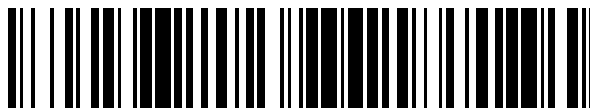


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 996**

21 Número de solicitud: 201730083

51 Int. Cl.:

G01N 27/90

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

24.01.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.08.2018

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

08.10.2018

Fecha de concesión:

19.07.2019

45 Fecha de publicación de la concesión:

26.07.2019

73 Titular/es:

TECNATOM, S.A. (100.0%)

Avda. Montes de Oca, 1

28700 SAN SEBASTIAN DE LOS REYES (Madrid), ES

72 Inventor/es:

BRAGADO ALONSO, Leticia

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS HONEYCOMB DE ALUMINIO MEDIANTE CORRIENTES INDUCIDAS**

57 Resumen:

Procedimiento de inspección de estructuras honeycomb de aluminio mediante corrientes inducidas que comprende: a) posicionar una sonda (2) a una distancia de la estructura honeycomb (1) a inspeccionar menor de 0,5mm y en posición perpendicular a dicha estructura (1); mediante una mesa (3) de coordenadas XY, portadora de la sonda (2), que incluye un dispositivo de nivelado automático; b) aplicar una corriente alterna a la sonda (2) mediante un equipo (5) para generar un campo magnético que produce una corriente inducida en el aluminio de la estructura (1); c) desplazar la sonda (2) sobre toda la estructura (1), manteniéndola en posición perpendicular a dicha estructura (1) mediante la mesa (3), controlada por un ordenador (4), d) captar las corrientes producidas a lo largo de la superficie de la estructura (1) mediante la sonda; y e) obtener una gráfica de las corrientes captadas por la sonda mediante el equipo (5) para visualizarla en una pantalla (6) en la que quedan representadas las discontinuidades presentes en la estructura (1).

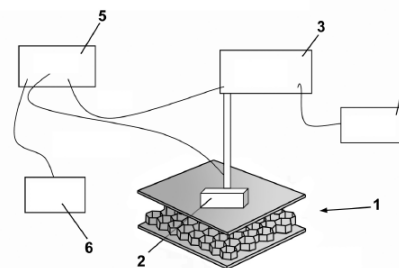


FIG.1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

ES 2 678 996 B1

Procedimiento de inspección de estructuras honeycomb de aluminio mediante corrientes inducidas.

DESCRIPCIÓN

5

OBJETO DE LA INVENCION.

10

La siguiente invención, según se expresa en el enunciado de la presente memoria descriptiva, se refiere a un procedimiento de inspección de estructuras típicas del sector aeroespacial, con honeycomb de aluminio, mediante corrientes inducidas. Tiene por objeto esencial la inspección de superficies planas y ligeramente curvas de estructuras honeycomb en la detección de defectos y despegues entre la piel y el honeycomb.

15

Es de vital importancia que estas estructuras estén libres de defectos en su montaje en la pieza o componente en cuestión, evitando grandes deterioros del mismo en su puesta en servicio, aumentando así su vida útil.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION.

20

Como es conocido, las estructuras honeycomb se caracterizan por tener entre dos laminados (normalmente de fibra de carbono) un núcleo que aligere el peso de las mismas sin reducir sus capacidades (resistencia, etc.). El núcleo puede ser de muy diversos materiales (metálico, de cartón, etc.). Como en el resto de estructuras de material compuesto, se requiere el control de calidad en producción del 100% de las piezas.

25

Hasta ahora las técnicas o métodos utilizadas en la inspección de estructuras honeycomb son Termografía Infrarroja (TIR) y ultrasonidos (UT), de forma que la técnica o método UT convencional presenta las siguientes limitaciones:

30

- Si se utiliza acoplante tipo gel o agua, se pueden inundar las celdas del honeycomb, lo cual avoca en la degradación rápida del componente llegando a la fractura del mismo;
- Si se utiliza la técnica UT-aire, existe una gran limitación en cuanto a la

detección de despegados y/o defectos cercanos al borde. Existe un efecto denominado efecto borde, por el cual, a medida que el palpador se acerca a los límites geométricos de la pieza a inspeccionar, éstos son detectados antes de que el palpador llegue al límite. En el caso de UT, debido a las dimensiones del palpador, este efecto ocurre antes que en el caso de las corrientes inducidas, ya que, los sensores son de menores dimensiones y pueden estar provistos de un apantallamiento que confine las líneas de campo, evitando que éstas salgan fuera de lo que son los límites geométricos del bobinado.

El objetivo final es tener un método de inspección por corrientes inducidas para este tipo de estructuras que sustituya y/o sea complementario a la técnica UT.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

En la presente memoria se describe un procedimiento de inspección de estructuras honeycomb de aluminio mediante corrientes inducidas, que comprende las siguientes etapas:

- a) posicionar una sonda a una distanciada de la estructura honeycomb a inspeccionar menor de 0,5mm y en posición perpendicular a dicha estructura honeycomb; mediante una mesa de coordenadas XY, portadora de la sonda, que incluye un dispositivo de nivelado automático,
- b) aplicar una corriente alterna a la sonda mediante un equipo para generar un campo magnético que produce una corriente inducida en el aluminio de la estructura honeucomb,
- c) desplazar la sonda sobre toda la estructura honeycomb, mantenidenola en posición perpendicular a dicha estructura honeycomb mediante la mesa, controlada por un ordenador,
- d) captar las corrientes producidas a lo largo de la superficie de la estructura honeycomb mediante la sonda, y

- e) obtener una grafica de las corrientes captadas por la sonda mediante el equipo para visualizarla en una pantalla en la que quedan representadas las discontinuidades presentes en la estructura honeycomb.

5

Es muy importante que la sonda esté lo más próxima a la estructura a inspeccionar pero siempre sin llegar a contactar con ella.

10

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, de un juego de planos, en cuyas figuras de forma ilustrativa y no limitativa, se representan los detalles más característicos de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DISEÑOS.

15

Figura 1. Muestra una vista de los componentes necesarios para la puesta en práctica del procedimiento para inspeccionar la estructura honeycomb.

20

Figura 2. Muestra los resultados obtenidos en la inspección de una pieza con estructura honeycomb de aluminio, pudiendo determinar la detección de cuatro discontinuidades, relativas a dos despegados y dos taladros.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE.

25

A la vista de las comentadas figuras y de acuerdo con la numeración adoptada podemos observar como el procedimiento de inspección de estructuras honeycomb 1 de aluminio mediante corrientes inducidas, se puede caracterizar en cuanto a detección y dimensionamiento en dos dimensiones (2D), las discontinuidades presentes en la estructura honeycomb de aluminio.

30

A la hora de inspeccionar la estructura, se debe tener especial precaución en no posicionar la sonda 2 totalmente en contacto con la misma, quedando a una distancia menor de 0,5 mm lo más próxima posible pero sin llegar a contactar sería ideal de cara a no producir daños externos en la estructura honeycomb 1. Además, la sonda 2 debe localizarse lo más

perpendicular posible con la superficie a inspeccionar.

La inspección mostrada en la figura 1 se ha realizado con una sonda 2 de corrientes tipo pancake apantallada con núcleo de ferrita y previsión de usar un array con bobinados con esta configuración, donde la sonda 2 se desplaza mecanizadamente mediante una mesa 3 de coordenadas XY, que aporta información de las coordenadas al equipo 5 de corrientes inducidas (por ejemplo, tipo ETbox) de adquisición de datos, de forma que dicha mesa 3 de coordenadas XY está controlada por un ordenador 4 de movimiento, con objeto de que la sonda 2 siempre quede perpendicular a la estructura a inspeccionar.

Con objeto de corroborar que los resultados obtenidos son adecuados se parte de una estructura honeycomb 1 en la que se han practicado cuatro discontinuidades artificiales de distinta naturaleza, esto es, dos despegados y dos taladros, y, así, se ha podido comprobar que aplicando una corriente alterna con el equipo 5 de corrientes inducidas (ETbox) al sensor de la sonda 2, éste, a través del bobinado asociado, genera una corriente en la estructura honeycomb 1 a inspeccionar, el cual responde con otra corriente alterna igual que la generada pero de sentido contrario, que es almacenada en el equipo 5 de corrientes inducidas (ETbox), mostrando en una ventana 7 de la pantalla 6 los resultados obtenidos y mostrados en la figura 2 de los diseños.

En la gráfica de la figura 2 relativa a los resultados obtenidos se puede observar como en los puntos “100” y “650” de la abscisa se muestran los despegados y en los puntos “500” y “725” se muestran los taladros.

Los datos de las corrientes inducidas captados por el sensor son leídos en un software TEDDY GEN. A continuación se muestra una ventana 7 de C-scan, en la pantalla 6, con los resultados obtenidos.

El uso de una mesa 3 de coordenadas XY de posicionamiento de la sonda 2 permite obtener una resolución del ensayo muy buena y localizar los defectos mediante coordenadas, es decir, permite posicionar en la posición exacta el defecto en la estructura honeycomb 1 inspeccionada.

Por lo que, según lo visto anteriormente, el método de corrientes inducidas usado para la

detección de estructuras honeycomb 1 metálicas ofrece apreciables ventajas en cuanto a resolución de la inspección respecto a los UT aire.

Además, esta técnica ofrece la posibilidad de inspeccionar la estructura honeycomb a velocidades altas y los costes de la instrumentación son sustancialmente menores respecto a las técnicas de UT.

Como resultado de todo ello se va a permitir que:

- Se puede aprovechar hasta el límite físico de la pieza debido a un menor efecto borde con corrientes continuas convencionales.

- Se podrían cubrir las necesidades del sector aeronáutico en estructuras de Honeycomb metálico de determinadas características: núcleo metálico con piel no excesivamente gruesa (menor de 10), detección de defectología en el núcleo con espesores de núcleo menores de 10 mm (en 10 mm se inspeccionaría por ambas caras) espesor de los laminados, espesor y características del núcleo metálico, etc.

- Obtener gran resolución (hasta tamaño de celdilla) en comparación con las técnicas de UT

Y esto permite:

- Reducir los costes de inspección ya que el coste de instrumentación es muy inferior para el caso de la técnica de corrientes.

- Instrumentación y montaje de mayor sencillez puesto que no es necesario tener acceso por ambos lados de la pieza a inspeccionar, en comparación con las técnicas de UT

- Realizar un proceso de inspección más limpio, ya que no son necesarios acoplantes, a diferencia de la técnica UT convencional.

- Ampliar las capacidades de las técnicas actuales usando las corrientes inducidas como método rápido de detección de defectos y combinar con otro ensayo para su posterior evaluación, en el caso de que fuese necesario.

Independientemente de lo indicado se debe de tener en cuenta que:

5 • Se ha de garantizar que la sonda está posicionada constantemente a 90° respecto de la pieza y para ello se dispondrá de un posicionado y nivelado automático que adapte la posición de la sonda a la curvatura del componente.

10 • Dado que la aplicación de la técnica de corrientes inducidas no permite distinguir la posición en profundidad de los defectos, habría que hacer retest con otra técnica en las zonas donde se identifica presencia de defecto, en el caso de que se requiera conocer la profundidad a la que se encuentra el defecto.

15 • Tras el estudio de la técnica de corrientes inducidas, podría descubrirse una capacidad de penetración limitada que obligara a inspeccionar la estructura por ambas caras. No obstante, esto sigue siendo una buena alternativa aunque no fuera económicamente tan rentable como atacar la pieza por un único lado, además de la ventaja ya intrínseca de la no necesidad de contacto, necesidad requerida para UT convencional.

REIVINDICACIONES

1^a.- **PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS HONEYCOMB DE ALUMINIO MEDIANTE CORRIENTES INDUCIDAS**, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- a) posicionar una sonda (2) a una distancia de la estructura honeycomb (1) a inspeccionar menor de 0,5mm y en posición perpendicular a dicha estructura honeycomb (1); mediante una mesa (3) de coordenadas XY, portadora de la sonda (2), que incluye un dispositivo de nivelado automático,
- b) aplicar una corriente alterna a la sonda (2) mediante un equipo (5) para generar un campo magnético que produce una corriente inducida en el aluminio de la estructura honeycomb (1),
- c) desplazar la sonda (2) sobre toda la estructura honeycomb (1), manteniéndola en posición perpendicular a dicha estructura honeycomb (1) mediante la mesa (3), controlada por un ordenador (4),
- d) captar las corrientes producidas a lo largo de la superficie de la estructura honeycomb mediante la sonda, y
- e) obtener una grafica de las corrientes captadas por la sonda mediante el equipo (5) para visualizarla en una pantalla (6) en la que quedan representadas las discontinuidades presentes en la estructura honeycomb (1).

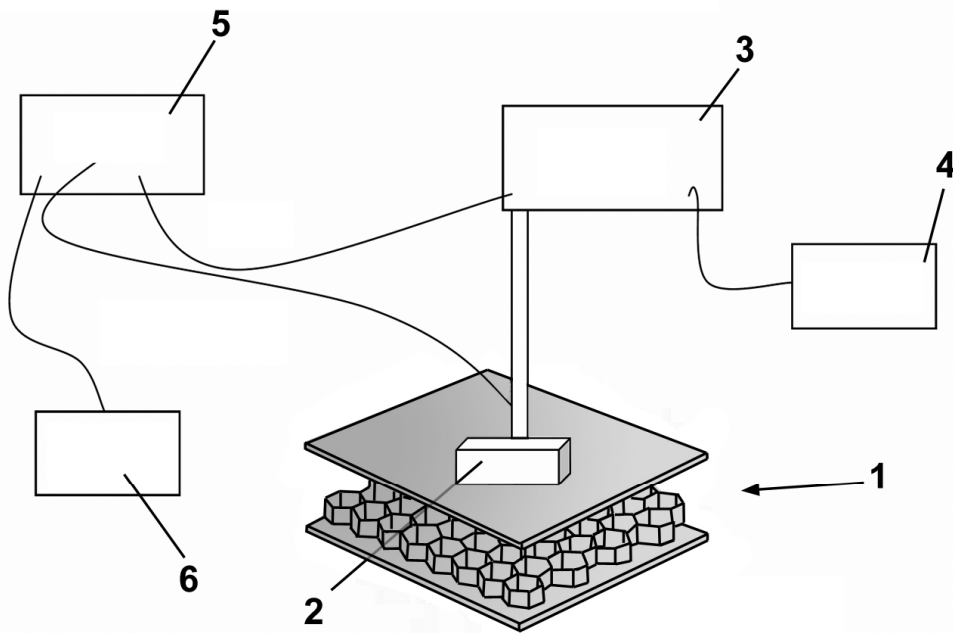


FIG.1

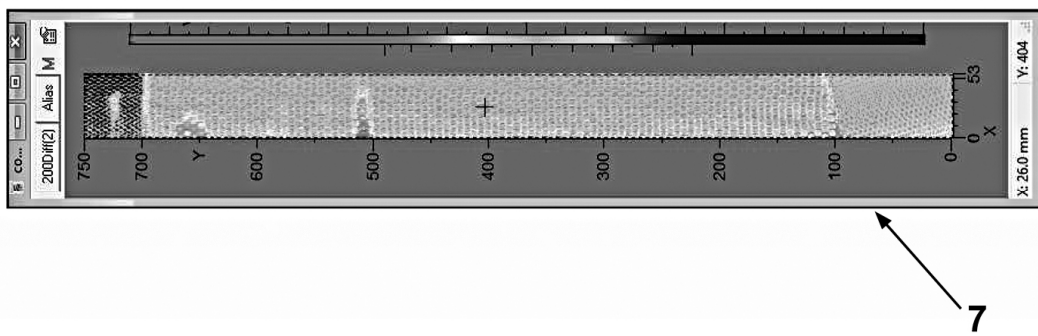


FIG.2



- ②① N.º solicitud: 201730083
②② Fecha de presentación de la solicitud: 24.01.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N27/90** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2015084530 A1 (GEN ELECTRIC) 11/06/2015, párrafos [3, 5, 6, 16, 17, 18, 20-23, 25-29, 32, 33, 37, 43, 50] ; figuras 2, 4, 5, 6; resumen	1
X	US 2010207619 A1 (WU et al.) 19/08/2010, párrafos [3, 4, 6, 7; 10-12, 15-22]; figura 2	1
X	US 2002128790 A1 (WOODMANSEE) 12/09/2002, párrafos [9, 18, 28, 43, 47-49]; figura 1	1
X	US 4434659 A (KURTZ et al.) 06/03/1984, columna 1, líneas 45-67; columna 3, líneas 49-68; figura 1	1
X	US 4891986 A (TEAGLE) 09/01/1990, columna1, línea31-columna 2, línea 14; columna 2, línea 30-columna 3, línea 17; columna3, línea 36- columna 4, línea 2; figura 1	1
A	US 3172621 A (ERWIN) 09/03/1965, columna 2, líneas 15-23	1
A	(YANG et al.) "Calibration for multiple motion errors of X-Y table on micro-coordinate measuring machine (M-CMM) by utilizing multi-probe scanning method". ISUPEN 2011 (International Symposium on Ultraprecision Engineering and Nanotechnology). Tokyo, Japan. 2011 http://www.jspe.or.jp/wp_e/wp-content/uploads/isupen/2011s/2011s-2-2.pdf	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.09.2018

Examinador
F. J. Olalde Sánchez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N27

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TEXTO COMPLETO

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.09.2018

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		SI
	Reivindicaciones	1	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2015084530 A1 (GEN ELECTRIC)	11.06.2015
D02	US 2010207619 A1 (WU et al.)	19.08.2010
D03	US 2002128790 A1 (WOODMANSEE)	12.09.2002
D04	US 4434659 A (KURTZ et al.)	06.03.1984
D05	US 4891986 A (TEAGLE)	09.01.1990
D06	US 3172621 A (ERWIN)	09.03.1965
D07	Calibration for multiple motion errors of X-Y table on micro-coordinate measuring machine (M-CMM) by utilizing multi-probe scanning method	2011

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De acuerdo con el artículo 29.6 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/86 de Patentes se considera, preliminarmente y sin compromiso, que los objetos definidos por la reivindicación 1 (única) no cumple aparentemente el requisito de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 LP, en relación con el estado de la técnica establecido por el artículo 6.2 de dicha Ley. En concreto,

El documento D01 divulgó un procedimiento de inspección de estructuras honeycomb de aluminio (perfil de álabe de turbina: párrafos 3, 17, 32) mediante corrientes inducidas (p.ej párrafos 3, 6, 16, 17, 18, 32; resumen) en el que se posiciona una sonda a una distancia de la estructura a inspeccionar menor de 0,5mm (p.ej. párrafos 26-29; 37; figuras 5, 6) y en posición perpendicular a dicha estructura (p.ej. párrafos 5, 6, 16, 25, 26, 33, 37, resumen) mediante una mesa de coordenadas XY, portadora de la sonda (p.ej párrafos 6, 17, 23; figura 2; resumen); aplicar una corriente alterna a la sonda mediante un equipo para generar un campo magnético que produce una corriente inducida en el aluminio de la estructura honeycomb (p.ej. párrafos 17, 18), desplazar la sonda manteniéndola en posición perpendicular a dicha estructura honeycomb mediante la mesa controlada por un ordenador (p.ej. párrafos 16-18, 20, 23, 25, 33); captar las corrientes producidas a lo largo de la superficie de la estructura honeycomb mediante la sonda (p.ej. párrafo 18); y obtener una gráfica de las corrientes captadas por la sonda mediante el equipo para visualizarla en una pantalla en la que quedan representadas las discontinuidades presentes en la estructura honeycomb (p.ej. párrafo 18).

D01 no divulgó explícitamente que la mesa de coordenadas incluyera un “dispositivo de nivelación automático”, por lo que el objeto definido por la reivindicación 1 parece nuevo en relación con lo divulgado en D01.

Los dispositivos de nivelación resultan de uso común en la técnica (p.ej D03 columna 3, líneas 49-52; figura 1) siendo adicionalmente obvia la inclusión en la mesa de coordenadas de un dispositivo de nivelación automático para la resolución del problema de nivelarla automáticamente, por lo que el objeto definido por la reivindicación 1 carece aparentemente de actividad inventiva frente a lo divulgado en D01.

Adicionalmente los documentos D02-D05 divulgaron (ver partes relevantes citadas en el informe de búsqueda) o de ellos derivan de un modo evidente las características técnicas de la reivindicación 1.

Los documentos D06 y D07 reflejan el estado de la técnica usual en relación con las mesas de coordenadas X-Y y con la estructura de los álabes de turbinas.