

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 012 485**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/47 (2006.01)

G01B 11/30 (2006.01)

G01N 21/956 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2018** **PCT/EP2018/063437**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2018** **WO18215504**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2018** **E 18724589 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2025** **EP 3631424**

54 Título: **Dispositivo de detección de un defecto en una superficie por iluminación multidireccional**

30 Prioridad:

24.05.2017 FR 1754637

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2025

73 Titular/es:

FRAMATOME (100.00%)
1 Place Jean Millier Tour Areva
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

SKOPINSKI, CLÉMENT

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 012 485 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

Dispositivo de detección de un defecto en una superficie por iluminación multidireccional

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un dispositivo de detección de un defecto en una superficie.

[0002] Un dispositivo actual consiste esencialmente en un dispositivo óptico capaz de adquirir una imagen o una película de la superficie. Esta imagen o esta película es vista por un operador que indica los defectos que ha detectado.

10 **[0003]** Sin embargo, es probable que el operador no detecte un defecto por falta de atención. Además, los criterios que permiten juzgar un defecto son subjetivos, es decir, que la definición de lo que constituye un defecto puede variar según el operador.

15 **[0004]** Una solución que se suele implementar para paliar estos problemas es la visualización de la película o de la imagen por varios operadores. Además, se usan unos ejemplos de imagen de superficie a fin de mostrar lo que es o no un defecto.

[0005] Sin embargo, los ejemplos representados no son ni exhaustivos ni reproducibles.

20 **[0006]** En caso de un defecto, se consulta a los expertos. Se producen numerosas discusiones entre los expertos, no estando los expertos necesariamente de acuerdo entre sí.

[0007] Es probable que el análisis de una superficie sea largo y complejo.

25 **[0008]** El documento JP 2012 047673 A describe un sistema de inspección de una superficie. Su unidad de iluminación comprende varias fuentes luminosas y una cubierta donde están dispuestas las fuentes luminosas. La cubierta está compuesta por un elemento hemisférico que cubre el objeto inspeccionado. Una unidad de control de la iluminación enciende en secuencia las fuentes luminosas en un orden predeterminado. La unidad de control de las
30 imágenes actúa de manera que el sensor de imagen captura una imagen en sincronización con el momento en que la unidad de control de la iluminación enciende una fuente luminosa. Así, si se conoce el número de una imagen, es posible identificar la dirección de iluminación del objeto inspeccionado.

[0009] El documento WO 02/090952 A1 describe un procedimiento de examen de una superficie donde la luz
35 que incide sucesivamente sobre la superficie en diferentes ángulos de incidencia y que se refleja en dicha superficie es medida por un sensor de imágenes.

[0010] El documento DE 35 40 288 A1 describe un sistema de inspección de soldaduras donde la luz es irradiada en una pieza soldada en diferentes ángulos de incidencia por un emisor de luz para recoger informaciones
40 que indiquen la configuración tridimensional de la pieza soldada y determinen si la configuración es aceptable o no.

[0011] La invención tiene especialmente como objeto resolver este inconveniente suministrando un dispositivo que permita una detección simple y segura de un defecto en una superficie.

45 **[0012]** Para este fin, la invención tiene especialmente por objeto un dispositivo de detección de un defecto en una superficie según la reivindicación 1.

[0013] El dispositivo de detección según la invención puede incluir además las características según las reivindicaciones 2 a 10.

50 **[0014]** La invención se entenderá mejor a partir de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo y hecha en referencia a las figuras anexas entre las que:

- la figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un ejemplo de dispositivo según una realización de la
55 invención,
- la figura 2 es una vista esquemática del dispositivo de la figura 1,
- la figura 3 es un esquema de etapas de una realización del procedimiento que implementa un dispositivo de la invención,
- la figura 4 es un ejemplo de superficie donde se usa el dispositivo de detección de la figura 1,
- 60 - la figura 5 es un ejemplo de la evolución de tres parámetros en una línea de la superficie de la figura 4,
- la figura 6 es un ejemplo de detección de defectos en la superficie de la figura 4, y
- la figura 7 es un ejemplo de parámetros en un conjunto de puntos que presenta un defecto y en un conjunto de puntos que no presenta defecto.

65 **[0015]** En las figuras 1 y 2 se representa un ejemplo de dispositivo de detección 10 de un defecto en una

superficie 12.

[0016] El dispositivo de detección 10 comprende un dispositivo óptico 14, un dispositivo de iluminación 15 que comprende un primer número de fuente(s) de luz 16 y un dispositivo electrónico de cálculo 18.

5

[0017] El dispositivo óptico 14 tiene un eje óptico alineado con una dirección óptica O dada. Posee un campo de adquisición.

[0018] El dispositivo óptico 14 es apto para adquirir una imagen de la superficie 12 en la dirección óptica O dada. El campo de adquisición coincide con la superficie 12 para inspeccionar, de modo que la imagen adquirida representa la superficie 12.

[0019] El dispositivo óptico comprende, por ejemplo, en entrada una óptica que adapta la imagen adquirida por el dispositivo óptico, por ejemplo, el campo de adquisición.

15

[0020] Para cada punto de la superficie, se define una dirección de observación B, B' entre el dispositivo óptico 14 y el punto de la superficie 12.

[0021] El campo de adquisición es en este caso fijo.

20

[0022] La dirección óptica O es de manera típica sustancialmente perpendicular a la superficie 12. Como alternativa, la dirección óptica O no es perpendicular a la superficie 12.

[0023] El dispositivo óptico 14 es, por ejemplo, una cámara.

25

[0024] El dispositivo óptico 14 es, más en particular un dispositivo de transferencia de carga, más habitualmente denominado sensor CCD del inglés "*charge-couple device*", o un sensor CMOS, del inglés "*complementary metal oxide semi-conductor*".

[0025] Alternativamente, el campo de adquisición coincide únicamente con una parte de la superficie 12 y el dispositivo de detección 10 es apto para ser desplazado con respecto a la superficie 12 de manera que pueda adquirir el conjunto de la superficie 12 en varias partes.

[0026] Cada imagen adquirida está constituida por una matriz de píxeles de dimensión $i \times j$, siendo i el número de líneas horizontales y j el número de líneas verticales de la matriz, con al menos uno de los dos parámetros (i, j) superior a 1. El píxel es, por ejemplo, un rectángulo de tamaño denotado por $h \times L$, con h su altura y L su anchura. La altura h es igual a la anchura L . Como alternativa, la altura es diferente de la anchura.

[0027] En lo sucesivo se denomina indistintamente "punto de la superficie" a un píxel de una imagen adquirida o una parte de la superficie adquirida en un píxel.

40

[0028] Las fuentes de luz 16 son capaces de iluminar la superficie 12.

[0029] Para cada punto de la superficie, las fuentes de luz 16 tienen, cada una, una dirección de iluminación E, E' dada que une la fuente luminosa con el punto de la superficie 12. La dirección de iluminación es diferente para cada fuente de luz.

45

[0030] Las fuentes de luz 16 están normalmente dispuestas en una semiesfera 20 que rodea la superficie 12.

[0031] La semiesfera tiene un diámetro D inferior o igual a 50 mm (milímetros), preferentemente inferior o igual a 20 mm.

50

[0032] El diámetro D es, además, estrictamente superior a 5 mm.

[0033] El primer número de fuentes de luz 16 está comprendido entre 32 y 128, más en particular es igual a 96.

55

[0034] Las fuentes de luz 16 son, por ejemplo, unos diodos electroluminiscentes (LED).

[0035] Pueden estar apagados o encendidos. Están configurados para que puedan encenderse independientemente unos de otros.

60

[0036] Las fuentes de luz 16 tienen una intensidad luminosa idéntica.

[0037] Como variante, el dispositivo de iluminación 15 comprende una o más iluminaciones opcionalmente no

65

idénticas.

[0038] El dispositivo electrónico de cálculo 18 es, por ejemplo, un ordenador, una calculadora, un módulo de cálculo, al menos un componente lógico programable tal como un FPGA (del inglés *Field-Programmable Gate Array*) o al menos un circuito integrado dedicado como un ASIC (del inglés *Application-Specific Integrated Circuit*).

[0039] El dispositivo electrónico de cálculo 18 está, por ejemplo, conectado al dispositivo óptico 14 y al dispositivo de iluminación 15.

10 **[0040]** La conexión, por ejemplo, está hecha con cables.

[0041] Alternativamente, la conexión entre el dispositivo electrónico de cálculo 18 y el dispositivo óptico 14 y/o el dispositivo de iluminación 15 se realiza mediante tecnología inalámbrica. La tecnología inalámbrica es, por ejemplo, según un protocolo Wifi que corresponde a un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica regidos por las 15 normas del grupo IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11).

[0042] El dispositivo electrónico de cálculo 18 es capaz de encender o apagar cada una de las fuentes de luz 16 independientemente unas de otras.

20 **[0043]** El dispositivo electrónico de cálculo 18 está, además, diseñado para activar la adquisición de al menos una imagen de la superficie por el dispositivo óptico 14.

[0044] Así, está configurado para impulsar la adquisición de una pluralidad de imágenes de la superficie por el dispositivo óptico 14, con cada imagen adquirida según la dirección óptica O dada y con una única fuente de luz 25 encendida o una combinación definida de fuentes únicas encendidas. Esta fuente o esta combinación es diferente para cada imagen. Cada imagen corresponde a una iluminación diferente.

[0045] Para cada punto de la superficie, el dispositivo electrónico de cálculo 18 está configurado para calcular a partir de las imágenes adquiridas una pluralidad de parámetros, tal que los parámetros comprenden coeficientes de una ecuación que caracteriza la respuesta de dicho punto de la superficie según la dirección de iluminación y de una 30 dirección de observación, y después para deducir parámetros calculados si la superficie presenta un defecto en dicho punto.

35 **[0046]** Este último punto se detalla a continuación en relación con el procedimiento de detección de un defecto.

[0047] El dispositivo 10 comprende en este caso una herramienta 22 que comprende el dispositivo óptico 14 y el dispositivo de iluminación 15.

40 **[0048]** En el ejemplo representado, el dispositivo electrónico de cálculo 18 está colocado en el exterior de la herramienta 22.

[0049] En el caso de una conexión del dispositivo electrónico de cálculo 18 con el dispositivo óptico 14 y/o el dispositivo de iluminación 15 por cable, el dispositivo electrónico de cálculo 18 está colocado, por ejemplo, en un soporte 23 desplazable. El soporte 23 comprende, por ejemplo, ruedecillas.

45 **[0050]** La herramienta 22 tiene dimensiones tales que está comprendida en un cilindro que tiene una longitud igual a 200 mm, más en particular igual a 150 mm, y un diámetro igual a 100 mm, más en particular igual a 75 mm.

50 **[0051]** La herramienta 22 tiene una masa inferior a 3 kg (kilogramos), más específicamente inferior a 2 kg.

[0052] La herramienta comprende un mango 24 y una cabeza 26 solidarios entre sí. La herramienta 22 está constituida, por ejemplo, por el mango 24 y la cabeza 26.

55 **[0053]** El mango 24 y la cabeza 26 no se mueven entre sí. Están hechos, por ejemplo, de una sola pieza.

[0054] Como variante, el mango 24 y la cabeza 26 forman parte solidaria en una zona de conexión, siendo el mango 24 capaz de desplazarse con respecto a la cabeza 26 según una conexión pivotante o una conexión de rótula.

60 **[0055]** El mango 24 es apto para ser asido por un usuario.

[0056] Se extiende principalmente según una dirección longitudinal, por ejemplo, alineada con la dirección óptica O.

65 **[0057]** El mango 24 es sustancialmente cilíndrico.

- [0058]** La cabeza 26 comprende en este caso el dispositivo óptico 14 y el dispositivo de iluminación 15.
- [0059]** La cabeza 26 define una concavidad 28.
- 5 **[0060]** La concavidad 28 está abierta, es decir, se comunica con el exterior de la herramienta 22.
- [0061]** La concavidad 28 está abierta en oposición al mango 24.
- 10 **[0062]** La concavidad define una forma interna que se corresponde con la semiesfera 20 del dispositivo de iluminación 15.
- [0063]** La cabeza 26 está conectada al mango 24 en un punto alineado según la dirección longitudinal del mango 24 con la parte superior de la semiesfera 20. Más en particular, el mango 24 está alineado según su dirección longitudinal con la parte superior de la semiesfera 20.
- 15 **[0064]** Las fuentes luminosas 16 son capaces de iluminar la concavidad 28.
- [0065]** El dispositivo óptico 14 está colocado en la parte superior de la semiesfera 20.
- 20 **[0066]** El eje óptico del dispositivo óptico 14 se extiende en la concavidad 28.
- [0067]** La cabeza 26 es apta para aplicarse en contacto con la superficie 12. Más en particular, comprende una superficie de apoyo 30 apta para ponerse en contacto con la superficie 12, de manera que la superficie 12 pueda ser iluminada con el dispositivo de iluminación 15 y adquirida con el dispositivo óptico 14.
- 25 **[0068]** La superficie de apoyo 30 está adaptada para que la concavidad 28 de la cabeza 26 forme un espacio cerrado cuando la superficie de apoyo 30 se coloca en contacto con la superficie 12.
- [0069]** La superficie de apoyo 30 se extiende alrededor de un círculo que define un borde de la concavidad 28.
- 30 **[0070]** La superficie de apoyo 30 está comprendida en un plano sustancialmente perpendicular a la dirección óptica O del dispositivo óptico 14.
- [0071]** La superficie de apoyo 30 es un anillo cuyo radio interno corresponde a un radio de la semiesfera 20 del dispositivo de iluminación 15.
- 35 **[0072]** La herramienta 22 comprende, además, al menos una pieza de adaptación que tiene una forma en general cilíndrica que se extiende entre una primera y una segunda superficie de extremo. La primera superficie de extremo es apta para cooperar con la superficie de apoyo 30. La segunda superficie de extremo es apta para cooperar con la superficie 12 donde la herramienta está destinada a aplicarse. En particular, si la superficie 12 es curva, la segunda superficie de extremo es un anillo que presenta una curvatura similar a la superficie. La pieza de adaptación es, por ejemplo, opaca, de manera que la luz se mantiene en el espacio definido entre las fuentes de luz 16, la superficie 12 y la pieza de adaptación.
- 40 **[0073]** Como variante, el dispositivo electrónico de cálculo 18 está comprendido en la herramienta 22, más en particular en el mango 24.
- [0074]** A continuación, se va a describir un procedimiento de detección de un defecto en una superficie en relación con la figura 2.
- 50 **[0075]** El procedimiento es implementado en este caso por el dispositivo descrito anteriormente.
- [0076]** El procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 55 - adquisición 100,
- cálculo de parámetros 102, y
- deducción de la presencia de un defecto 104.
- [0077]** Durante la adquisición 100, el dispositivo 10 está colocado en contacto con la superficie 12, más en particular al nivel de la superficie de apoyo 30 del dispositivo 10.
- 60 **[0078]** Si la superficie 12 es curva, se usa ventajosamente una pieza de adaptación entre la herramienta y la superficie 12 para permitir una mejor adaptación de la herramienta en la superficie.
- 65 **[0079]** Durante la adquisición 100, el dispositivo óptico 14 adquiere una pluralidad de imágenes 200 de la

superficie. Una imagen de este tipo se representa en la figura 3.

[0080] Cada imagen 200 se adquiere con una iluminación de la superficie 12 en una dirección de iluminación dada E, E' para cada punto de la superficie y con el eje óptico del dispositivo óptico 14 en una dirección óptica O dada.

[0081] Las imágenes 200 son adquiridas con diferentes direcciones de iluminación E, E' o combinaciones de direcciones de iluminación.

[0082] En la realización representada, las direcciones de iluminación E, E' difieren para cada imagen adquirida y la dirección óptica O es invariable y sustancialmente perpendicular a la superficie 12.

[0083] Para cada imagen adquirida se enciende una única fuente de luz o una combinación definida de fuentes 16 individuales del dispositivo de iluminación, siendo la única fuente de luz o la combinación diferente para cada imagen adquirida.

[0084] El conjunto de fuentes de luz o de combinaciones es, a su vez, encendido, a fin de adquirir una imagen para fuente de luz o por combinación. Como variante, algunas fuentes o combinaciones no están encendidas.

[0085] Seguidamente, durante el cálculo de parámetros 102, para cada punto 202 de la superficie, es decir, en este caso para cada píxel de las imágenes adquiridas, se calcula una pluralidad de parámetros a partir de las imágenes adquiridas.

[0086] Los parámetros se calculan a partir de los coeficientes de una ecuación que caracteriza la respuesta de dicho punto de la superficie según la dirección de iluminación E, E' y de una dirección de observación B, B'.

[0087] Para cada punto 202 de la superficie 200, el cálculo de parámetros 102 comprende en este caso las etapas siguientes:

- definición de una magnitud 106,
- elección de modelo 108, y
- cálculo de coeficientes 110.

[0088] Durante la definición de una magnitud 106, se define una magnitud que evoluciona según las imágenes adquiridas.

[0089] Por ejemplo, la magnitud es en este caso la intensidad de gris del punto de la superficie, siendo la intensidad de gris variable según las imágenes adquiridas.

[0090] Simultáneamente, se elige un modelo que representa la evolución de la magnitud 108. El modelo depende de la o las direcciones de iluminación E, E' y/o de la dirección de observación B, B'. El modelo comprende unos coeficientes.

[0091] En este caso, el modelo depende únicamente de la dirección de iluminación. Tiene, por ejemplo, la siguiente forma: $G(E) = a_0 \times D_u^2 + a_1 \times D_v^2 + a_2 \times D_u \times D_v + a_3 \times D_u + a_4 \times D_v + a_5$, con G la magnitud, E la dirección de iluminación, a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 los coeficientes y siendo D_u y D_v las coordenadas del vector que une la fuente de iluminación con el punto de la superficie.

[0092] Los coeficientes a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 son aquí indeterminados.

[0093] A continuación, durante el cálculo de los coeficientes 110, se realiza una aplicación de la magnitud en el modelo con el fin de calcular los valores de a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 .

[0094] Los parámetros son en este caso iguales a los coeficientes a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 así calculados.

[0095] Para cada punto de la superficie, se define la misma magnitud y el mismo modelo. Así, para cada punto de la superficie se obtienen los parámetros a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 y a_5 . Se obtiene, por ejemplo, un mapa de la superficie que representa los valores de los parámetros para cada punto de la superficie.

[0096] En la figura 5, se representa la evolución de tres parámetros a lo largo de la línea 204 de puntos de la superficie representada en la figura 4.

[0097] Como variante, los parámetros son otros valores calculados a partir de unos coeficientes.

[0098] Durante la deducción de la presencia de un defecto 104, se deduce a partir de unos parámetros calculados si la superficie presenta un defecto en dicho punto.

[0099] En la figura 7, por ejemplo, los parámetros se representan mediante la curva C_1 en un punto que no presenta defecto y con la curva C_2 en un punto que presenta un defecto.

5 **[0100]** El resultado obtenido en la etapa 104 para cada punto es, por ejemplo, un valor booleano que representa de forma binaria si se detecta un defecto en dicho punto.

[0101] En la figura 6 se representa el booleano a lo largo de la línea 204: si el booleano es igual a 0, no se detecta ningún defecto; si el booleano es igual a 1, se detecta un defecto.

10

[0102] Así, en la figura 6, se detecta un único defecto 300 y se extiende sobre varios puntos adyacentes.

[0103] Se usan uno o varios criterios para deducir la presencia de un defecto a partir de unos parámetros. Estos criterios se describen a continuación y se utilizan individualmente o en combinación con el fin de detectar un defecto. Por ejemplo, un defecto es detectado cuando se validan al menos dos de los criterios.

15

[0104] Un primer criterio es que se detecte un defecto en dicho punto cuando al menos un parámetro en dicho punto no esté comprendido en un intervalo.

20

[0105] Más concretamente, el intervalo se centra en torno al valor medio de dicho parámetro en el conjunto de los puntos de la superficie.

[0106] Como variante, el intervalo es un intervalo dado.

25

[0107] Alternativamente, un defecto se detecta en dicho punto cuando al menos un número dado de parámetros en dicho punto no están comprendidos en un intervalo respectivo.

[0108] Un segundo criterio es que un defecto se detecta en dicho punto cuando al menos un parámetro en dicho punto difiere de un valor elegido como umbral de detección con respecto al ruido de fondo de dicho parámetro en un punto adyacente, no presentando la superficie un defecto en el punto adyacente.

30

[0109] Así, poco a poco, se analiza la superficie.

[0110] Conviene entonces definir al menos un primer punto de la superficie para el que no existe un defecto.

35

[0111] Como variante, el dispositivo electrónico de cálculo 18 considera que una parte de la superficie carece de defecto y, poco a poco, detecta unos defectos en la superficie. Si el resultado se considera inaceptable, por ejemplo, si una mayoría de la superficie es detectada como portadora de un defecto, entonces la etapa se repite considerando que otro punto, distinto del anterior, carece de defecto.

40

[0112] Un tercer criterio se basa en la geometría de una señal.

[0113] La señal en este caso es la evolución de uno o varios parámetros en un conjunto de puntos definido. Los puntos del conjunto son en este caso adyacentes. El conjunto de puntos es, por ejemplo, una zona centrada en un punto central.

45

[0114] Se definen unos patrones correspondientes a los casos donde se detecta un defecto y/o donde no se detecta ningún defecto. La forma de la señal se compara con los patrones, a fin de decidir si se ha detectado un defecto. El defecto se detecta en el punto central, en una zona que comprende el punto central e incluida en el conjunto de puntos o en el conjunto de puntos.

50

[0115] Así, para cada punto de la superficie, se deduce a partir de los parámetros si un defecto está presente o no.

55

[0116] Esto puede representarse, por ejemplo, en una cartografía binaria de la superficie, con el fin de visualizar fácilmente los defectos.

[0117] Como alternativa, las fuentes de luz 16 no tienen una intensidad luminosa idéntica. A continuación, se realiza una calibración del dispositivo.

60

[0118] Ventajosamente, además de la deducción de la presencia de un defecto, el procedimiento comprende una etapa de categorización de la naturaleza del defecto.

[0119] Según los criterios descritos anteriormente, puede definirse la naturaleza de un defecto, por ejemplo, entre una fisura, una raya, una deformación o una porosidad.

65

[0120] Como variante, el cálculo de los parámetros 102 se basa en otro modelo matemático tal como la función de distribución de la reflectancia bidireccional (o BRDF) o la descomposición modal discreta (o DMD) o la función de textura bidireccional (o BTF del inglés "Bidirectional Texture Function").

5

[0121] La deducción directa a partir de parámetros calculados a partir de imágenes adquiridas permite, en concreto, superar la susceptibilidad a la presencia de un defecto que varía según los operadores. El procedimiento permite así obtener un resultado único y objetivo. De esta manera el procedimiento es sencillo y seguro.

10 **[0122]** La herramienta presenta dimensiones reducidas. Esto permite especialmente inspeccionar una superficie cuya accesibilidad es reducida. Esto permite igualmente disminuir lo penoso del trabajo del usuario que implementa el dispositivo de detección, ya que la herramienta es fácil de llevar por el usuario, en particular por el mango.

15 **[0123]** Además, el dispositivo de detección puede ser desplazado por un usuario o un sistema robótico. Esto permite en especial implementar fácilmente la inspección de una superficie.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección de un defecto en una superficie (12), comprendiendo el dispositivo de detección (10):

- un dispositivo óptico (14) que tiene un eje óptico, tal que el dispositivo óptico (14) es capaz de adquirir una imagen de la superficie (12) según una dirección óptica dada (O),
- un dispositivo de iluminación (15) que comprende una pluralidad de fuentes luminosas (16), estando las fuentes luminosas (16) colocadas en una semiesfera (20), tal que cada fuente luminosa (16) presenta un estado apagado y un estado encendido, presentando cada fuente luminosa (16) una dirección de iluminación (E, E'),
- un dispositivo electrónico de cálculo (18),

tal que el dispositivo electrónico de cálculo (18) es capaz de controlar el dispositivo óptico (14) y el dispositivo de iluminación (15) de manera que el dispositivo óptico (14) adquiera una pluralidad de imágenes de la superficie (12), estando diferentes fuentes luminosas (16) o diferentes combinaciones de fuentes luminosas (16) encendidas para cada imagen, teniendo la semiesfera (20) un diámetro D inferior o igual a 50 mm (milímetros), comprendiendo el dispositivo de iluminación (15) un primer número de fuentes de luz (16), estando el primer número comprendido entre 32 y 128, teniendo cada fuente de luz (16) una dirección de iluminación diferente (E, E'), para cada imagen adquirida, de manera que una única fuente de luz o una combinación de fuentes definida (16) está encendida, siendo la única fuente de luz o combinación (16) diferente para cada imagen (200) adquirida, teniendo las fuentes de luz (16) intensidades luminosas respectivas idénticas entre sí, estando el dispositivo electrónico de cálculo (18) configurado para calcular, para cada punto de la superficie, a partir de las imágenes adquiridas, una pluralidad de parámetros, comprendiendo los parámetros coeficientes de una ecuación que caracteriza la respuesta a dicho punto de la superficie según la dirección de iluminación y de una dirección de observación, y después para deducir parámetros calculados si la superficie presenta un defecto en dicho punto.

2. Dispositivo de detección según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo óptico (14) está inmóvil con respecto a la semiesfera (20).

3. Dispositivo de detección según la reivindicación 1 o 2, que comprende una superficie de apoyo (30) apta para ponerse en contacto con la superficie (12).

4. Dispositivo de detección según la reivindicación 2 y 3, **caracterizado porque** la dirección óptica (O) del dispositivo óptico (14) es sustancialmente perpendicular a una superficie de apoyo (30) del dispositivo (10) apta para ponerse en contacto con la superficie (12).

5. Dispositivo de detección según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado porque** la superficie de apoyo (30) es un anillo cuyo radio interno corresponde a un radio de la semiesfera.

6. Dispositivo de detección según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, que comprende una pieza de adaptación que presenta un primer extremo apto para ser montado en la superficie de apoyo (30) y un segundo extremo apto para cooperar con la superficie (12).

7. Dispositivo de detección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una herramienta que comprende el dispositivo óptico (14) y el dispositivo de iluminación (15).

8. Dispositivo de detección según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la herramienta comprende un mango (24) apto para ser asido por un usuario.

9. Dispositivo de detección según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** la herramienta comprende una cabeza (26) que define una concavidad (28) que define una superficie interna correspondiente a la semiesfera (20) del dispositivo de iluminación (15).

10. Dispositivo de detección según la reivindicación 9 combinada con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la concavidad (28) está abierta, con la superficie de apoyo (30) extendiéndose alrededor de un borde de la concavidad (28).

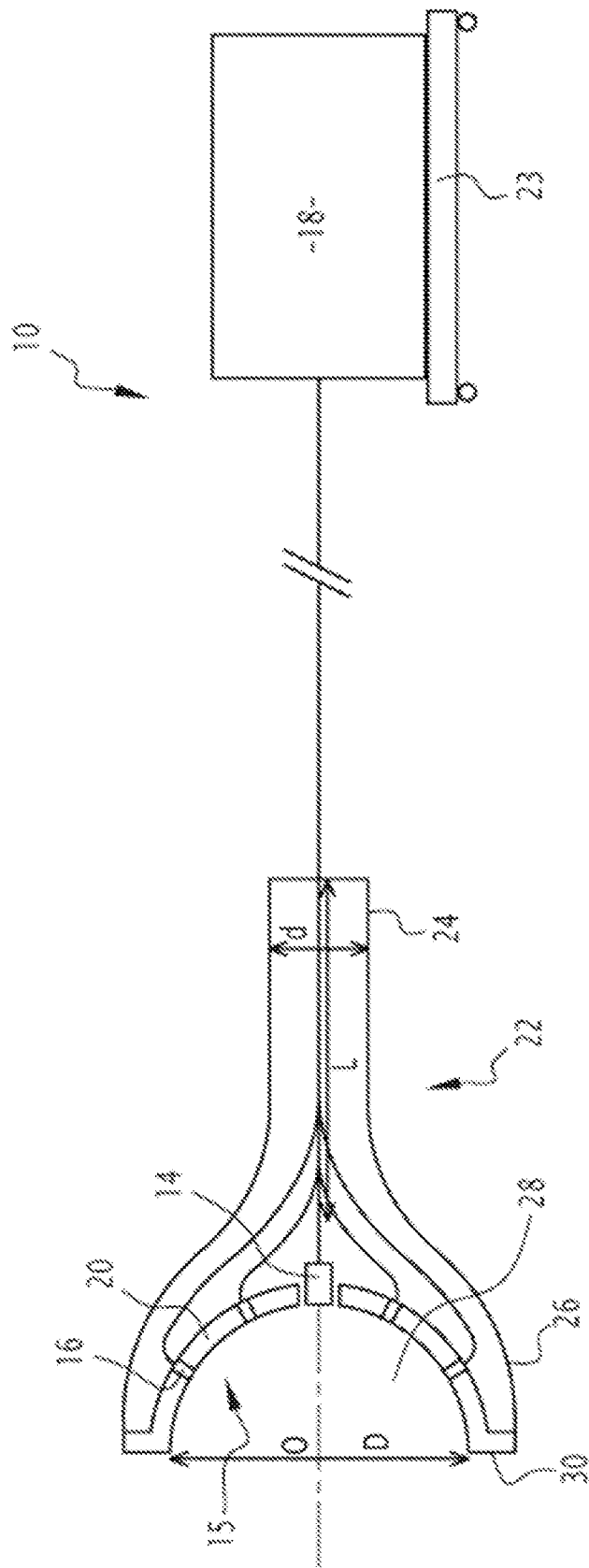


FIG.1

