

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 015 907**

(51) Int. Cl.:

G06T 7/00	(2007.01)	G01N 21/954	(2006.01)
G01N 21/88	(2006.01)		
G01B 5/00	(2006.01)		
G01B 11/24	(2006.01)		
G06T 5/94	(2014.01)		
G06V 10/44	(2012.01)		
G06V 10/764	(2012.01)		
G06V 10/82	(2012.01)		
G01N 21/898	(2006.01)		
G01N 21/95	(2006.01)		

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2019 E 19169740 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2025 EP 3561769**

(54) Título: **Método para detectar discontinuidades en la superficie de un cuerpo**

(30) Prioridad:

24.04.2018 AT 503432018

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

08.05.2025

(73) Titular/es:

**EYYES GMBH (100.00%)
Im Wirtschaftspark 4
3494 Gedersdorf, AT**

(72) Inventor/es:

TRAXLER, JOHANNES

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 015 907 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 para detectar discontinuidades en la superficie de un cuerpo

- 5 La invención que se describe a continuación se refiere a un método para detectar discontinuidades geométricas en la superficie de la superficie lateral de un cuerpo, cuyo cuerpo está iluminado con una fuente de luz que emite rayos de luz, y cuyo cuerpo es grabado por medio de una cámara que emite datos de imagen, cuyos datos de imagen comprenden valores de las propiedades de color en un píxel.
- 10 Por definición, una discontinuidad geométrica representa una diferencia de las propiedades geométricas de la superficie del cuerpo. Una discontinuidad geométrica da como resultado una cantidad diferente de rayos de luz reflejados y/o transmitidos en comparación con el resto del cuerpo. En un cuerpo fabricado de un material soldable, una discontinuidad puede representar una costura de soldadura visible en la superficie del cuerpo. Una discontinuidad geométrica también puede ser una deformación o fractura visible en la superficie.
- 15
- El cuerpo puede estar fabricado de una pieza de trabajo opaca. El cuerpo puede ser, por ejemplo, una pieza de trabajo metálica, un plástico o un material que contenga una proporción de materias primas naturales como madera o un material a base de madera.
- 20 Los valores de las propiedades de color de los datos de imagen que comprenden un píxel comprenden así un valor de la propiedad de color y una indicación de coordenadas u otra información de ubicación adecuada del píxel que presenta el valor de la propiedad de color.
- 25 Dado que el método de acuerdo con la invención se basa en la aplicación de la adquisición de imágenes, se limita a la detección de discontinuidades visibles en la superficie.
- Según el estado de la técnica, se utilizan grabaciones de imágenes para detectar discontinuidades. Un enfoque posible para esto es comparar una grabación de imagen de un cuerpo que no presenta discontinuidades y otra grabación de imagen de un cuerpo que presenta al menos una discontinuidad. Sin embargo, se ha demostrado que los métodos basados únicamente en la comparación no son lo suficientemente precisos ni lo suficientemente estables frente a los errores en las grabaciones de imágenes.
- 30
- Un método según el estado de la técnica, que se limita a una comparación de datos de imágenes, no proporciona resultados utilizables, particularmente cuando se utiliza para detectar discontinuidades en piezas de trabajo naturales como la madera, ya que las posibles discontinuidades son demasiado diferentes.
- 35
- El documento DE102007014475 describe un método en el que, además de una propiedad física, se determina otro valor. A diferencia del método descrito a continuación, el método en el documento DE102007014475, por lo tanto, se basa en la determinación de dos valores.
- 40
- El documento US20020088952 describe un método basado en la superposición de imágenes de medición con filtros y funciones de referencia. No hay ninguna indicación en esto de la formación de los filtros, ni de la formación de la función de referencia, que hace visibles las discontinuidades explotando el efecto de coincidencia.
- 45
- El documento DE102016114465 se basa en la comparación de valores de medición y valores de referencia, lo que no conduce a un resultado satisfactorio.
- 50
- El documento EP1304560 se basa en el uso de rayos electromagnéticos de diagnóstico y no en tecnología de imágenes.
- 55
- Los documentos US2017046615, US2013073221 y DE10102387 no revelen la determinación de una diferencia de un valor de la propiedad de color, con respecto de una medida promedio de color o de un valor de la propiedad de color dominante. Estos documentos tampoco revelan la superposición de una función que describa los valores de las propiedades de color con una función de referencia.
- 60
- El documento DE 101 02 387 describe un método de detección óptica de imágenes para detectar y evaluar defectos en una superficie de muestra, como una superficie de pintura. La superficie a examinar se irradia primero con luz colimada y la radiación reflejada por ella, se envía a un dispositivo de procesamiento de imágenes con resolución espacial. Los daños en la pintura aparecen como zonas oscuras cuando se toma una imagen con luz colimada. A partir de esto, se genera una máscara utilizando un valor umbral, en el que las zonas enmascaradas están formadas por las zonas brillantes y libres de defectos de la imagen, y las zonas no enmascaradas están formadas por las zonas oscuras con defectos de la imagen.
- 65
- El método de acuerdo con la invención tiene como objetivo reflejar, de la manera más similar posible, la detección humana de discontinuidades mediante un método implementado por ordenador, lo que se explica en detalle a

continuación. Este objetivo está relacionado con el hecho de que el método de acuerdo con la invención es estable frente a interferencias. De acuerdo con la invención, esto se consigue mediante la reivindicación 1.

5 Una persona percibe una discontinuidad a través del ojo principalmente a través de las diferencias de color y trata de formar zonas con colores similares. Además, la persona compara una zona de color similar con su propia experiencia para, si es necesario, evaluar dicha zona como una discontinuidad.

10 Los colores visibles para el ojo humano se utilizan como valores de color en métodos implementados por ordenador. Los valores de color se pueden definir según códigos definidos.

15 La solución de acuerdo con la invención se basa en un enfoque de detección en dos etapas, exactamente como la percepción humana. El método de acuerdo con la invención se caracteriza porque se determina información muy precisa de la posición de la imagen de discontinuidades geométricas. A partir de la información de la posición de la imagen, se puede calcular información de posición, que indica la ubicación de la discontinuidad en la superficie del cuerpo.

20 El método de acuerdo con la invención se caracteriza por que únicamente se determinan los valores de las propiedades de color de la superficie del cuerpo. No se determinan otros parámetros físicos del cuerpo.

25 20 En un primer paso del método se detectan las zonas parciales de valores con valores de las propiedades de color diferentes. El primer paso del método puede comprender la condición de que un número mínimo de píxeles presenten diferentes propiedades de color. Esto puede evitar que una diferencia de color causada por una señal de interferencia o similar, se interprete como una discontinuidad. El primer paso del método implica considerar una acumulación de píxeles y, por lo tanto, un número mínimo de píxeles con diferentes propiedades de color, como una primera indicación de la presencia de una discontinuidad.

30 35 El número mínimo de píxeles también se puede considerar como un valor umbral para el tamaño mínimo de una discontinuidad a detectar.

40 45 30 En un segundo paso del método, se examina un conjunto de datos de imágenes de superposición, para determinar un mínimo o un máximo. El primer paso del método proporciona una primera indicación de la posición de la imagen de una discontinuidad, ubicada en la superficie de la sección transversal hueca. El segundo paso del método proporciona una segunda indicación de la posición de la imagen de una discontinuidad, ubicada en la superficie de la sección transversal hueca.

50 55 40 Un valor de la propiedad de color puede ser, por ejemplo, un código de color según el estado de la técnica, como RGB (Red-Green-Blue – rojo-verde-azul) o un valor gris. El experto en la materia selecciona el valor de la propiedad de color en el que se basa el método de acuerdo con la invención, en función de los colores detectables de la superficie del cuerpo. Si el cuerpo esencialmente solo presenta variantes de un determinado valor de color, como por ejemplo los tonos grises de una sección transversal de metal o de la superficie, el uso de tonos grises como valores de las propiedades de color, es suficiente.

60 65 50 La realización del método de acuerdo con la invención puede requerir que el cuerpo a examinar esté iluminado. Para este fin, el experto en la materia puede utilizar fuentes de luz con rayos de luz dirigidos, preferentemente paralelos. Según la enseñanza actual, se pueden utilizar fuentes de luz LED. Por ejemplo, se puede utilizar un anillo LED para iluminar el cuerpo, que se extiende en forma de anillo alrededor del sensor de imagen o la lente.

Se pueden utilizar cámaras digitales convencionales para realizar el método.

50 55 60 65 50 En el segundo paso del método, los valores de las propiedades de color de los píxeles de una zona parcial de imagen seleccionada y/o una función de las propiedades de color, que describa los valores de las propiedades de color, se pueden superponer matemáticamente por medio de una función matemática.

La superposición matemática se puede realizar mediante la multiplicación (convolución matemática) y/o la suma y/o la resta y/o la división, etc. de los valores de las propiedades de color de los píxeles y/o el curso de los valores de las propiedades de color de los píxeles, con una función y/o una serie de funciones.

En el segundo paso del método, los valores de las propiedades de color, ópticamente perceptibles, se pueden superponer con un filtro óptico, para generar un conjunto de datos de imágenes de superposición ópticamente perceptibles.

El segundo paso del método se puede basar en la aplicación del método de generación de redes neuronales, que se conoce a partir de las enseñanzas actuales, y el entrenamiento de las redes neuronales a partir de datos de imágenes, que también se conoce a partir de las enseñanzas actuales.

El primer paso del método y el segundo paso del método se pueden llevar a cabo en paralelo o consecutivamente en cualquier orden.

- 5 Las funciones matemáticas o funciones definidas por el filtro óptico que se van a superponer pueden ser funciones de referencia, que describen el curso de los valores de las propiedades de color de los datos de imagen de una superficie que presenta una discontinuidad. El método de acuerdo con la invención puede prever que una función de referencia que describe un grupo de discontinuidades se almacene en una base de datos o esté presente como un grupo de filtros. El grupo de discontinuidades comprende la discontinuidad, que se quiere detectar utilizando el método de acuerdo con la invención.
- 10 Alternativamente, las funciones matemáticas, o funciones definidas por el filtro óptico que se van a superponer, también pueden ser funciones de referencia, que describen el curso de los valores de las propiedades de color de los datos de imagen de una superficie, que no presenta ninguna discontinuidad.
- 15 La función también puede describir influencias ambientales y así minimizar la influencia de las influencias ambientales en la detección de discontinuidades geométricas, ya que esto suaviza cualquier cambio en los valores de las propiedades de color, causado por influencias ambientales. Sin embargo, éste no es el objeto de la invención reivindicada.
- 20 La superposición del curso de los valores de las propiedades de color, con una función de referencia que describe los valores de las propiedades de color de referencia, tiene el efecto de que las diferencias en los datos de la imagen se vuelven claras, debido a una coincidencia con la función. Básicamente, el experto en la materia espera la presencia de ciertas discontinuidades y puede seleccionar la función de referencia, basándose en esta expectativa. Preferentemente, las funciones de referencia son escalables, de modo que el efecto de coincidencia antes mencionado
- 25 puede ser más pronunciado al escalar la función de referencia.

Por ejemplo, el experto en la materia puede esperar que una costura de soldadura sea una discontinuidad.

- 30 El experto en la materia puede superponer matemática u ópticamente, los valores de las propiedades de color con una función de referencia, que refleja el curso habitual de los valores de las propiedades de color de una costura de soldadura.

- 35 El método de acuerdo con la invención no se limita en modo alguno al hecho de que la primera indicación y la segunda indicación deben ser idénticas. El método de acuerdo con la invención puede comprender el paso del método de comparar la primera indicación y la segunda indicación, para determinar una posición de una discontinuidad.

- 40 El método de acuerdo con la invención puede comprender superponer al curso de los valores de las propiedades de color en los píxeles de una zona parcial de la imagen una función de interferencia de referencia, que describe el curso de las señales de interferencia o el curso inverso de las señales de interferencia, generándose más conjuntos de datos de imagen de superposición, que comprenden más valores de las propiedades de color de superposición en los píxeles.

En este sentido también se pueden aplicar filtros, que presenten un efecto similar.

- 45 Las influencias ambientales mencionadas con anterioridad, generalmente se consideran un posible tipo de señales de interferencia. Según la enseñanza actual, el experto en la materia conoce otras señales de interferencia, que pueden distorsionar el resultado. El método de acuerdo con la invención se caracteriza por que las posibles señales de interferencia se pueden aclarar o atenuar superponiéndolas con funciones de interferencia de referencia, aprovechando la coincidencia.

- 50 El método de acuerdo con la invención se puede caracterizar porque se toman varias grabaciones de imágenes de un cuerpo, aplicándose a cada grabación de imagen el método de acuerdo con la invención. Esto último puede a su vez incluir, que se ha detectado una discontinuidad con suficiente precisión dado un número definido de primeras indicaciones y segundas indicaciones coincidentes.

- 55 El primer paso del método puede proporcionar una primera indicación, que comprende una primera medida de probabilidad de la presencia de una discontinuidad.

- 60 El segundo paso del método puede proporcionar una segunda indicación, que comprende una segunda medida de probabilidad de la presencia de una discontinuidad.

- 65 La comparación anterior de la primera indicación y la segunda indicación se puede realizar de tal manera, que la primera medida de probabilidad y la segunda medida de probabilidad deben superar un valor umbral, para que la primera indicación y la segunda indicación se puedan combinar, para formar una declaración sobre la presencia de una discontinuidad.

El método de acuerdo con la invención se puede aplicar ventajosamente tanto a cuerpos estacionarios como a cuerpos en movimiento. En particular, la superposición mencionada anteriormente de los valores de las propiedades de color con funciones de referencia, que describen funciones de referencia de influencias ambientales, permite la aplicación del método de acuerdo con la invención a cuerpos en movimiento, ya que se puede evitar la influencia de influencias ambientales como la agitación del polvo.

5 La comparación de indicaciones puede requerir que se tomen una serie de grabaciones de imágenes dentro de un período de tiempo, a cuyo número de grabaciones de imágenes se aplica el método de acuerdo con la invención, para generar las indicaciones. El experto de la materia calcula el número necesario de grabaciones por segundo, a partir 10 del número necesario de grabaciones de imágenes tomadas en un período de tiempo.

15 Se pueden crear y/o utilizar datos de imagen que reflejan rayos de luz con una forma de onda definida y/o con una longitud de onda definida y/o con una frecuencia de luz definida. El método de acuerdo con la invención puede comprender el uso de filtros según el estado de la técnica, tales como filtros H-wavelet.

15 Los datos de imagen también se pueden crear y/o utilizar en forma de imagen negativa. Los datos de la imagen se pueden procesar utilizando técnicas de procesamiento del estado de la técnica.

20 El método de acuerdo con la invención se puede caracterizar, en relación con el uso y/o la creación de datos de imagen, por medio de filtros y/o según la tecnología de imagen negativa, en que sólo se examinan determinados rayos de luz con referencia a la discontinuidad esperada. Esto permite representar, con mayor contraste, las discontinuidades visualmente o en forma de datos de imagen. El método de acuerdo con la invención se puede caracterizar por una alta efectividad, con respecto al uso de filtros o tecnología de imagen negativa.

25 El método de acuerdo con la invención se puede caracterizar porque una zona parcial de red, que comprende una discontinuidad geométrica se almacene como discontinuidad de referencia en la base de datos. Como resultado, la base de datos en la que se almacenan las formas de discontinuidades en el sentido más amplio se amplía continuamente para incluir información que describa la forma de una zona parcial de red, que presenta una discontinuidad.

30 30 La continua ampliación de la base de datos mediante zonas de red clasificadas como zonas parciales de red, que comprende una discontinuidad, implica que este proceso puede ser controlado por el sistema y/o controlado por el usuario.

35 35 Esta continua ampliación de la base de datos mediante zonas de red clasificadas como una discontinuidad resulta particularmente ventajosa, cuando el método de acuerdo con la invención se aplica a materiales naturales. De manera análoga, los valores de las propiedades de color de los píxeles de una zona parcial de valores, que comprende una discontinuidad geométrica se pueden almacenar en la base de datos. Este paso del método también permite almacenar cursos o patrones de los valores de las propiedades de color en los píxeles de la discontinuidad geométrica, si la discontinuidad geométrica se extiende sobre varios píxeles.

40 45 El método de acuerdo con la invención puede comprender por lo tanto rutinas, mediante las cuales se amplía de manera continua una base de datos, que comprende valores de las propiedades de color de los píxeles, que comprenden una discontinuidad geométrica. Se puede almacenar información sobre los valores de las propiedades de color de píxeles individuales y/o sobre los cursos de los valores de las propiedades de color en varios píxeles.

45 Los cursos de los valores de las propiedades de color en varios píxeles se pueden describir mediante funciones matemáticas.

50 50 Los expertos en la materia reconocerán que el método anterior es aplicable esencialmente a cualquier forma corporal, que comprenda una superficie que se pueda grabar mediante técnicas de grabación de imágenes. Sin embargo, esto puede requerir que se sepa cuándo se representa un cuerpo en la imagen.

55 55 El segundo paso del método, en el que se genera el conjunto de datos de imagen de superposición, se puede caracterizar porque la zona parcial de la imagen se seleccione dependiendo de la presencia de un valor máximo y/o un valor mínimo de píxeles.

60 Preferentemente, la zona parcial de la imagen es seleccionada por una persona o por rutinas de método independientes, de tal manera que la zona parcial de la imagen incluya los píxeles, que comprenden el valor máximo o el valor mínimo, así como otros píxeles adyacentes a estos píxeles, por lo que el valor máximo o el valor mínimo se determina aplicando el método de acuerdo con la invención, utilizando una zona parcial de imagen anterior. El método de acuerdo con la invención se puede caracterizar porque el conjunto de datos de imagen se reduce porque la zona parcial de la imagen es más pequeña que la zona parcial de la imagen anterior.

El método de acuerdo con la invención también puede comprender la detección y verificación de la presencia de un cuerpo en la imagen, detectándose los bordes del cuerpo mediante métodos según el estado de la técnica anterior y llevándose a cabo la verificación mediante la construcción virtual de puntos de fuga.

- 5 El método de acuerdo con la invención se explica con más detalle con referencia a la siguiente descripción y las siguientes figuras. En las figuras, los siguientes elementos están identificados por los números de referencia precedentes.

- 10 1 Cuerpo
- 2 Sección transversal
- 3 Bordes
- 4 Costura de soldadura
- 5 Pared derecha
- 6 Libre
- 15 7 Dirección del movimiento
- 8 Superficie de reflexión de la luz
- 9 Zona parcial de valores
- 10 Zona rectangular
- 11 Zona de valores adicional

20 La Fig. 1 y la Fig. 2 muestran imágenes en blanco y negro del cuerpo a examinar.

La Fig. 3 muestra una sección de la vista del cuerpo representado en la Fig. 2, por lo que la Fig. 3 fue creada usando un filtro.

25 La Fig. 4 muestra un diagrama que se deriva de los valores de las propiedades de color, que se muestran en la Fig. 3.

30 La Fig. 1 muestra un cuerpo hueco como cuerpo 1 con una sección transversal 2. La dirección de visión de la vista del cuerpo 1 mostrada en la Fig. 1 es paralela al eje longitudinal del cuerpo 1.

35 En el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 1, un tubo que presenta una longitud de 12,0 m y una sección transversal de aproximadamente 10,0 cm por 10,0 cm se mueve como cuerpo 1 pasando por cámaras a una alta velocidad, hasta 6 m/seg.

40 La Fig. 1 muestra una dirección de movimiento 7 de los tubos en un sistema según el estado de la técnica. En el sistema, los tubos pasan por las cámaras en un método continuo. Las cámaras necesarias para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención están integradas en el sistema.

45 El objetivo del método de acuerdo con la invención es detectar el cuerpo en la imagen grabada por la cámara en un primer paso, y detectar discontinuidades en forma de costura de soldadura en la superficie del cuerpo 1 en un segundo paso. El paso de detectar las discontinuidades incluye determinar la posición de la imagen de la discontinuidad, para que el tubo se pueda posicionar posteriormente, dependiendo de la posición y/o dependiendo de una posición objetivo de la costura de soldadura.

50 El primer paso del método y el segundo paso del método de acuerdo con la invención se pueden llevar a cabo de manera esencialmente independiente uno del otro. El segundo paso puede requerir, que se conozca la presencia del tubo como cuerpo, lo que también puede ser determinado por el experto en la materia, mediante métodos distintos al primer paso del método, de acuerdo con la invención.

55 Para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención, el cuerpo se ilumina con una fuente de luz, que emite rayos de luz y se graban mediante cámaras que emiten datos de imágenes.

Para este propósito, las cámaras están alineadas esencialmente a lo largo de los ejes de los tubos. La cámara para grabar una imagen mostrada como ejemplo en la Fig. 1 está alineada paralelamente al eje longitudinal del cuerpo 1. El enfoque de la cámara para la imagen que se muestra en la Fig. 1, está configurado de manera que se obtenga una imagen nítida de un rango de trabajo de 20,0 a 200,0 cm.

60 La dirección de grabación de la otra cámara para grabar una imagen mostrada como ejemplo en la Fig. 2 está alineada esencialmente en ángulo recto con la superficie a examinar.

En las imágenes que se muestran en la Fig. 1 y la Fig. 2, los datos de la imagen comprenden un valor de gris por píxel. Una reducción de los datos de la imagen de los valores de las propiedades de color a datos grises da como resultado una reducción en el conjunto de datos. El método de acuerdo con la invención se caracteriza porque se proporcionan indicaciones suficientemente precisas, para que sea posible esta reducción en el conjunto de datos.

En un primer paso se detectan los bordes 3 del cuerpo 1, por lo que el experto en la materia no tiene que detectar todos los bordes al llevar a cabo el método de acuerdo con la invención. Se utilizan métodos según el estado de la técnica para la detección de los bordes. En el método ilustrado en las figuras, los bordes se determinan a través de los gradientes de los valores de gris de los píxeles adyacentes.

5 A partir de los bordes detectados se pueden determinar los puntos de fuga de estos bordes, y así verificar la presencia del cuerpo 1 en la imagen.

10 En la Fig. 1, las posiciones aproximadas de los bordes determinados 3 se muestran mediante líneas discontinuas. En el ejemplo de realización ilustrada en la Fig. 1, los puntos de fuga que se pueden determinar a partir de los bordes 3 comprenden un punto de fuga ubicado en el "infinito".

15 La determinación de al menos un punto de fuga de los bordes del cuerpo ubicado en el "infinito" tiene la ventaja de que el cuerpo se puede diferenciar del entorno sin una gran cantidad de esfuerzo de cálculo. En la forma de realización aquí comentada, el entorno está formado por una sala, en la que se sitúa como cuerpo 1 el sistema de procesamiento y/o transporte de los tubos.

En un segundo paso, se detectan las discontinuidades, así como su posición en la imagen.

20 El experto en la materia reconocerá que el cuerpo hueco 1 mostrado en una vista en sección transversal en la Fig. 1, comprende una costura de soldadura 4 en la pared derecha 5. Para el ojo humano, la costura de soldadura 4, que representa una discontinuidad geométrica, es reconocible por el curso de los tonos grises en la pared derecha 5 y por la identificación de superficies parciales de la pared derecha.

25 La Fig. 2 muestra una vista frontal de la pared derecha 5. La cámara para grabar la imagen mostrada en la Fig. 2 está alineada esencialmente paralela a un eje transversal del cuerpo. También en este caso la costura de soldadura 4, que representa una discontinuidad, se puede identificar por el curso de los tonos grises y por la identificación de superficies parciales.

30 La Fig. 2 muestra, además del tubo como cuerpo 1 junto con la costura de soldadura 4, una superficie brillante, una superficie brillante que es una superficie de reflexión 8 de luz, con cuya luz se ilumina el cuerpo 1 para producir las imágenes mostradas en la Fig. 1 y la Fig. 2. Un objetivo del método de acuerdo con la invención es también detectar dichas superficies de reflexión 8 como tales.

35 La identificación subjetiva de las superficies parciales por parte de una persona incluye que la persona compare las superficies parciales reconocidas con su rica experiencia sobre discontinuidades y también seleccione las superficies parciales en consecuencia, dependiendo de los valores de las propiedades de color.

40 El método de acuerdo con la invención intenta recrear esta percepción humana brevemente descrita y conocida por medio de un método implementado por ordenador.

45 Para ello se comparan los valores de las propiedades de color de cada píxel y se determinan las zonas parciales de valores con valores de las propiedades de color diferentes, cuyos valores de las propiedades de color diferentes difieren en un valor límite de un valor de color medio, medido sobre la superficie lateral o de un valor de la propiedad de color dominante. Por lo tanto, se buscan superficies parciales con valores de color que se diferencien de la media o con valores de color dominantes dentro de una zona de valores definido por valores límite.

50 La Fig. 3 muestra una sección de la costura de soldadura que se representa en la Fig. 2, por lo que la Fig. 3 se creó utilizando un detector de bordes usando el calibre común Sobel o Lenny. Con la ayuda del detector de bordes, solo se muestran aquellos píxeles con las propiedades en las que el gradiente de una función que describa los valores de color presenta una pendiente alta en la dirección horizontal o en la dirección vertical. La Fig. 4 muestra un diagrama derivado de la Fig. 3. El diagrama que se representa en la Fig. 4 representa un valor de color en un píxel del eje z en función de la posición del píxel, que se representa en la superficie xy. La Fig. 4 también comprende la imagen contenida en la Fig. 3 en una representación tridimensional.

55 La detección de discontinuidades con ayuda del método de acuerdo con la invención se basa esencialmente en uno de los gráficos representados en la Fig. 3 y la Fig. 4, por lo que la realización del método de acuerdo con la invención no requiere en ningún caso la creación de dichos gráficos, sino que también se puede basar exclusivamente, en el procesamiento de datos. Para ilustrar el método de acuerdo con la invención, se explica a modo de ejemplo utilizando las Figs. 3 y 4.

60 La Fig. 3 comprende una zona rectangular 10. En esta zona 10 se ha cubierto información, que está escrita en una fuente que es demasiado pequeña para ser mostrada en la Fig. 3 y que no tiene influencia sobre el objeto de la solicitud de patente.

La Fig. 3 muestra una zona parcial de valores 9, cuya zona parcial de valores 9 comprende valores de las propiedades de color, que se diferencian de una medida promedio de los valores de las propiedades de color.

Por lo tanto, la zona parcial de valores 9 comprende valores de las propiedades de color, que se diferencian del valor de la propiedad de color dominante en al menos un valor límite definido.

Un valor de la propiedad de color dominante es la zona de valores de la propiedad de color, que domina sobre la superficie lateral. La Fig. 3 muestra el caso especial en el que el valor de color promedio es también el valor de la propiedad de color dominante.

El experto en la materia reconocerá que en la Fig. 3 y en la Fig. 4 se pueden identificar dos zonas parciales como tales, zonas de valores 9 con valores de las propiedades de color diferentes, mientras que se pueden reconocer tres zonas parciales de valores más, con propiedades de color promedio iguales a los valores de las propiedades de color dominantes.

Las zonas parciales de valores 4 en la Fig. 3 están marcados con una elipse discontinua, además de los números de referencia; las demás zonas parciales no están más señalizadas.

En la Fig. 4, las zonas de valores 4 solo están marcados con números de referencia.

La presencia de dos zonas parciales como zonas parciales de valores 9 con diferentes valores de las propiedades de color se considera como la primera indicación de una discontinuidad en la superficie lateral.

El método de acuerdo con la invención se caracteriza en particular, porque la primera indicación de la presencia de una discontinuidad se verifica mediante un análisis adicional de las imágenes comprendidas en la Fig. 1 y en la Fig. 2.

La Fig. 5 muestra, a través del gráfico de píxeles 12, el curso básico de la curva de superficie mostrada en la Fig. 4 a lo largo de un plano de corte paralelo al eje x. La posición exacta es el plano de corte de la Fig. 4 y el curso exacto de los gráficos mostrados en la Fig. 5 es irrelevante para la siguiente discusión de los efectos de la aplicación del método de acuerdo con la invención ilustrada por la Fig. 5.

El gráfico de píxeles 12 representa así el curso de los valores de las propiedades de color. El gráfico de píxeles 12 es una representación aproximada y suficientemente precisa del curso de la curva de superficie mostrada en la Fig. 4 a lo largo de un plano de corte paralelo al eje x, al tiempo que reduce el conjunto de datos a procesar.

La Fig. 5 comprende además una curva de referencia 13. El experto en la materia selecciona la curva de referencia 13 y, si es necesario, la posición de la curva de referencia 13 en función de su experiencia.

La curva de referencia 13 se puede seleccionar teniendo en cuenta una discontinuidad esperada.

El experto en la materia reconocerá que la aplicación del método de acuerdo con la invención también permite el uso de varias curvas de referencia, por lo que en la Fig. 5 sólo se muestra el uso de una curva de referencia, en aras de la claridad.

Aplicando el segundo paso del método de acuerdo con la invención, el gráfico de píxeles 12 y el gráfico de referencia 13 se convolucionan, para formar un gráfico de superposición 14.

La Fig. 6 muestra un modelo de referencia óptico, que comprende curvas de referencia para la superposición con una zona parcial de la curva de superficie mostrada en la Fig. 4.

La Fig. 7 muestra el resultado de una superposición de una zona parcial de la curva de superficie mostrada en la Fig. 4 con el modelo de referencia mostrado en la Fig. 6. Las discontinuidades son claramente visibles debido a las zonas parciales brillantes.

Esta verificación se puede realizar formando redes neuronales según la enseñanza actual, que se explica con referencia a la Fig. 8.

La Fig. 8 muestra una imagen 12, la cual tiene un tamaño de 224x224. La imagen 12 contiene datos de imagen con valores de las propiedades de color por píxel. Los datos de imagen de la imagen 12 se superponen con dos funciones de referencia, formando así dos denominados planos. Cada plano comprende un conjunto de datos de imágenes de superposición, que se genera multiplicando los valores de las propiedades de color por una función. Así, en el ejemplo de realización mostrada en la Fig. 8, se generan dos conjuntos de datos de imágenes de superposición, cada uno de los cuales comprende valores máximos y valores mínimos.

La aparición de estos valores máximos y mínimos se interpreta como una segunda indicación de la presencia de discontinuidades geométricas.

- 5 En consecuencia, la zona parcial de la imagen se selecciona a la superposición de los datos de la imagen con tres funciones adicionales. Mientras que en la primera superposición de los datos de imagen con dos funciones la zona parcial de la imagen correspondía al tamaño de la imagen 12, en la segunda superposición la zona parcial de la imagen se puede reducir significativamente.
- 10 El experto en la materia puede realizar la superposición de los datos de la imagen n veces y, en consecuencia, reducir la zona parcial de la imagen y limitar la presencia local de la discontinuidad.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador, para determinar indicaciones de discontinuidades geométricas (4) en la superficie de la superficie lateral de un cuerpo (1),

5 cuyo cuerpo (1) está iluminado mediante una fuente de luz que emite rayos de luz, y
cuyo cuerpo (1) se graba mediante una cámara que emite datos de imagen,
cuyos datos de imagen comprenden valores de las propiedades de color en un píxel,
en el que

10 - se comparan los valores de las propiedades de color de píxeles individuales, y se determina una acumulación de valores de las propiedades de color diferente en una zona parcial de valores (9) de la superficie lateral,
cuyos valores de las propiedades de color diferentes se diferencian de un promedio de color de los valores de las propiedades de color de la superficie lateral o de un valor de la propiedad de color dominante en un valor límite predefinido,

15 se interpreta como una primera indicación de una posición de imagen de una discontinuidad geométrica (4) en píxeles adyacentes a la zona parcial de valores o en la zona parcial de valores, y

20 - el curso de los valores de las propiedades de color en los píxeles de una zona parcial de imagen se superpone con una función de referencia (13), cuya función de referencia describe el curso de los valores de las propiedades de color de los datos de imagen de una superficie que presenta una discontinuidad o ninguna discontinuidad, para generar un conjunto de datos de imagen de superposición (14), que comprende valores de las propiedades de color de superposición en los píxeles, y un valor máximo y/o un valor mínimo en el conjunto de datos de imagen de superposición en un pixel, se interpreta como una segunda indicación de una discontinuidad geométrica (4).

25 30 2. El método de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la primera indicación y la segunda indicación se comparan, para determinar la posición de una discontinuidad (4).

30 35 3. El método de una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado por que** el curso de los valores de las propiedades de color en los píxeles de una zona parcial de imagen, se superpone con una función de interferencia de referencia, cuya función de interferencia de referencia describe el curso de las señales de interferencia o el curso inverso de las funciones de interferencia, generándose de este modo un conjunto de datos de imagen de superposición adicional, que comprende otros valores de las propiedades de color de superposición en los píxeles.

40 40 4. El método de una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** se crean y/o utilizan datos de imagen, que reflejan rayos de luz con una forma de onda definida y/o con una longitud de onda definida y/o con una frecuencia de luz definida.

45 50 5. El método de una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** los datos de la imagen se crean y/o utilizan en forma de imagen negativa.

55 55 6. El método de una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** una zona parcial de red, que comprende una discontinuidad geométrica (4) se almacena en una base de datos como discontinuidad de referencia.

7. El método de una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los valores de las propiedades de color de los píxeles de una zona parcial de valores, que comprende una discontinuidad geométrica (4), se almacenan en una base de datos.

8. El método de una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la zona parcial de la imagen se selecciona dependiendo de la presencia de un valor máximo y/o un valor mínimo de los píxeles.

9. El método de una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** se detectan los bordes (3) del cuerpo (1), cuerpo que se puede representar íntegramente en la imagen, y se verifica la presencia de un cuerpo (1) determinando los puntos de fuga definidos por los bordes.

ES 3 015 907 T3

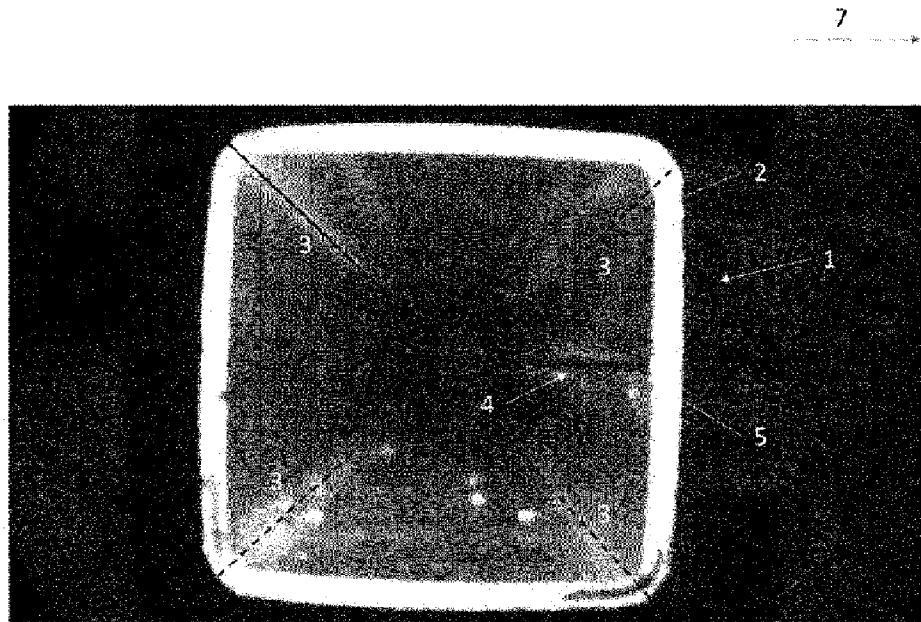


Fig. 1

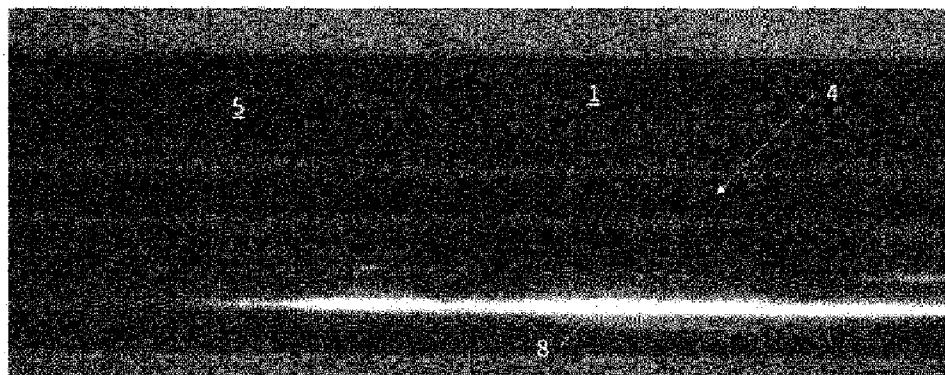


Fig. 2

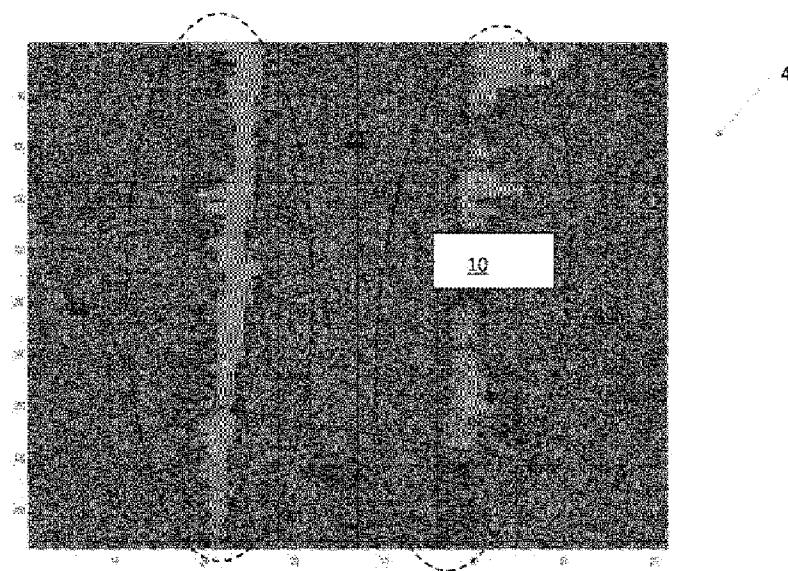


Fig. 3

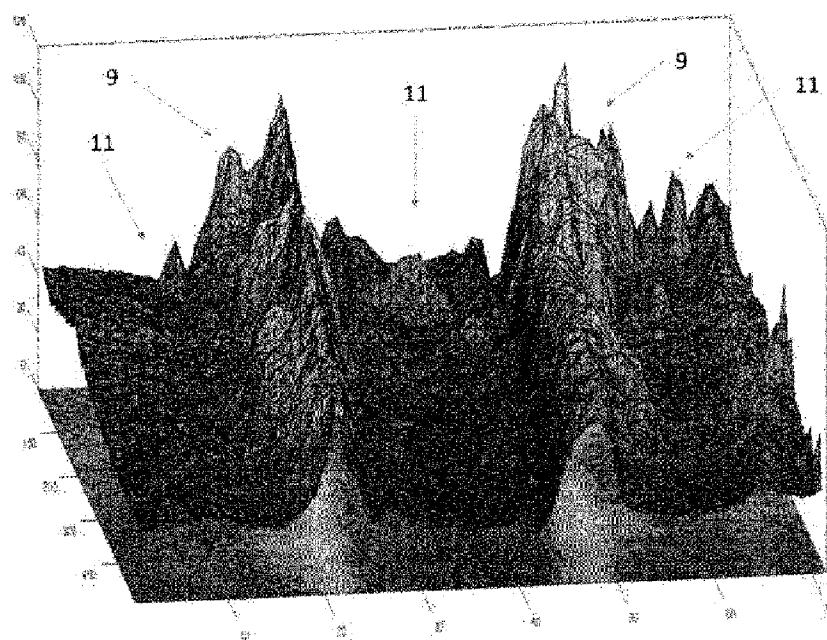


Fig. 4

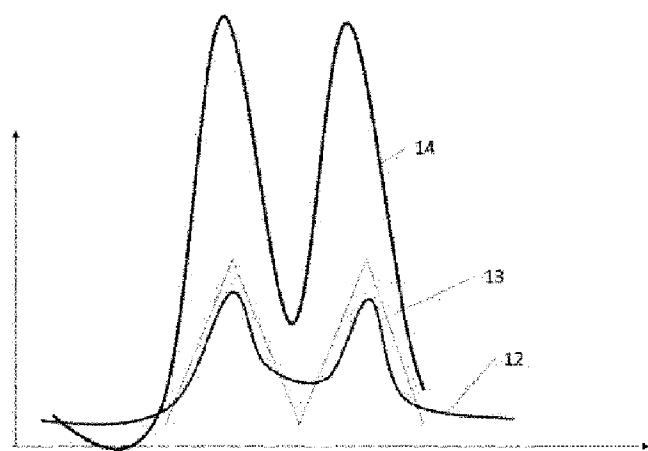


Fig. 5

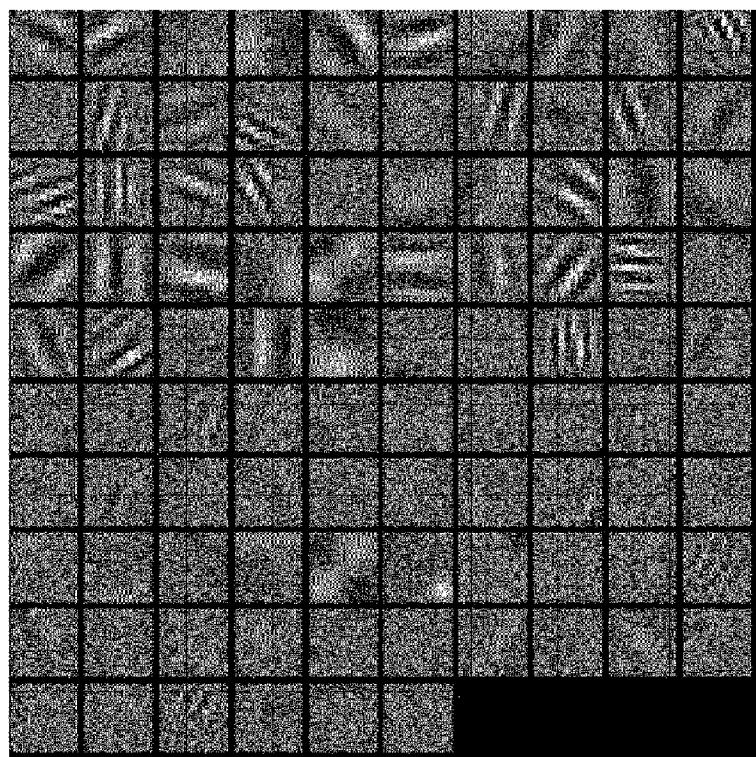


Fig. 6

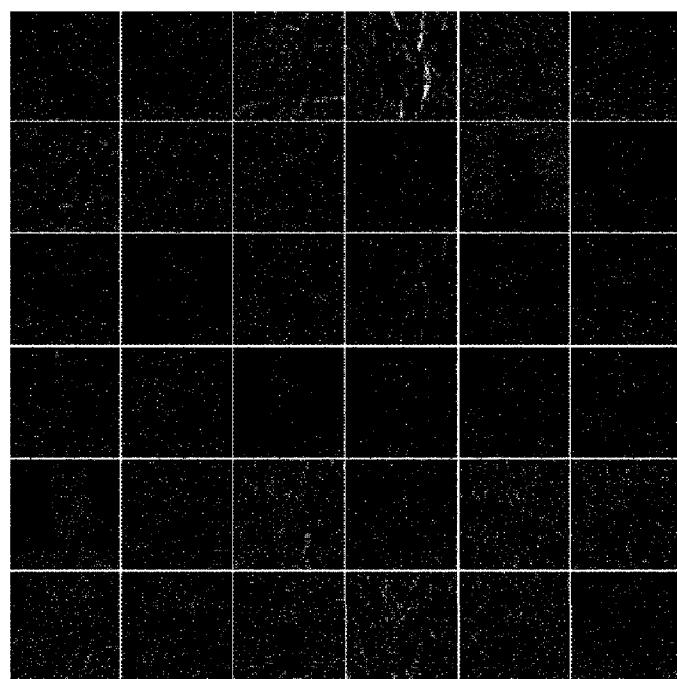


Fig. 7

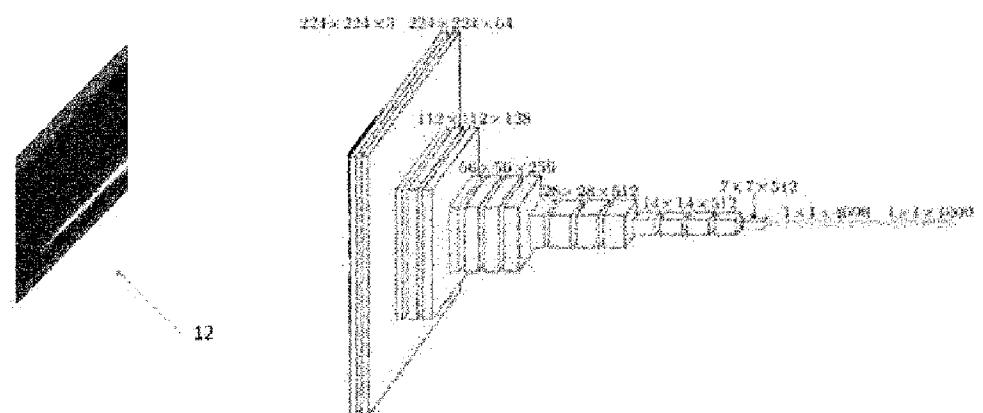


Fig. 8