

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 499**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2016** **E 16305482 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021** **EP 3239927**

54 Título: **Método de inspección de la integridad de un ensamble utilizando el rango activo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2021

73 Titular/es:

ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR

72 Inventor/es:

JURDECZKA, UWE

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 877 499 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

Método de inspección de la integridad de un ensamble utilizando el rango activo

5 La presente invención se refiere al campo de la inspección de la integridad del ensamblaje de grandes estructuras ensambladas, tales como carrocerías de vehículos ferroviarios. El artículo " Flexible modellbasierte Montageprüfung " publicado por el Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF en Magdeburg, descargable en <http://www.iff.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/messtechnik-prueftechnik/montagepruefung-modellbasiert.html>, describe un método conocido de inspección de integridad del ensamblaje. En este método, una cámara digital toma
10 una gran cantidad de fotografías de diferentes secciones de un ensamblaje terminado. Luego, cada imagen grabada se compara con una imagen sintética de cómo debería verse la sección respectiva del ensamblaje. La imagen sintética se obtiene a partir de los datos CAD que representan el ensamblaje. Así, se pueden detectar elementos del conjunto que no se hayan montado correctamente o incluso que estén faltantes.

15 El uso de este método conocido para inspeccionar grandes estructuras ensambladas, tales como carrocerías de vehículos ferroviarios, requiere mucho tiempo. De hecho, en tal caso, la cámara digital debe moverse por toda la estructura para tomar una gran cantidad de fotografías de pequeñas secciones de la estructura.

20 Además, este método conocido implica proyectar un patrón de tiras sobre las secciones de la estructura que se van a representar. El reflejo exacto del patrón de la tira es importante para obtener una imagen de alta calidad. En consecuencia, este método no se adapta bien a las estructuras de acero porque tales patrones de bandas no se reflejan bien en el acero.

25 Además, los documentos de patente US2012/290243 y US2013/266225 divulgan enfoques para la inspección automatizada de estructuras ensambladas y superficies de neumáticos, respectivamente. Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de inspección de la integridad del ensamblaje que permita una inspección rápida de grandes estructuras ensambladas. El método también debe permitir una inspección precisa de las estructuras de acero. Además de eso, el método debe poder hacer frente a las tolerancias de ensamble.

30 Según la invención, estos objetivos se consiguen con un método según la reivindicación 1.

Al utilizar un escáner de rango activo que escanea toda la estructura ensamblada, el proceso de inspección es mucho más rápido. De hecho, un escáner de rango activo como un escáner LIDAR puede escanear toda la
35 estructura con un rayo láser desde algunas posiciones diferentes. No es necesario mover una cámara por la estructura para tomar numerosas fotografías. Los rangos, como LIDAR, también son adecuados para la inspección de superficies de acero.

40 Al subdividir la imagen 3D y el modelo 3D, se pueden cancelar las posibles compensaciones entre la imagen 3D y el modelo 3D que se deben a las tolerancias de ensamble.

Según realizaciones preferidas, el método inventivo incluye características como se especifica en las reivindicaciones 2 a 7.

45 La invención se describirá ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 ilustra la etapa de escaneo según la invención;
La Figura 2 muestra la nube de puntos resultante del escaneo y el modelo 3D correspondiente;
La Figura 3 muestra el ajuste aproximado de la imagen 3D y el modelo 3D;
La Figura 4 muestra el ajuste fino de las áreas de comparación y la identificación de las partes montadas
50 faltantes; y
La Figura 5 muestra cómo se pueden resaltar las partes montadas que se han identificado como faltantes.

Para ensamblar una estructura grande, como la carrocería de un vehículo ferroviario, se deben montar muchas partes de montaje en la posición correcta en la carrocería. Normalmente, el número de partes de montaje es del
55 orden de 300. Debido a la gran cantidad de partes de montaje, pueden producirse errores durante el proceso de montaje, lo que significa que algunas partes de montaje están fuera de lugar o incluso faltantes de la carrocería ensamblada.

60 Por lo tanto, es importante inspeccionar la carrocería ensamblada para asegurarse de que esté completa, es decir, que estén presentes todas las partes de montaje deseadas.

La presente invención se refiere a un método que permite una inspección completa, rápida, automatizada y fiable de una estructura ensamblada tan grande. Este método se describirá ahora en detalle.

65 Con referencia a la Figura 1, se muestra una carrocería ensamblada 2 de un vehículo ferroviario. Esta carrocería 2 incluye una cubierta de carrocería 4 y partes montadas 6. La cubierta de carrocería 4 es la estructura de soporte

básica de la carrocería 2 y tiene una forma generalmente paralelepípedica. Las partes montadas 6 varían en tamaño desde varios metros cuadrados hasta varios centímetros cuadrados. Una parte montada 6 puede ser, por ejemplo, una orejeta, un soporte o una nervadura. Las partes montadas 6 están todas dispuestas en el interior de la carrocería.

5 Según la invención, se escanea toda la carrocería 2 con un escáner de rango activo 8. Preferiblemente, el escáner de rango activo es un escáner de detección y rango de luz (LIDAR) tal como un escáner láser terrestre. El escáner 8 puede explorar todo su entorno girando un cabezal de escáner 10 alrededor de un eje vertical y un eje horizontal como se indica mediante las flechas.

10 El escáner 8 se coloca en el interior de la cubierta de carrocería 4 y explora todo el interior de la carrocería. Si no se puede escanear todo el interior de la carrocería desde una única posición, el escáner 8 se mueve a una pluralidad de posiciones diferentes dentro de la cubierta de carrocería 4 para obtener una pluralidad de escaneos parciales. Durante el escaneo, el escáner 8 mide su distancia a una multitud de puntos en la superficie interior de la carrocería. El escáner 8 tiene una resolución E (véase la Figura 2), que es la distancia entre dos puntos de medición en la superficie escaneada. Ventajosamente, la resolución E es menor de 5 mm y preferiblemente igual a 2 mm.

15 El resultado del escaneo es una nube de puntos 100 como se muestra en la Figura 2, que forma una imagen tridimensional o 3D de toda la carrocería. Si el interior de la carrocería se escaneó desde varias posiciones, los escaneos parciales correspondientes se combinan en una única nube de puntos consolidada 100. La nube de puntos 100 incluye conjuntos de puntos 102, que representan las partes montadas 6 de la carrocería 2.

20 Opcionalmente, la imagen 3D obtenida se puede editar eliminando elementos en la imagen 3D que representan el entorno de la estructura ensamblada, adelgazando dicha nube de puntos eliminando puntos redundantes, reduciendo así el espacio de almacenamiento necesario para la imagen 3D y/o convirtiendo el punto. nube en un modelo de malla 3D.

25 El método inventivo también implica la generación de un modelo 200 en 3D de cómo debería verse el interior de la carrocería ensamblada. Este modelo 200 sintético en 3D se obtiene a partir de datos CAD (Diseño asistido por computadora) que modelan la carrocería ensamblada. El modelo 3D 200 incluye formas geométricas 202, 203 que representan las partes de montaje deseadas que deberían estar presentes en la carrocería 2.

30 La Figura 3 muestra la siguiente etapa de ajuste aproximado de la imagen 100 3D completa al modelo 3D 200 completo. Esto significa que toda la nube de puntos 100 se mueve en relación con todo el modelo 3D 200 hasta que su forma coincida tanto como sea posible con la forma del modelo 3D 200.

35 Debido a las tolerancias de ensamble, las dimensiones de la imagen 3D y las posiciones de los conjuntos de puntos 102 en la misma en general no coincidirán exactamente con las dimensiones del modelo 3D 200 y las posiciones de las correspondientes formas geométricas 202. Por ejemplo, la longitud de la carrocería ensamblada 2 puede diferir hasta 14 mm de la longitud del modelo 3D, lo que lleva a un desplazamiento correspondiente entre la imagen 3D y el modelo 3D. Asimismo, las posiciones de las partes montadas 6 a menudo se desvían algo de las posiciones ideales en el modelo 3D. Por lo tanto, no se puede comparar directamente la imagen 3D completa con el modelo 3D completo para identificar las partes de montaje potencialmente faltantes.

40 Según la invención, para solucionar este problema de desplazamiento, la imagen 3D se subdivide en una pluralidad de áreas de comparación de imágenes y el modelo 3D se subdivide en una pluralidad de áreas de comparación de modelos correspondientes. El área de forma cuadrada en la Figura 3 identificada por las cruces representa una de tales áreas de comparación de imágenes 104 en la parte superior de una correspondiente área de comparación de modelos 204.

45 Más precisamente, la primera subdivisión de dicha imagen 3D en áreas de comparación de imágenes 104 y la primera subdivisión de dicho modelo 3D en áreas de comparación de modelos 204 se llevan a cabo de manera que cada área de comparación de imágenes y cada área de comparación de modelos cubren como máximo una sección de un borde de dicha cubierta de carrocería 4.

50 Las áreas de comparación de imágenes 104 correspondientes y las áreas de comparación de modelos 204 se superponen entonces usando un algoritmo de mejor ajuste, ver Figura 4. Dicho algoritmo de mejor ajuste intenta hacer coincidir las características geométricas sobresalientes de ambas áreas mediante el desplazamiento y la rotación como se ilustra con las flechas S y T. El algoritmo de mejor ajuste genera entonces un valor de desviación D que representa la desviación residual en las posiciones de las características geométricas emparejadas.

55 Si el valor de desviación D es menor o igual que la resolución E, entonces las áreas de comparación 104, 204 son lo suficientemente pequeñas como para cancelar las posibles tolerancias.

Si el valor de desviación D es mayor que la resolución E , entonces las áreas de comparación se subdividen aún más, ver Figura 4, que muestra la subdivisión adicional del área de comparación de imágenes 104 en dos partes 104a, 104b.

5 La subdivisión y posterior mejor ajuste se lleva a cabo hasta que se cumple la condición $D \leq E$, obteniendo así un conjunto de áreas de comparación de imágenes finales 105 y las áreas de comparación de modelos finales 205 correspondientes, ver Figura 4.

10 Luego, para cada área de comparación del modelo final 205, se identifican las partes de montaje 202, 203 deseadas ubicadas en la misma y se buscan conjuntos de puntos 102 (es decir, partes montadas) en el área de comparación de imágenes final 105 correspondiente que coinciden con dichas partes de montaje deseadas, ver Figura 4. Como puede verse en la Figura 4, la pieza de montaje 203 deseada (el hexágono) no tiene equivalente en el área de comparación final 105. Por tanto, la pieza de montaje 203 deseada se identifica como faltante.

15 Como se muestra en la Figura 5, las partes de montaje 203 deseadas faltantes se pueden resaltar en una representación visual R de la carrocería 2. Usando esta representación R , un operador puede inspeccionar visualmente la carrocería 2 para verificar si las partes de montaje resaltadas realmente faltan y tomar medidas correctivas.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la inspección de la integridad de una estructura ensamblada (2), dicha estructura que comprende una carrocería (4) y partes montadas (6), para verificar si dicha estructura tiene todas las partes montadas que debería tener, dicho método comprende las siguientes etapas:
- 10 a) Escanear toda la estructura ensamblada (2) con un escáner de rango activo (8), obteniendo así una nube de puntos que forma una imagen 3D (100) de toda la estructura, donde dicho escáner de rango activo (8) tiene una resolución E dada;
- 15 b) Obtener un modelo 3D (200) de la estructura completa como debería verse en el estado ensamblado basado en datos CAD que modelan la estructura ensamblada, incluyendo dicho modelo 3D (200) un conjunto de partes de montaje deseadas (202, 203);
- 20 c) Subdividir dicha imagen 3D en un número de áreas de comparación de imágenes cada vez más pequeñas (104) y dicho modelo 3D en un número de áreas de comparación de modelos correspondientes cada vez más pequeñas (204), mientras que, después de cada subdivisión, se superpone cada área de comparación de imágenes correspondiente (104) y el área de comparación del modelo (204) usando un algoritmo de mejor ajuste, dicho algoritmo de mejor ajuste trata de igualar las características geométricas generadas de ambas áreas cambiando y rotando y luego generando un valor de desviación D que representa la desviación residual en las posiciones de las características geométricas emparejadas, en donde dicha subdivisión se detiene cuando el valor de desviación D es menor o igual que la resolución E, obteniendo así un conjunto de áreas de comparación de imágenes finales (105) y áreas de comparación de modelos finales correspondientes (205);
- 25 d) Para cada área de comparación de modelo final (205), identificar las partes de montaje deseadas (202, 203) ubicadas en el mismo y buscar partes montadas (102) en el área de comparación de imagen final correspondiente (105) que coincidan con dichas partes de montaje deseadas (202, 203);
- 30 e) Identificar las partes de montaje deseadas (203), que no tienen ninguna pieza montada coincidente en las áreas de comparación de imágenes finales, como faltantes en la estructura ensamblada,
- en donde el método comprende además la etapa entre la etapa b) y la etapa c) de ajuste aproximado de la imagen 3D completa (100) al modelo 3D completo (200).
- 35 2. El método de la reivindicación 1, en donde dicho escáner de rango activo (8) es un escáner LIDAR.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde dicha estructura ensamblada es una carrocería (2) de un vehículo ferroviario.
- 40 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa a) se lleva a cabo en una pluralidad de posiciones diferentes dentro de la carrocería (4) y da como resultado una pluralidad de escaneos parciales de la estructura ensamblada, y en donde la imagen 3D (100) de la estructura completa se obtiene combinando dichos escaneos parciales en un solo escaneo consolidado.
- 45 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende además la etapa entre la etapa a) y la etapa b) de editar la imagen 3D (100) al:
- eliminar elementos en la imagen 3D que representan el entorno de la estructura ensamblada;
 - adelgazar dicha nube de puntos eliminando puntos redundantes, reduciendo así el espacio de almacenamiento necesario para la imagen 3D; y/o
 - convertir la nube de puntos en un modelo de malla 3D.
- 50 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, en la etapa c), la primera subdivisión de dicha imagen 3D (100) en áreas de comparación de imágenes (104) y la primera subdivisión de dicho modelo 3D (200) en áreas de comparación de modelos (204) se llevan a cabo de manera que cada área de comparación de imágenes y cada área de comparación de modelo cubran como máximo una sección de un borde de dicha carrocería (4).
- 55 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la resolución E es menor de 5 mm y preferiblemente igual a 2 mm.
- 60

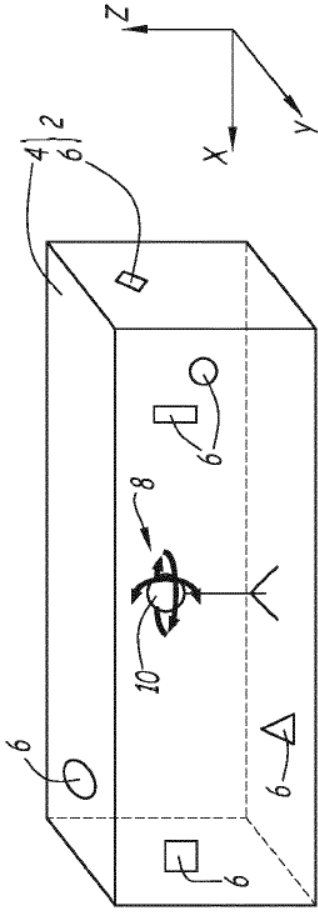


Figura 1

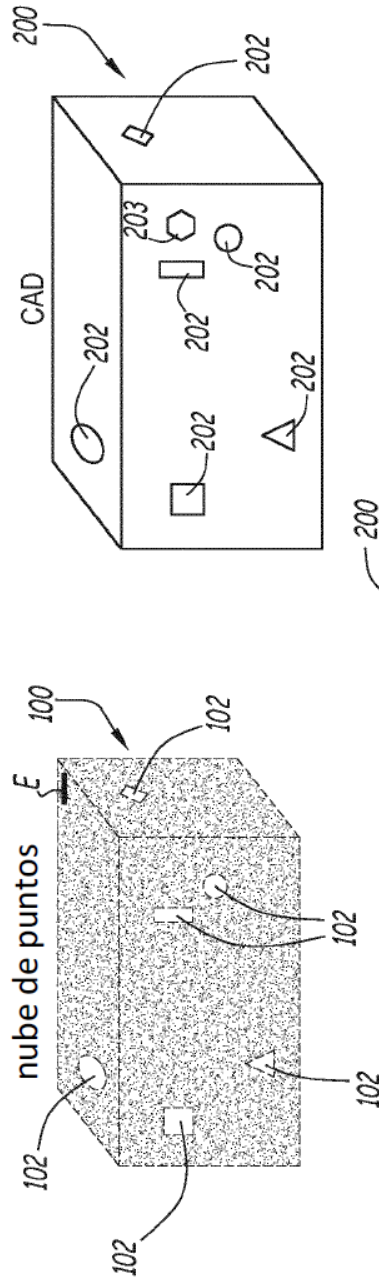


Figura 2

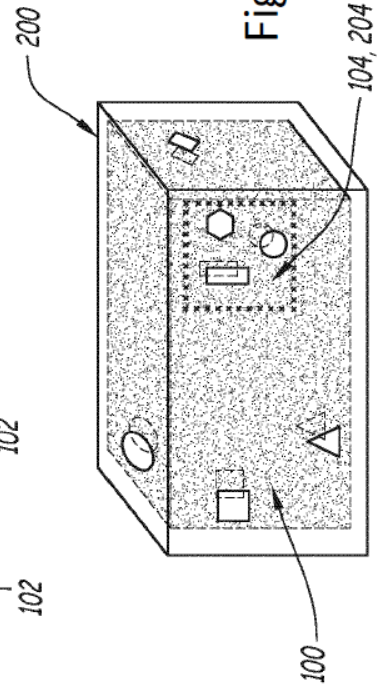


Figura 3

