamente por el sistema de la presente invención que muestra claramente y pone de relieve tanto la

separación, designada S, entre hileras adyacentes 408 en cada junta abierta 430 en las capas mutuamente paralelas 1, 3, 5 y 8, y el desplazamiento, designado O, entre las juntas abiertas 430 de las capas mutuamente paralelas 1, 3, 5 y 8.

5 La Figura 4 ilustra, en B, un corte en sección transversal tomado de un mapa tridimensional producido automáticamente por el sistema de la presente invención que muestra claramente y pone de relieve tanto la separación, designada S, entre hileras adyacentes 408 en cada junta abierta 430 en las capas mutuamente paralelas 2 y 7, y el desplazamiento, designado O, entre las juntas abiertas 430 de las capas mutuamente paralelas 2 y 7.

10 Ahora se hace referencia a la Figura 5, que es una ilustración simplificada de una salida del sistema de cualquiera de las Figuras 1-3 que muestra las capas en una orientación generalmente no planaria. En el ejemplo que se muestra en la Figura 5, las hileras 508 que forman las capas 1, 3, 5 y 8 son mutuamente paralelas; las hileras que componen las capas 2 y 7 son mutuamente paralelas, pero están inclinados en relación con las hileras que componen las capas 1, 3, 5 y 8, y las hileras que componen las capas 4 y 6 no son paralelas a las hileras de ninguno de las otras capas en el artículo compuesto ilustrado.

15 La Figura 5 ilustra, en A, un corte en sección transversal tomado de un mapa tridimensional producido automáticamente por el sistema de la presente invención que muestra claramente y pone de relieve tanto la separación, designada S, entre hileras adyacentes 508 en cada junta abierta 530 en las capas mutuamente paralelas 1, 3, 5 y 8, y el desplazamiento, designada O, entre las juntas abiertas 530 de las capas mutuamente paralelas 1, 3, 5 y 8.

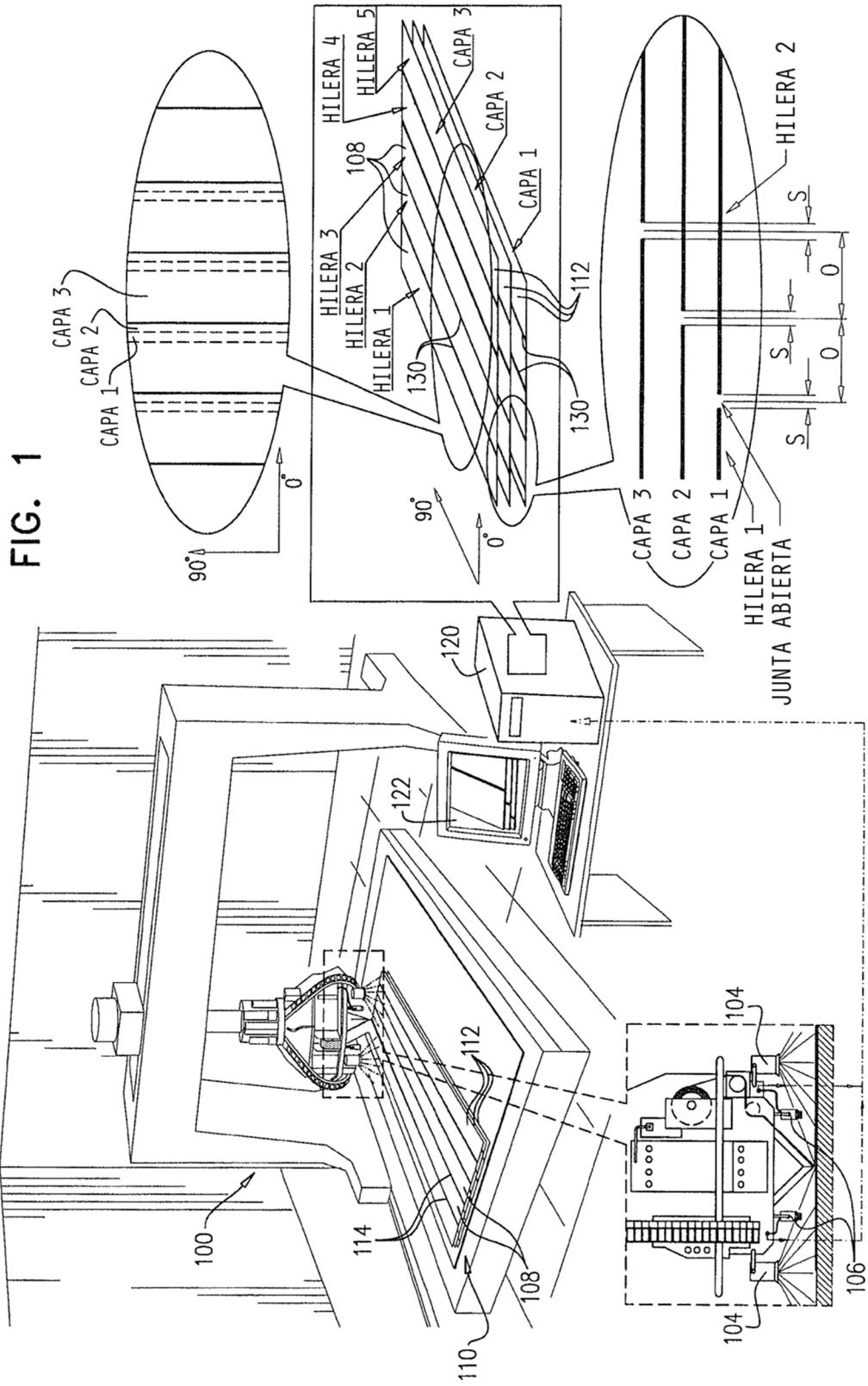
20 La Figura 5 ilustra, en B, un corte en sección transversal tomado de un mapa tridimensional producido automáticamente por el sistema de la presente invención que muestra claramente y pone de relieve tanto la separación, designada S, entre hileras adyacentes 508 en cada junta abierta 530 en capas mutuamente paralelas 2 y 7, y el desplazamiento, designado O, entre las juntas abiertas 530 de las capas mutuamente paralelas 2 y 7.

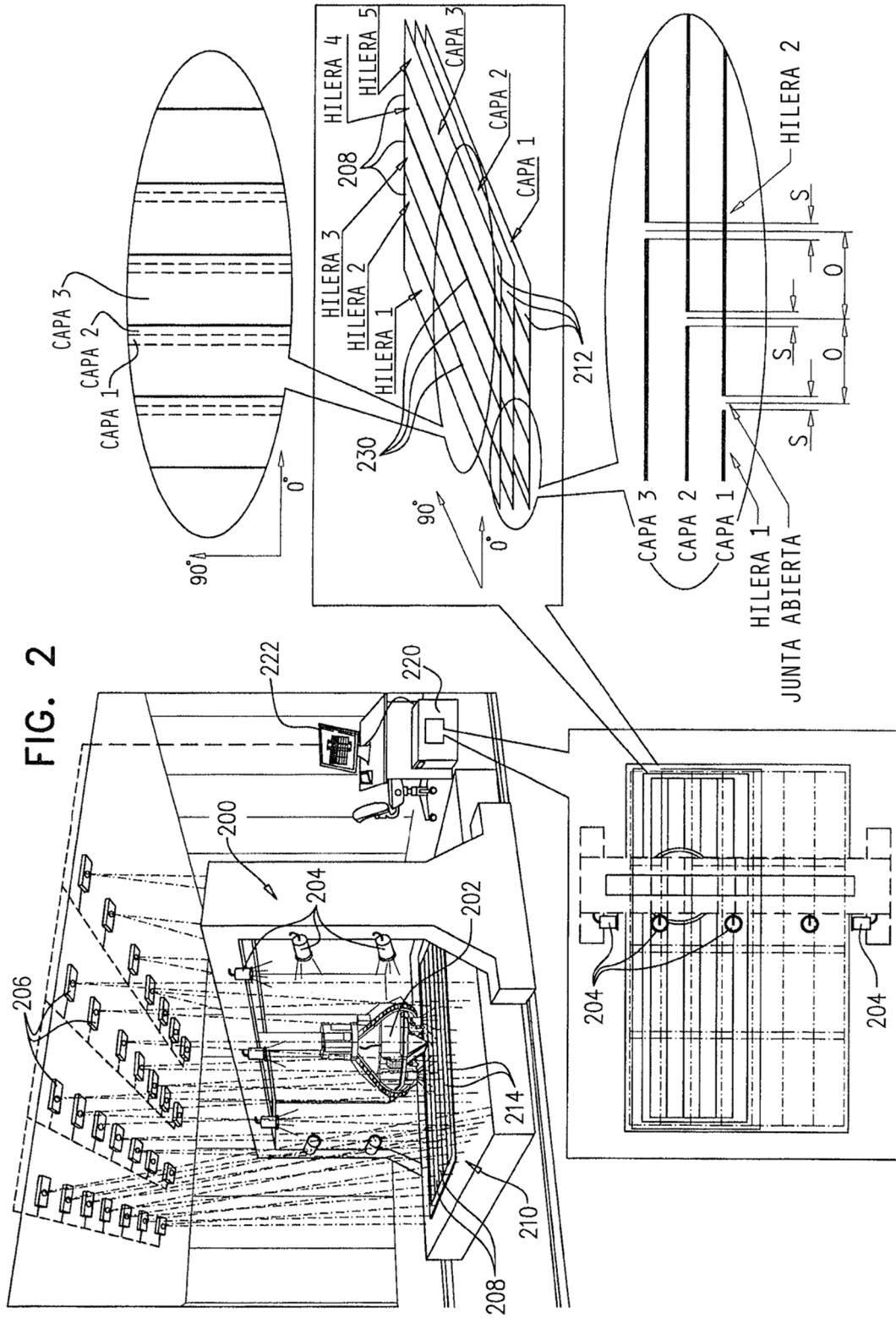
REIVINDICACIONES

1. Un método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, comprendiendo el método:
- 5 formar imágenes de múltiples capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) de una estructura, por lo que se graban las ubicaciones y las orientaciones de las juntas (430; 530) de borde entre las hileras adyacentes (408; 508) de cada capa;
- caracterizado por:
- proporcionar un fichero de imágenes tridimensionales de dicha estructura; y
- 10 determinar a partir del fichero de imágenes tridimensionales desplazamientos mutuos (O) en las ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de dichas juntas de borde de capas diferentes en dichas múltiples capas individuales.
2. Un método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 1 y en el que:
- dichas capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) se extienden cada una en un plano X-Y y se apilan en una dirección Z, perpendicular al plano X-Y de cada una de dichas capas individuales; y
- 15 dichos desplazamientos mutuos (O) se determinan comparando la ubicación de cada una de dichas juntas (430) de borde mutuamente paralelas en el plano X-Y de cada una de dichas capas individuales con la correspondiente ubicación de una junta de borde que es mutuamente paralela a las mismas en el plano X-Y de otra de dichas capas individuales.
3. Un método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 1 y en el que:
- 20 dichas capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) son no planarias; y
- dichos desplazamientos mutuos (O) se determinan comparando la ubicación de cada una de dichas juntas (530) de borde mutuamente paralelas en cada una de dichas capas individuales con la correspondiente ubicación de la junta de borde que más se corresponde con ellas en ubicación y orientación en otra de dichas capas individuales.
- 25 4. Un método para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 1 y en el que dicha formación de imágenes de múltiples capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) de una estructura tiene lugar durante la fabricación de dicha estructura al menos entre el tendido de cada una de dichas múltiples capas individuales.
5. Un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas, comprendiendo el sistema:
- 30 un generador (106; 206; 306) de imágenes operativo para obtener imágenes de múltiples capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) de una estructura, por lo que se graban las ubicaciones y las orientaciones de las juntas (430,530) de borde entre las hileras adyacentes de cada capa;
- caracterizado por:
- 35 un analizador de desplazamientos operativo para determinar desplazamientos mutuos en las ubicaciones de las juntas mutuamente paralelas de dichas juntas de borde de diferentes capas en dichas múltiples capas individuales; y
- un generador de ficheros de imágenes operativo para proporcionar un fichero de imágenes tridimensionales de dicha estructura a dicho analizador de desplazamientos.
- 40 6. Un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 5 y en el que:
- dichas capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) se extienden cada una en un plano X-Y y se apilan en una dirección Z, perpendicular al plano X-Y de cada una de dichas capas individuales; y
- dichos desplazamientos mutuos (430) se determinan comparando la ubicación de cada una de dichas juntas de borde mutuamente paralelas en el plano X-Y de cada una de dichas capas individuales con la correspondiente ubicación de una junta de borde que es mutuamente paralela a las mismas en el plano X-Y de otra de dichas capas individuales.
- 45 7. Un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 5 y en el que:
- dichas capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) son no planarias; y

dichos desplazamientos mutuos se determinan comparando la ubicación de cada una de dichas juntas (530) de borde mutuamente paralelas en cada una de dichas capas individuales con la correspondiente ubicación de la junta de borde que más se corresponde con ellas en ubicación y orientación en otra de dichas capas individuales.

- 5 8. Un sistema para inspeccionar estructuras formadas de materiales compuestos durante la fabricación de las mismas según la reivindicación 5 y en el que dicho generador (106; 206; 306) de imágenes es operativo para obtener imágenes de dichas múltiples capas individuales (1,2,3,4,5,6,7,8) durante la fabricación de dicha estructura al menos entre el tendido de cada una de dichas múltiples capas individuales.





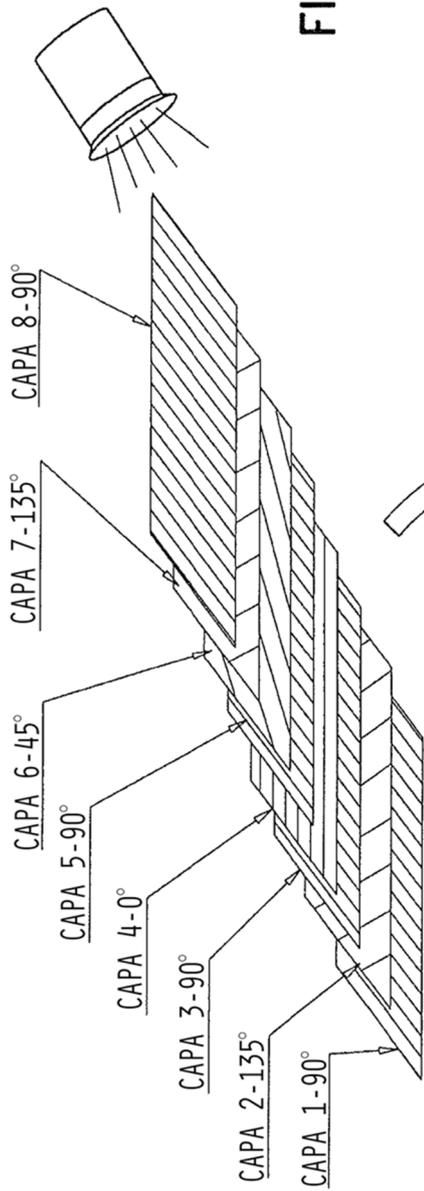
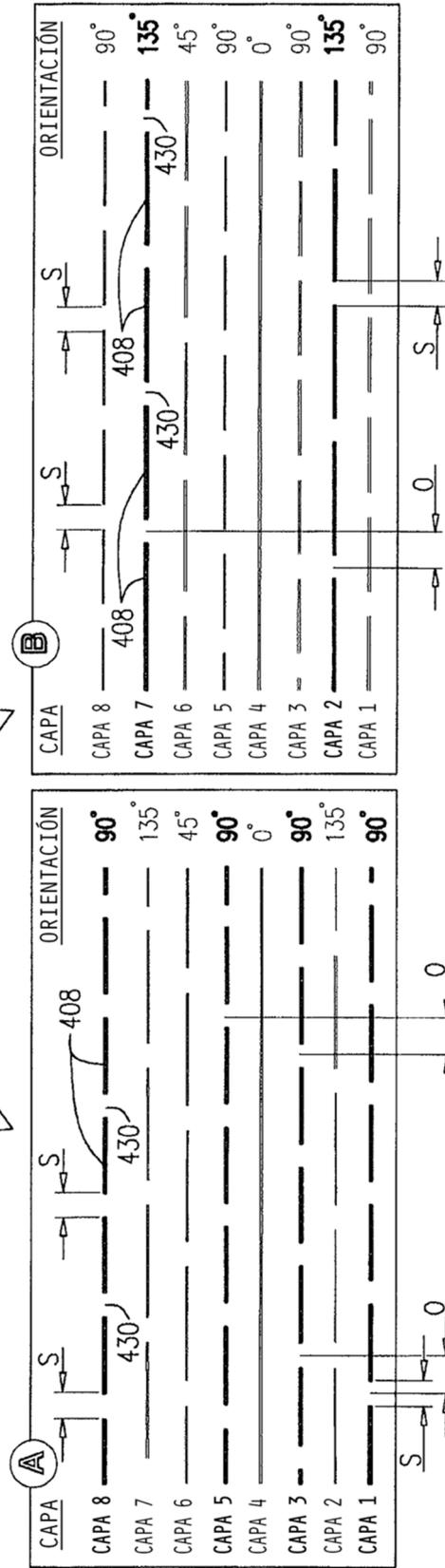


FIG. 4



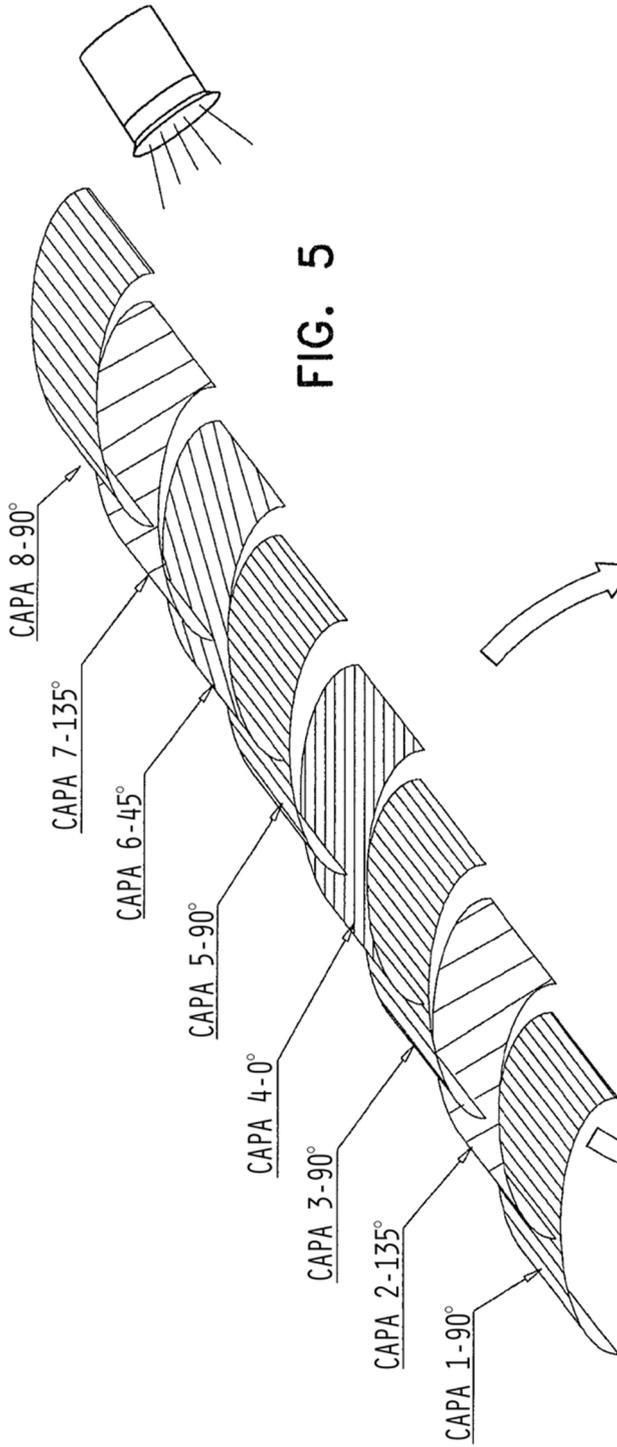


FIG. 5

