

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 896 485**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25 (2006.01)

G21C 17/06 (2006.01)

G01B 11/255 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2017 PCT/EP2017/078952**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.05.2018 WO18087328**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2017 E 17801654 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.08.2021 EP 3539137**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para detectar y/o supervisar una abrasión en una superficie de un componente cilíndrico**

30 Prioridad:

11.11.2016 DE 102016121659

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2022

73 Titular/es:

**FRAMATOME GMBH (100.0%)
Paul-Gossen-Strasse 100
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

HUMMEL, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 896 485 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 y procedimiento para detectar y/o supervisar una abrasión en una superficie de un componente cilíndrico

5 **[0001]** La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para detectar y/o supervisar una abrasión en una superficie de un componente cilíndrico, en particular de un componente en forma de barra de una central nuclear o de un componente utilizado en una central nuclear, en particular una barra de combustible, una barra de control, una barra de fuente de neutrones, una barra absorbente y/o una lanza. Un daño en forma de abrasión de material puede ocurrir en la superficie de componentes cilíndricos o en forma de barra que se utilizan en una instalación nuclear o en
10 una central nuclear, por ejemplo, repentinamente al soltarse un trozo en la superficie del componente debido a las fluctuaciones de temperatura, fatiga del material, sobrecarga del material o continuamente en el curso del funcionamiento de la instalación nuclear, por ejemplo, debido a la corrosión del material, el Fredding o la acción de un segundo cuerpo. Dicha abrasión puede menoscabar la relevancia de seguridad del componente y, por tanto, su capacidad de uso, de modo que existe la necesidad evaluar la medida de abrasión en la superficie del componente
15 para poder evaluar si el componente puede seguir utilizándose sin poner en peligro el funcionamiento seguro de la instalación nuclear. En esta evaluación tienen importancia tanto la forma de la abrasión como su profundidad.

[0002] Hasta ahora se conoce explorar la superficie del componente en una zona de la abrasión en la dirección circunferencial, es decir, perpendicular o transversalmente al eje longitudinal del componente en forma de barra, por
20 ejemplo, por medio de una punta de exploración que se guía sobre la superficie del componente. Mediante la evaluación computacional de los valores medidos adquiridos de esta manera se puede determinar una desviación en comparación con la envoltura circular del componente en el estado no dañado y, por tanto, la abrasión. Sin embargo, este procedimiento tiene la desventaja de que el componente a examinar debe ser lo suficientemente accesible desde todos los lados para poder guiar la punta de exploración sobre su superficie, y que la punta de exploración no presenta
25 un radio infinitamente pequeño para no dañar el componente por la exploración en sí. Sin embargo, debido a la realización de la punta de exploración con un radio finitamente pequeño, las transiciones en arista solo se pueden explorar de forma aproximada.

[0003] Además, se conoce un procedimiento en el que, al llenar la abrasión con un material adecuado, se
30 elabora una impresión de la misma que se analiza a continuación en el laboratorio por medio de mediciones en 3D para determinar la forma y/o profundidad de la abrasión. Sin embargo, este procedimiento requiere mucho tiempo, ya que la impresión se debe tomar del componente, por ejemplo, en la piscina de almacenamiento de elementos combustibles de una central nuclear, y la evaluación se realiza generalmente en una celda caliente fuera de la central nuclear.

35 **[0004]** El documento US 4 801 207 A da a conocer un dispositivo con una fuente de luz de hendidura que ilumina una barra de acero con un haz de luz plano. Además, está prevista una cámara que graba la luz reflejada difusamente de la barra de acero. La cámara está conectada a un dispositivo de procesamiento de imágenes y una unidad de salida de imágenes. El documento JP H05 93615 A se refiere a un dispositivo para determinar la sección
40 transversal de una pieza de acero rectangular. Para ello, por una fuente de luz se genera una luz de hendidura en un plano de luz de hendidura. Una cámara tiene un eje óptico que es perpendicular al plano de la hendidura. Además, el plano de luz de hendidura está dispuesto de forma oblicua con respecto al eje longitudinal de la pieza de acero.

[0005] Por tanto, el objetivo de la invención es especificar un dispositivo y un procedimiento con el que se
45 pueda adquirir y examinar de manera fiable y con menor esfuerzo una abrasión en una superficie de un componente cilíndrico.

[0006] El primer objetivo mencionado se logra mediante un dispositivo con las características según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 5.
50

[0007] Configuraciones y variantes ventajosas se especifican en las reivindicaciones dependientes respectivamente.

[0008] El dispositivo para adquirir y/o supervisar una abrasión en una superficie de un componente cilíndrico o
55 en una zona de superficie del componente cilíndrico, en particular de un componente en forma de barra de una central nuclear o un componente usado en una central nuclear, en particular una barra de combustible, una barra de control, una barra de fuente de neutrones, una barra absorbente y/o una lanza, comprende una fuente de luz para proyectar luz sobre una zona de superficie del componente cilíndrico. Además, el dispositivo comprende una unidad de adquisición de imágenes, en particular una cámara, para adquirir o grabar una imagen de la zona de superficie del
60 componente cilíndrico sobre la que se proyecta la luz y/o para supervisar la zona de superficie del componente cilíndrico. Además, el dispositivo comprende una unidad de evaluación para determinar la medida de una abrasión sobre la base de una desviación de la superficie verdadera de la zona de superficie adquirida en la imagen de una superficie cilíndrica ideal del componente cilíndrico. A este respecto, la fuente de luz es una lámpara de hendidura que emite luz sobre el componente esencialmente en un plano de radiación de luz. En referencia al componente cilíndrico,
65 la fuente de luz está dispuesta de tal manera que el plano de radiación de luz está orientado perpendicularmente a un

eje longitudinal del componente cilíndrico. Durante la supervisión de una abrasión, la unidad de adquisición de imágenes se puede posicionar en una primera orientación, y a saber de tal manera que el eje óptico de la unidad de adquisición de imágenes esté orientado o alineado con un ángulo con respecto al plano de radiación de luz de la fuente de luz. A este respecto, el eje óptico está orientado además en particular de tal manera que interseca un eje longitudinal central del componente cilíndrico. Además, la unidad de adquisición de imágenes está alineada preferentemente de modo que el componente cilíndrico se representa en la imagen en la ubicación vertical.

[0009] Para adquirir una abrasión, es decir, localizar y/o encontrar un defecto o abrasión, la unidad de adquisición de imágenes se puede posicionar preferentemente también en una segunda orientación, en la que el eje óptico en la segunda orientación está orientado perpendicularmente al eje longitudinal del componente cilíndrico y, por tanto, en paralelo al plano de radiación de luz de la fuente de luz. Tanto la primera orientación como la segunda orientación de la unidad de adquisición de imágenes se pueden variar, de modo que se pueden implementar distintos ángulos con los que el eje óptico interseca el plano de radiación de luz, y se pueden adquirir distintas secciones longitudinales del componente cilíndrico. Por tanto, la unidad de adquisición de imágenes está dispuesta de forma desplazable y/o giratoria, por ejemplo, en un dispositivo de sujeción en una piscina de almacenamiento de elementos combustibles.

[0010] Por tanto, una abrasión (de material) que ha ocurrido en una superficie o superficie envolvente de un componente cilíndrico se debe detectar ópticamente con el dispositivo y, en particular, también supervisarse y evaluarse con mayor precisión. Si la superficie del componente cilíndrico presenta una abrasión, se deben analizar tanto la profundidad como también el contorno o la forma de la abrasión. Para ello, la luz se proyecta sobre la zona de la superficie que presenta o comprende al menos una parte de la abrasión, es decir, sobre el punto de abrasión o al menos una parte del punto de abrasión. A continuación, por la unidad de adquisición de imágenes se realiza una grabación de la zona de superficie que se ilumina por la fuente de luz.

[0011] La idea consiste en utilizar una lámpara de hendidura como fuente de luz, que emite luz esencialmente en un plano de radiación de luz, es decir, la fuente de luz genera y emite un haz de luz en forma de hendidura delimitado con nitidez. Por tanto, la zona de superficie sobre la que se proyecta la luz con la lámpara de hendidura es igualmente estrecha y se extiende predominantemente en la dirección circunferencial a lo largo de la superficie del componente cilíndrico. El campo de visión de la unidad de adquisición de imágenes o cámara encierra una zona parcial (ángulo circunferencial) del haz de luz de la fuente de luz sobre el componente cilíndrico. De este modo se produce la ventaja de que la extensión espacial del haz de luz proyectado se puede reconocer tan bien como sea posible en la imagen adquirida por la cámara. En la imagen, el haz de luz proyectado se representa como una elipse en la superficie envolvente o en una zona libre de abrasión y, por tanto, no dañada de la superficie del componente cilíndrico. En las zonas en las que se ha realizado la abrasión, la superficie verdadera se desvía de la superficie envolvente cilíndrica ideal, de modo que la imagen del haz de luz proyectado también se desvía de la forma de una elipse. Sobre la base de esta desviación del haz de luz proyectado de la forma elíptica ideal se puede determinar la medida de la abrasión, es decir, en particular una profundidad y/o contorno de la abrasión.

[0012] Para ello, la unidad de adquisición de imágenes está dispuesta en referencia a la fuente de luz de tal manera que el eje óptico de la unidad de adquisición de imágenes interseca el plano de radiación de luz con un ángulo tal que una abrasión con una gran profundidad se puede representar completamente en la imagen sin que el haz de luz proyectado se cubra por las aristas o salientes de la zona de superficie que rodea la abrasión. Cuanto más profunda sea la abrasión tanto más plano se selecciona el ángulo entre la unidad de adquisición de imágenes y el plano de radiación de luz. Cuanto más se extiende la abrasión en la dirección longitudinal del componente cilíndrico, tanto mayor puede ser el ángulo, lo que facilita la evaluación de la medida de la abrasión. Un ángulo en un rango de aproximadamente 30 °-50 °C se puede especificar como ventajoso, tanto para una dirección de observación de la unidad de adquisición de imágenes oblicuamente desde abajo como también oblicuamente desde arriba, ya que aquí la forma elíptica asume una forma suficientemente grande, lo que simplifica la evaluación y el haz de luz proyectado, sin embargo, no se oculta esencialmente por las aristas y salientes. La unidad de adquisición de imágenes y la fuente de luz se posicionan lateralmente decaladas en referencia al componente cilíndrico. A este respecto, el dispositivo se puede posicionar de forma variable a lo largo del eje longitudinal o en la dirección horizontal y en la dirección circunferencial o en la dirección vertical del componente cilíndrico, es decir, se puede desplazar en distintas posiciones en la dirección longitudinal y en la dirección circunferencial del componente cilíndrico -en la medida en que sea accesible- para poder examinar las zonas de superficie o los puntos de abrasión en diferentes secciones longitudinales del componente cilíndrico.

[0013] Como parte del dispositivo está prevista una unidad de evaluación para supervisar la zona de superficie o para determinar la medida del daño, es decir, en particular para determinar una profundidad y/o contorno de la abrasión. La unidad de evaluación para evaluar las grabaciones o la información de la imagen está configurada habitualmente como un ordenador separado. Las grabaciones de la unidad de adquisición de imágenes se evalúan y analizan fotogramétricamente en la unidad de evaluación, teniendo en cuenta la disposición geométrica de la unidad de adquisición de imágenes, la fuente de luz y el componente cilíndrico entre sí.

[0014] Otra ventaja del dispositivo consiste en que las cámaras ya presentes *in situ* que ya se usan para la

inspección visual se pueden utilizar como la unidad de adquisición de imágenes, de modo que el gasto técnico en equipos y, por tanto, los costes son bajos. El uso de una lámpara de hendidura también tiene la ventaja de que el daño o el punto de abrasión dentro del plano de radiación de luz en sí presenta una iluminación muy buena y mejorada notablemente, por ejemplo, en comparación con el uso de un láser, incluso en el caso de socavamientos leves.

5

[0015] Como ya se mencionó, la fuente de luz está dispuesta preferentemente en referencia al componente cilíndrico de tal manera que el plano de radiación de luz esté orientado perpendicularmente a un eje longitudinal del componente cilíndrico. La luz proyectada sobre la superficie del componente cilíndrico o el haz de luz proyectado sobre la superficie del componente cilíndrico se extiende por tanto en una dirección transversal del componente cilíndrico que discurre perpendicularmente al eje longitudinal, y la zona de superficie sobre la que se proyecta la luz es la generatriz del componente. En el caso de una zona de superficie libre de abrasión o no dañada, el haz de luz proyectado sobre la superficie del componente cilíndrico se representa así en la imagen adquirida por la cámara como parte de una elipse. Sobre la base de una desviación de la grabación de la superficie de la forma elíptica se pueden reconocer daños o una abrasión en la superficie, cuya medida se puede determinar con mayor precisión mediante consideraciones geométricas y/o matemáticas.

10

[0016] Además, en una realización preferida, la fuente de luz está dispuesta en referencia al componente cilíndrico de tal manera que el plano de radiación de luz adquiere completamente el componente cilíndrico en una dirección circunferencial o en la dirección transversal.

20

[0017] En otra realización preferida, la unidad de adquisición de imágenes está dispuesta con respecto a la fuente de luz de tal manera que una proyección perpendicular del eje óptico de la unidad de adquisición de imágenes discurre sobre el plano de radiación de luz de manera congruente con un eje longitudinal central del plano de radiación de luz de la fuente de luz. Por tanto, la unidad de adquisición de imágenes y la fuente de luz están dispuestas una sobre la otra, con respecto a una dirección longitudinal del componente cilíndrico. Por tanto, la unidad de adquisición de imágenes está dispuesta centralmente con respecto a la zona de superficie iluminada por la fuente de luz, lo que es ventajoso tanto para registrar la imagen como también para determinar la medida de la abrasión.

25

[0018] Además, es ventajoso si la unidad de adquisición de imágenes está dispuesta a una distancia del componente cilíndrico, dicho más precisamente de su superficie y/o a una distancia del plano de radiación de luz o la fuente de luz, de tal manera que la zona de superficie sobre la que se proyecta el haz de luz y/o el componente cilíndrico se pueda reproducir completamente en la imagen de la cámara en una dirección transversal orientada perpendicularmente a su eje longitudinal. En otras palabras: en este caso, el haz de luz proyectado sobre la superficie se encuentra completamente en el campo de visión de la unidad de adquisición de imágenes, en la que el componente cilíndrico también está dispuesto para llenar la imagen en la medida de lo posible en la dirección transversal.

30

[0019] Con el fin de reducir la incidencia de luz interferente del entorno, en una variante preferida está previsto que la fuente de luz y la cámara se dispongan dentro de una carcasa, preferentemente dentro de una carcasa común, que presenta una abertura y/o una zona transparente en un lado dirigido hacia el componente cilíndrico en un campo de visión de la cámara y/o a lo largo del plano de radiación de luz del haz de luz emitido por la fuente de luz. Con el fin de posibilitar un examen bajo el agua, por ejemplo, el examen de una barra de combustible en una piscina de almacenamiento de elementos combustibles, tanto la cámara como la fuente de luz ya están configuradas de forma estanca al agua. Sin embargo, también sería planteable disponer los dos componentes en una carcasa común y estanca al agua.

40

[0020] El segundo objetivo mencionado se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 6. Configuraciones y variantes ventajosas se especifican en las reivindicaciones dependientes respectivamente.

45

[0021] En el procedimiento para detectar y/o supervisar una abrasión de una superficie de un componente cilíndrico o en una zona de superficie del componente cilíndrico, en particular de un componente en forma de barra de una central nuclear o un componente utilizado en una central nuclear, en particular una barra de combustible, una barra de control, una barra de fuente de neutrones, una barra absorbente y/o una lanza, en particular se utiliza un dispositivo con las características descritas anteriormente, en el que se genera luz con una fuente de luz y se proyecta sobre una zona de superficie del componente cilíndrico, y en el que una unidad de adquisición de imágenes adquiere una imagen de la zona de superficie del componente cilíndrico sobre la que se proyecta la luz. A este respecto, la fuente de luz es una lámpara de hendidura que emite luz en un plano de radiación de luz, en la que el plano de radiación de luz está orientado perpendicularmente a un eje longitudinal del componente cilíndrico. El eje óptico de la unidad de adquisición de imágenes está orientado al menos en una primera orientación con un ángulo con respecto al plano de radiación de luz de la lámpara de hendidura. A este respecto, con una unidad de evaluación se determina una medida de abrasión sobre la base de una desviación de la superficie verdadera de la zona de superficie adquirida en la imagen de una superficie cilíndrica ideal del componente cilíndrico.

50

[0022] La unidad de evaluación está concebida para determinar una función que reproduce la superficie del componente cilíndrico en un estado de consigna sobre la base de una sección parcial libre de abrasión adquirida en

65

la imagen.

[0023] Mediante el uso de una lámpara de hendidura, con la que, como ya se mencionó, se logra una buena iluminación del daño o del punto de abrasión a pesar de las posibles aristas o salientes debido a la emisión de la luz en un plano de radiación de luz, el procedimiento es adecuado en particular para la detección y/o análisis de abrasiones de material, que se encuentran frontalmente con respecto a la dirección de visión y presentan principalmente una propagación a lo largo del eje longitudinal del componente cilíndrico.

[0024] En una configuración ventajosa, la zona de superficie en la que se proyecta la luz y/o el componente cilíndrico se adquieren completamente en la imagen de la unidad de adquisición de imágenes en una dirección transversal orientada perpendicularmente al eje longitudinal.

[0025] En el procedimiento, la fuente de luz se posiciona preferentemente de tal manera que la zona de superficie iluminada con la fuente de luz y adquirida con la unidad de adquisición de imágenes presente al menos una sección parcial o zona parcial libre de abrasión y no dañada.

[0026] Una función que reproduce la superficie del componente cilíndrico en un estado de consigna, en particular una función elíptica, se determina sobre la base de la imagen, adquirida por la unidad de adquisición de imágenes, de una sección parcial libre de abrasión. A este respecto, bajo el estado de consigna se debe entender la superficie o superficie envolvente del componente cilíndrico en la zona de superficie en un estado no dañado. En primer lugar, se realiza una abstracción fotogramétrica (diferencias de brillo) de los puntos de imagen proyectados a partir de la información de la imagen. La determinación de función elíptica se realiza a continuación por medio de operaciones de ajuste matemático conocidas de los píxeles. Para confirmar visualmente la exactitud del cálculo, la función elíptica se puede proyectar de nuevo en primer lugar en la imagen. Sobre la base de esta función se puede determinar un radio exterior para cada posición de la zona de superficie que el componente cilíndrico presenta o presentaría en la representación de imagen en el estado no dañado, y que se denomina a continuación como el radio de consigna del componente cilíndrico. La función elíptica describe así la superficie no dañada del componente en su dirección circunferencial. El radio exterior o radio nominal se determina en cada caso a partir del centro de la elipse en la dirección radial.

[0027] En una variante ventajosa se determina un factor de calibración para la relación entre el radio de consigna en la representación de imagen y el radio de consigna real a partir de la función que reproduce la superficie del componente cilíndrico en un estado no dañado, en particular la función elíptica y/o el radio de consigna respectivo del componente cilíndrico en la representación de imagen y un radio de consigna real del componente cilíndrico. A este respecto, bajo el radio de consigna real se debe entender el radio exterior del componente cilíndrico en el estado no dañado y en la representación real, es decir, su radio exterior verdadero, que es constante para toda la superficie circunferencial del componente cilíndrico. El radio exterior verdadero o el radio de consigna real se conoce, por ejemplo, a partir de los planos de construcción de la central nuclear, dibujos de componentes o similares.

[0028] Como ya se describió, la fuente de luz se posiciona preferentemente de tal manera que la zona de superficie iluminada y adquirida presente al menos una abrasión, es decir, una sección parcial o zona parcial dañada. Sobre la base de la imagen de la sección parcial dañada, adquirida por la unidad de adquisición de imágenes, se determina un radio actual en al menos una posición de la sección parcial dañada. Sobre la base de un factor de calibración determinado para esta posición se determina a continuación un radio actual real del componente cilíndrico correspondiente al radio actual en la representación de imagen. Por tanto, bajo el radio actual se debe entender el radio exterior local del componente cilíndrico en la posición o en el punto de abrasión en la representación de imagen, bajo el radio actual real el radio exterior local del componente cilíndrico en el estado actual o en el estado dañado y en la representación real, es decir, su radio exterior verdadero en la posición o en el punto de abrasión. La profundidad de la abrasión en esta posición en la dirección radial se puede determinar a partir del radio de consigna real conocido del componente cilíndrico y el radio actual real determinado.

[0029] Con el fin de supervisar o determinar la medida de la abrasión, es decir, un contorno o forma de la abrasión en la dirección longitudinal y dirección transversal del componente cilíndrico, en una realización preferida del procedimiento está previsto que se determine un radio actual real para al menos dos posiciones espaciadas entre sí en la dirección transversal y/o para al menos dos posiciones que se encuentran en planos espaciados entre sí en la dirección longitudinal. Para determinar el radio actual en las distintas posiciones, solo se requiere una imagen, sobre la base de la cual se determinan varios radios actuales en diferentes planos y posiciones por medio de un software de evaluación adecuado. Cuantas más posiciones y planos se utilicen en este caso, tanto más precisamente se puede realizar un análisis de la abrasión.

[0030] Si se conoce el espesor de pared del componente cilíndrico en el estado de consigna, es decir, un espesor de pared de consigna, y/o el radio interior real en el caso de componentes cilíndricos huecos, como por ejemplo tubos de revestimiento, con el procedimiento se puede determinar adicionalmente el espesor de pared verdadero en el punto de abrasión, es decir, un espesor de pared actual, a partir del que se puedan reconocer en particular debilitamientos locales, relevantes para la seguridad del componente cilíndrico.

[0031] La invención también se explica con más detalle a continuación con vistas a otras características y ventajas sobre la base de la descripción de ejemplos de realización y en referencia a los dibujos adjuntos. Muestran respectivamente en una ilustración esquemática:

FIG. 1 un dispositivo para detectar y supervisar una abrasión en una superficie de una barra de combustible,
 FIG. 2 una sección transversal del dispositivo y de la abrasión de la barra de combustible de la fig. 1 a lo largo del plano de radiación de luz E,
 FIG. 3 una imagen de la abrasión de la barra de combustible de la fig. 2 adquirida por la unidad de adquisición de imágenes.

[0032] La fig. 1 muestra un dispositivo 2 para detectar y supervisar una abrasión 4 que se ha producido en la superficie 5 de un componente cilíndrico 8. En el presente caso, el componente cilíndrico 8 es una barra de combustible de un reactor de agua a presión. El dispositivo 2 comprende una fuente de luz 10 que proyecta luz sobre una zona de superficie 6 del componente cilíndrico 8 en la que ha tenido lugar la abrasión 4. La fuente de luz 10 es una lámpara de hendidura que emite luz en un plano de radiación de luz E y, por tanto, ilumina la zona de la superficie 6. Para adquirir una imagen de la zona de superficie 6 que se ilumina mediante el haz de luz, el dispositivo 2 presenta una unidad de adquisición de imágenes 12 en forma de una cámara. El eje óptico A de la unidad de adquisición de imágenes 12 está orientado con un ángulo α con respecto al plano de radiación de luz E. En el presente caso, el ángulo α es de aproximadamente 35° . La unidad de adquisición de imágenes 12 está dispuesta además a una distancia h por encima del plano de radiación de luz E, en el que la distancia h se refiere al punto en el que el eje óptico A de la unidad de adquisición de imágenes 12 interseca una superficie exterior del sistema de lentes objetivo de la unidad de adquisición de imágenes 12. Además, el dispositivo comprende una unidad de evaluación no representada explícitamente en la fig. 1 para determinar la medida de una abrasión 4 sobre la base de una desviación de la superficie verdadera de la zona de superficie adquirida en la imagen de una superficie cilíndrica ideal del componente cilíndrico 8. La unidad de evaluación es, por ejemplo, un ordenador separado que está conectado a la unidad de adquisición de imágenes 12.

[0033] En referencia al componente cilíndrico 8, la fuente de luz 10 está dispuesta de tal manera que el haz de luz emitido por ella o el plano de radiación de luz E, que interseca el plano de papel perpendicularmente en la fig. 1, está orientado perpendicularmente a un eje longitudinal L o una dirección longitudinal L del componente 8. Además, la fuente de luz 10 está dispuesta en referencia al componente cilíndrico 8 de tal manera que el plano de radiación de luz E adquiera completamente el componente cilíndrico 8 en una dirección transversal Q o ilumine completamente el componente cilíndrico 8 (véase la fig. 2).

[0034] En el presente caso, la unidad de adquisición de imágenes 12 está referida a la dirección longitudinal L del componente 8, de tal manera que una proyección perpendicular M_B del eje óptico A de la unidad de adquisición de imágenes 12 sobre el plano de radiación de luz E discurre de forma congruente con un eje longitudinal central ML del plano de radiación de luz (véase la fig. 2). Por tanto, la unidad de adquisición de imágenes 12 está dispuesta centralmente con respecto a la zona de superficie 6 iluminada por la fuente de luz 10.

[0035] La unidad de adquisición de imágenes 12 presenta una distancia s del componente cilíndrico 8, dicho más precisamente de su superficie 5, nuevamente referido al punto en el que el eje óptico A de la unidad de adquisición de imágenes 12 interseca una superficie exterior del sistema de lentes objetivo de la unidad de adquisición de imágenes 12. A este respecto, la distancia s y la distancia h se seleccionan en función del punto de abrasión 4 o la zona de superficie 6 iluminada por la fuente de luz 10, de tal manera que tanto la zona de superficie 6 en la dirección longitudinal L del componente 8 como también el componente cilíndrico 8 se encuentran completamente en una zona de visión 20 de la unidad de adquisición de imágenes 12 en una dirección transversal Q orientada perpendicularmente al eje longitudinal L del componente 8. A este respecto, se garantiza que todo el punto de abrasión 4 así como una sección parcial libre de abrasión que lo rodea se puedan reproducir completamente en la imagen de la unidad de adquisición de imágenes 12.

[0036] Con el fin de reducir la incidencia de luz interferente, la fuente de luz 10 y la unidad de adquisición de imágenes 12 están dispuestas dentro de una carcasa común 14, que presenta una abertura 18 solo en su lado frontal 16, que está dirigido al componente cilíndrico 8, abertura que se encuentra en el campo de visión 20 de la unidad de adquisición de imágenes 12 y a lo largo del plano de radiación de luz E de la luz emitida por la fuente de luz 10.

[0037] Con el dispositivo se trata un punto de abrasión 4 o una abrasión 4 que se adquiere y supervisa en la superficie 5 del componente cilíndrico 8 o se analiza con vistas a la medida, es decir, profundidad y anchura o contorno, y se evalúa con respecto a los aspectos relevantes para la seguridad. La luz se proyecta con la fuente de luz 10, según la invención una lámpara de hendidura, que emite luz esencialmente en el plano de radiación de luz E, que en el presente caso está orientada perpendicularmente al eje longitudinal del componente 8, sobre la zona de superficie 6 del componente cilíndrico 8 que presenta la abrasión 4. Una imagen de la zona de superficie 6 sobre la que se proyecta la luz se adquiere por medio de la unidad de adquisición de imágenes 12 o la cámara, representada a trazos en la fig. 2. En la imagen, que se muestra en la fig. 3, toda la zona de superficie 6 sobre la que se proyecta la luz se adquiere

tanto en la dirección longitudinal L como también en la dirección transversal Q. El componente cilíndrico 8 se encuentra completamente en el campo de visión 20 de la unidad de adquisición de imágenes 12 en la dirección transversal Q, con el fin de adquirir también secciones parciales libres de abrasión 22a en la imagen. Debido a la orientación de la unidad de adquisición de imágenes 12 con respecto al plano de radiación de luz E con el ángulo α , el componente cilíndrico 8 o su superficie 5, que, como se muestra en la fig. 2, presenta una sección transversal circular en una representación real, se representa como una elipse o como parte de una elipse.

[0038] En la imagen, la zona de superficie 6 presenta a modo de ejemplo dos secciones parciales libres de abrasión 22a' que encierran el punto de abrasión 4 o la sección parcial dañada 22b' entre sí. Sobre la base de las secciones parciales libres de abrasión 22a', una función elíptica que reproduce la superficie 5 del componente cilíndrico 8 en un estado de consigna, es decir, en un estado no dañado, se puede determinar por medio de procedimientos fotogramétricos y matemáticos conocidos. Esto se muestra en la fig. 3 por una línea continua que al mismo tiempo corresponde al radio exterior R_A del componente 8 en un estado no dañado, es decir, un radio de consigna en la representación de imagen. A este respecto, la función elíptica se determina respectivamente para distintos planos E1, E2 espaciados entre sí en la dirección longitudinal.

[0039] Se conoce un radio de consigna real R_A del componente 8, es decir, un radio exterior verdadero del componente 8, y es constante sobre todo el componente debido a la forma cilíndrica o la sección transversal circular. A partir de la función elíptica que reproduce la superficie 5 del componente cilíndrico 8 en el estado de consigna y el radio de consigna real R_A del componente cilíndrico 8 se puede determinar un factor de calibración para la relación entre un radio de consigna R'_A en la representación de imagen y el radio de consigna real R_A para cada dirección radial y en cada plano referido a la dirección longitudinal L.

[0040] Para supervisar la abrasión 4 se determina a continuación un radio actual R'_p en la representación de imagen de la zona de superficie 6 en una posición P', que se encuentra dentro del punto de abrasión 4, es decir, en una sección parcial dañada 22b. Teniendo en cuenta el factor de calibración previamente determinado para la posición P' se determina un radio actual real R_p del componente cilíndrico 8 en la posición P correspondiente al radio actual R'_p en la representación de imagen. A este respecto, la posición P', P caracteriza los puntos situados uno detrás del otro referido a una dirección radial, como factor de calibración se determinado por tanto el factor de calibración determinado para esta dirección radial.

[0041] Para analizar el contorno del punto de abrasión 4, por medio del procedimiento descrito anteriormente se determinan al menos dos radios actuales reales R_{p1} , R_{p2} para dos posiciones P1, P2 espaciadas entre sí en la dirección transversal Q, por lo que se puede determinar con mayor precisión una anchura de la abrasión 4. Además, se determina un radio actual real para al menos dos posiciones P3, P4, que se encuentran en los planos E1, E2 espaciados entre sí en la dirección longitudinal.

[0042] Sobre la base del espesor de pared d del componente cilíndrico 8 en el estado de consigna, es decir, un espesor de pared de consigna, y el radio interior real R_i del componente 8, se puede determinar además el espesor de pared verdadero en el punto de abrasión, es decir, un espesor de pared actual, a partir del cual se pueden reconocer debilitamientos locales del componente cilíndrico.

Lista de referencias

45	2	Dispositivo
	4	Punto de abrasión
	5	Superficie
	6	Zona de superficie
	8	Componente cilíndrico
50	10	Fuente de luz
	12	Unidad de adquisición de imágenes
	14	Carcasa
	16	Lado de la carcasa
	18	Apertura
55	20	Campo de visión de la cámara
	22a	Zona parcial no dañada
	22a'	Zona parcial no dañada en la representación de imagen
	22b	Sección dañada
	22b'	Zona parcial dañada en representación de imagen
60	E	Plano de radiación de luz
	A	Eje óptico de la cámara
	α	Ángulo entre el eje óptico y el plano de radiación de luz
	L	Eje longitudinal del componente
65	Q	Dirección transversal del componente

ML	Eje longitudinal central del plano de radiación de luz
M_B	Proyección perpendicular del eje óptico sobre el plano de radiación de luz
h	Distancia vertical de la cámara del plano de radiación de luz
s	Distancia horizontal de la cámara de la superficie del componente cilíndrico
5 R_I	Radio interior del componente cilíndrico
R_A	Radio exterior de consigna del componente cilíndrico
R'_I	Radio interior del componente cilíndrico en la representación de imagen
R'_A	Radio exterior de consigna del componente cilíndrico en representación de imagen
R_P	Radio exterior actual del componente cilíndrico
10 R'_P	Radio exterior actual del componente cilíndrico en representación de imagen
K	Factor de calibración
d	Espesor de pared del componente cilíndrico
d'	Espesor de pared del componente cilíndrico en la representación de imagen
P	Posición
15	

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (2) para detectar y/o supervisar una abrasión (4) en una superficie de un componente cilíndrico (8), en particular de un componente en forma de barra de una central nuclear, en particular de una barra de combustible, una barra de control, una barra de fuente de neutrones, una barra absorbente y/o una lanza, que comprende
 - una fuente de luz (10) para proyectar luz sobre una zona de superficie (6) del componente cilíndrico (8), en la que la fuente de luz (10) es una lámpara de hendidura que emite luz en un plano de radiación de luz (E), y la fuente de luz (10) se puede disponer con respecto al componente cilíndrico (8) de tal manera que el plano de radiación de luz (E) esté orientado perpendicular a un eje longitudinal (L) del componente cilíndrico (8), y
 - una unidad de adquisición de imágenes (12), en particular una cámara para adquirir una imagen de la zona de superficie (6) en la que se proyecta la luz, y/o para supervisar la zona de superficie (6) del componente cilíndrico (8), en la que el eje óptico (A) de la unidad de adquisición de imágenes (12) está orientado con un ángulo (α) con respecto al plano de radiación de luz (E) de la fuente de luz (10), **caracterizado porque** el dispositivo (2) comprende una unidad de evaluación para determinar la medida de una abrasión (4) sobre la base de una desviación de la superficie verdadera de la zona de superficie (6) adquirida en la imagen desde una superficie cilíndrica ideal del componente cilíndrico (8), en el que la unidad de evaluación está conformada para determinar, sobre la base de una sección parcial libre de abrasión (22a') adquirida en la imagen, una función que reproduce la superficie del componente cilíndrico (8) en un estado de consigna.
2. Dispositivo (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1, en el que la unidad de adquisición de imágenes (12) está dispuesta con respecto a la fuente de luz (10) de tal manera que una proyección perpendicular (M_B) del eje óptico (A) de la unidad de adquisición de imágenes (12) discurre sobre el plano de radiación de luz (E) de manera congruente con un eje longitudinal central (M_L) del plano de radiación de luz (E) de la fuente de luz (10).
3. Dispositivo (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de adquisición de imágenes (12) se puede disponer a una distancia (s) del componente cilíndrico (8) y/o a una distancia (h) del plano de radiación de luz (E), de tal manera que la zona de superficie (6) sobre la que se proyecta la luz y/o el componente cilíndrico (8) se puede reproducir completamente en la imagen de la unidad de adquisición de imágenes (12) en una dirección transversal (Q) orientada perpendicularmente a su eje longitudinal (L).
4. Dispositivo (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de luz (10) y la unidad de adquisición de imágenes (12) están dispuestas dentro de una carcasa (14) que presenta una abertura (18) y/o una zona transparente en un campo de visión de la unidad de adquisición de imágenes (12) y/o a lo largo del plano de radiación de luz (E) de la luz emitida por la fuente de luz (10).
5. Procedimiento para detectar y/o supervisar una abrasión (4) en una superficie de un componente cilíndrico (8), en particular de un componente en forma de barra de una central nuclear, en particular una barra de combustible, una barra de control, una barra de fuente de neutrones, una barra absorbente y/o una lanza, en particular con un dispositivo (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la luz se genera con una fuente de luz (10) y se proyecta sobre una zona de superficie (6) del componente cilíndrico (8), y en el que una unidad de adquisición de imágenes (12) adquiere una imagen de la zona de superficie (6) del componente cilíndrico (8) sobre la que se proyecta la luz, en el que la fuente de luz (10) es una lámpara de hendidura que emite luz en un plano de radiación de luz (E), y el plano de radiación de luz (E) está orientado perpendicularmente a un eje longitudinal (L) del componente cilíndrico (8), y en el que el eje óptico (A) de la unidad de adquisición de imágenes (12) está orientado con un ángulo (α) con respecto al plano de radiación de luz (E) de la lámpara de hendidura, y **caracterizado porque** con una unidad de evaluación sobre la base de una desviación de la superficie verdadera de la zona de superficie (6) adquirida en la imagen a partir de una superficie cilíndrica ideal del componente cilíndrico (8) se determina una medida de una abrasión (4), en el que la zona de superficie (6) iluminada con la fuente de luz (10) y adquirida con la unidad de adquisición de imágenes (12) presenta al menos una sección parcial libre de abrasión (22a), y en el que mediante la unidad de evaluación sobre la base de la sección parcial (22a') adquirida en la imagen se determina una función que reproduce la superficie del componente cilíndrico (8) en un estado de consigna.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que en la imagen de la unidad de adquisición de imágenes (12), la zona de superficie (6) sobre la que se proyecta la luz y/o el componente cilíndrico (8) se adquiere completamente en una dirección transversal (Q) orientada perpendicularmente al eje longitudinal (L).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en el que la función que reproduce un estado de consigna es una función elíptica.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que un factor de calibración para la relación entre un radio de consigna (R'_A) en la representación de imagen y el radio de consigna real (R_A) se determina mediante la unidad de evaluación a partir de la función que reproduce la superficie del componente cilíndrico (8) en un estado de consigna, en particular la función elíptica, y un radio de consigna real (R_A) del componente cilíndrico (8), en el que el radio de

consigna real es un radio exterior del componente verdadero y constante sobre todo el componente debido a la forma cilíndrica.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la zona de superficie (6) iluminada con la fuente de luz (10) y adquirida con la unidad de adquisición de imágenes (12) presenta al menos una sección parcial (22b) que
5 presenta una abrasión (4), y en el que un radio actual (R'_P) se determina mediante la unidad de evaluación (12) sobre la base de la sección parcial (22b') adquirida en la imagen en una posición (P) de la sección parcial (22b') y un radio efectivo real (R_P) del componente cilíndrico (8) correspondiente al radio actual (R'_P) en la representación de imagen se determina sobre la base de un factor de calibración determinado para la posición (P').
- 10 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que un radio actual real (R_{P1} , R_{P2}) se determina para al menos dos posiciones (P1, P2) espaciadas entre sí en la dirección transversal (Q) y/o para al menos dos posiciones que se encuentran en planos (E1, E2) espaciados entre sí en la dirección longitudinal, con el fin de examinar un contorno de la abrasión (4).

FIG 1

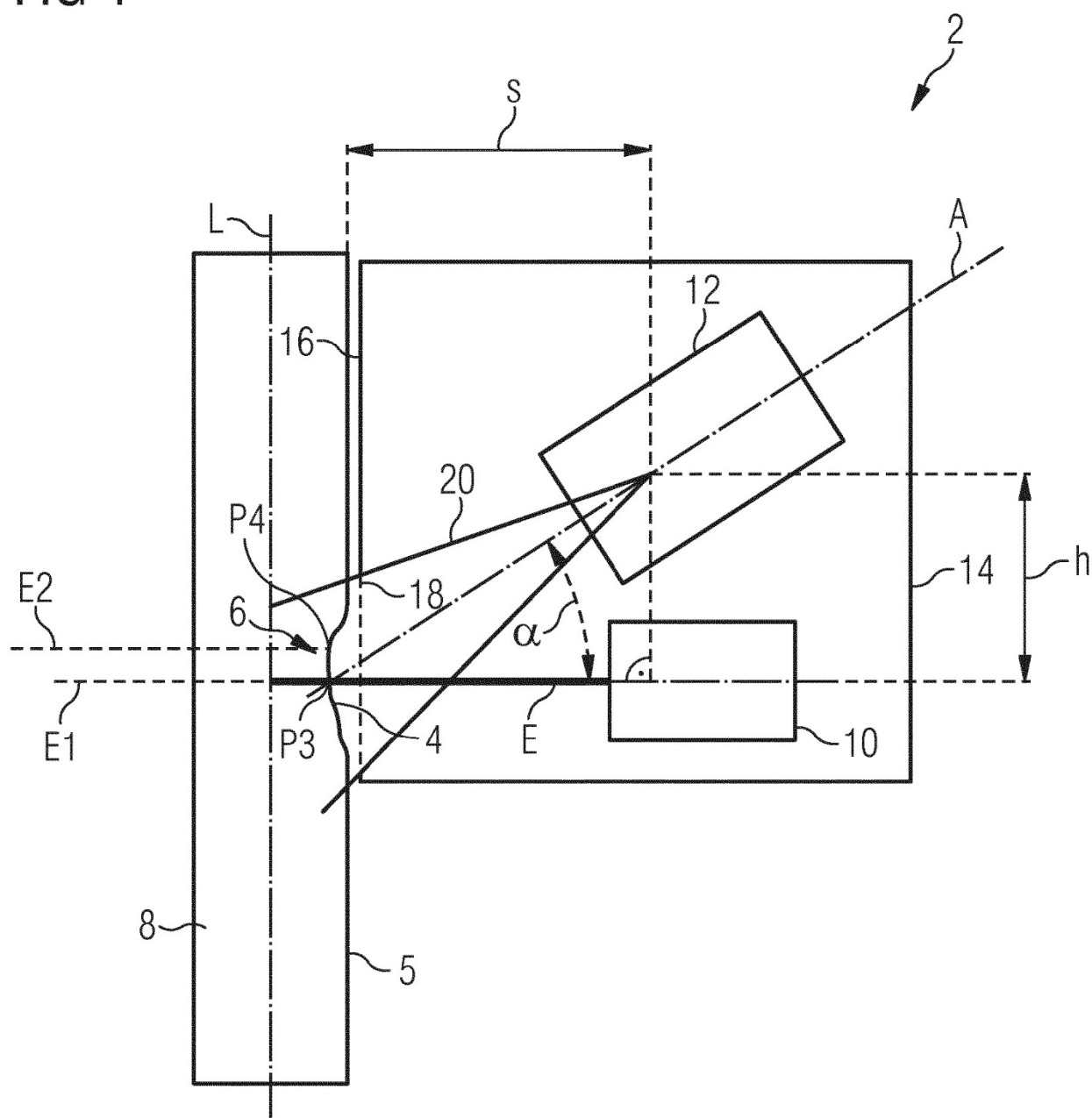


FIG 2

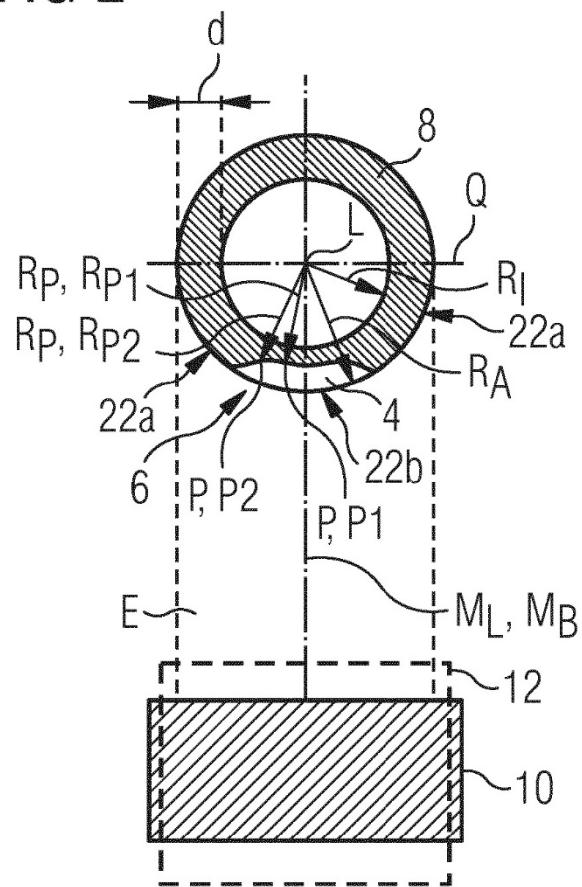


FIG 3

