

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 803**

51 Int. Cl.:

G21C 17/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2010 E 10169208 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.12.2014 EP 2278591**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la deformación de un elemento combustible de un reactor de agua a presión**

30 Prioridad:

20.07.2009 DE 102009027831
21.08.2009 DE 102009028793

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.03.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HUMMEL, WOLFGANG y
FELLER, TIMO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 530 803 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

Procedimiento y dispositivo para determinar la deformación de un elemento combustible de un reactor de agua a presión.

5 La invención se refiere a un procedimiento y dispositivo para determinar la deformación de un elemento combustible de un reactor de agua a presión.

10 Los elementos combustibles de un reactor de agua a presión pueden experimentar en el transcurso de su funcionamiento, dependiendo de su posición en el núcleo, una combadura consistente en una deformación que en el caso más desfavorable podría conducir a un atoramiento de las barras de control o a problemas en el cambio de los elementos combustibles. Por lo tanto, en la inspección de elementos combustibles es necesario determinar cuantitativamente la deformación de tal elemento combustible, para poder decidir sobre su aplicabilidad futura o aplicar el mismo, como se ha propuesto, por ejemplo, en el documento WO 02/095765 A2, en el borde del núcleo orientado de manera que el máximo de la combadura se encuentre en el lado exterior del núcleo para, de esta manera, reducir una combadura existente.

20 Un procedimiento para determinar la combadura de un elemento combustible se conoce, por ejemplo, por el documento JP 10282286 A. En este procedimiento se registra el curso de la curvatura de una barra combustible entre un elemento estructural superior y un elemento estructural inferior mediante una videocámara desplazable paralela al elemento combustible. Por el documento JP 02176506 A se conoce un dispositivo con el cual se registran las dimensiones de un elemento combustible con ayuda de una cámara, usando adicionalmente un dispositivo de medición de distancia con el cual se mide la distancia entre la cámara y el elemento combustible para corregir el tamaño variable de la imagen producida como consecuencia de una combadura. Además, por el documento JP H09251091 A se conoce un procedimiento basado en imágenes para la determinación de la deformación de un elemento combustible de un reactor de agua a presión.

30 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de indicar un procedimiento para la determinación de la deformación de un elemento combustible de un reactor de agua a presión que sea fácil de realizar y consuma poco tiempo. Además, la invención tiene el objetivo de indicar un dispositivo que trabaja según dicho procedimiento.

Respecto del procedimiento, el objetivo nombrado se consigue según la invención con un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Este procedimiento incluye los pasos siguientes:

- 35 a) El elemento combustible se dispone en una estación de medición que se encuentra en el interior de un pozo inundado.
b) la estación de medición comprende un dispositivo de retención para el alojamiento y fijación del elemento combustible y una cámara desplazable al menos más o menos paralela a su eje de montaje,
40 c) con la cámara en posiciones axiales diferentes se toman y almacenan imágenes digitales del elemento combustible en las cuales se encuentra en cada imagen tomada un elemento estructural reconocible del elemento combustible cuya posición en la imagen tomada depende de la deformación del elemento combustible,
d) cada imagen tomada es segmentada al menos seccionalmente mediante métodos del procesamiento digital de imágenes,
45 e) en la imagen segmentada se identifica el elemento estructural mediante la comparación con una imagen virtual del elemento estructural perteneciente a dicha posición de toma,
f) para al menos un elemento de referencia seleccionado del elemento estructural, cuya posición espacial depende de la combadura del elemento combustible, se determina, automáticamente, al menos una coordenada de imagen y se asigna a una coordenada de objeto con la ayuda de una escala de imagen conocida previamente.

50 Mediante el registro fotogramétrico automatizado de este tipo realizado de las coordenadas de objeto de un elemento de referencia, cuya localización espacial (coordenadas de objeto) depende de una deformación del elemento combustible y posibilita su determinación cuantitativa, por ejemplo un punto o una línea vertical del mismo o bien su distancia al borde lateral o esquina del elemento combustible, se reduce, significativamente, el tiempo invertido para la determinación de la deformación.

55 En este caso, un elemento estructural en el sentido de la presente invención puede ser, por ejemplo, el contorno de una parte estructural del elemento combustible, por ejemplo el contorno exterior de una barra combustible, el contorno de un distanciador, de la parte de pie o parte de cabeza del elemento combustible, o el contorno de un taladro, una ranura o una aleta deflectora en un distanciador de este tipo.

60 En este caso, la invención se basa en la reflexión de que en muchos casos en una detección directa realizada mediante métodos de procesamiento digital de imágenes del borde exterior lateral del distanciador extendido en sentido longitudinal, la posición real de dicho borde exterior (esquina) sólo puede ser determinado de manera imprecisa. El motivo de ello son, por un lado, las condiciones de iluminación desfavorables que, en particular, dificultan la detección del borde lateral o de la esquina de un borde marginal del distanciador. Por otra parte, una

segmentación unívoca del borde se dificulta también por que el elemento combustible puede estar doblado no solamente en una dirección sino, además, torcido de manera que en la imagen tomada se representan dos bordes o esquinas situados muy próximos que, debido a las condiciones de iluminación desfavorables ya no pueden ser distinguidos con seguridad uno del otro.

5 Como según la presente invención se segmenta en la imagen, con ayuda de su imagen virtual, un elemento estructural unívocamente identificable, ya que existe un elemento de referencia seleccionado que puede ser localizado con seguridad, y cuya posición espacial depende de la combadura del elemento combustible, se puede recurrir a estructuras en la imagen real que también con malas condiciones de iluminación pueden ser detectadas automáticamente con seguridad.

15 Preferentemente, en cada imagen tomada el elemento estructural segmentado es puesto en coincidencia con una imagen virtual de dicho elemento estructural - la estructura de referencia -, y para determinar las coordenadas del objeto se recurre a la imagen virtual del elemento de referencia como el al menos un elemento de referencia seleccionado. Con otras palabras: La medición de la posición del elemento de referencia se produce no directamente con la imagen tomada del elemento estructural, sino mediante la estructura de referencia virtual, cuya posición en la imagen es determinada mediante la ayuda del elemento estructural segmentado. De esta manera se perfecciona la precisión de la medición.

20 En el caso en que al menos una mayoría de los diferentes elementos estructurales tomados en la imagen en diferentes posiciones axiales sean constructivamente iguales y los elementos de referencia seleccionados se corresponden entre sí, la medición es simplificada adicionalmente y acelerada correspondientemente.

25 Cuando la escala de imagen es determinada con la ayuda de dimensiones conocidas de estructuras del elemento combustible reproducidas en la imagen, se eliminan ampliamente los errores que se producen debido a las tolerancias de la posición de la cámara o de la posición del elemento combustible en el dispositivo de retención.

30 Respecto del dispositivo, el objetivo nombrado se consigue mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 5, cuyas ventajas se corresponden con el sentido de las ventajas indicadas en cada caso en las reivindicaciones del procesamiento.

Para una mayor explicación de la invención se remitir al ejemplo de realización del dibujo. Muestran:

35 La figura 1, un dispositivo según la invención en un diagrama esquemático, las figuras 2 y 3, en cada caso imágenes tomadas con la cámara de un elemento combustible en el sector de un distanciador o bien en el sector de su parte de pie, la figura 4, mediante el giro del elemento combustible una representación esquemática idealizada de las posiciones de medición posibles de la cámara en la estación de medición.

40 Según la figura 1, en un pozo 4 de un reactor nuclear de agua a presión inundado de agua 2 está dispuesto, por ejemplo, la piscina de desactivación, una estación de medición 6 para la medición de la deformación de un elemento combustible 8. La estación de medición 6 comprende un dispositivo de retención 10 con un alojamiento superior e inferior 10a, 10b, entre los cuales el elemento combustible 8 está alojado y fijado, en un caso ideal, es decir con un elemento combustible 8 no combado, en una posición en la que su eje longitudinal 12 está alineada, al menos aproximadamente, paralelo al eje de montaje 13 del dispositivo de retención 10.

50 Al menos de manera aproximadamente paralela al eje de montaje 13 del dispositivo de retención 10, es decir también al menos aproximadamente vertical, se encuentra dispuesto en una pared lateral del pozo 4 un carril 14 sobre el cual está encarrilado un carro 16 que porta una cámara 18. Con ayuda de dicho carro 16, la cámara 18 puede ser desplazada a lo largo del carril 14 y posicionada respecto del elemento combustible 8 en diferentes posiciones axiales (de altura), como se ilustra en la figura mediante las posiciones 20-1 a 20-10 indicadas mediante flechas .

55 De manera relativa entre sí, el elemento combustible 8 y la cámara 18 están posicionados de tal manera entre sí que su eje óptico es al menos aproximadamente perpendicular a una superficie lateral de cara al mismo de un elemento combustible 8 no combado ni torcido, para producir una imagen que en vista desde arriba sobre el elemento combustible 8 está ampliamente desprovista de distorsiones de perspectiva. Mediante un software de procesamiento de imágenes también es básicamente posible eliminar matemáticamente, mediante la toma de un objeto con una línea recta sobre el mismo, las distorsiones que se presentan debido a una alineación perpendicular no precisa.

60 La cámara 18 se mueve sucesivamente a las diferentes posiciones 20-1 a 20-10. En el ejemplo mostrado se aproxima con la cámara 18 una posición 20-1 en el sector de la parte de pie 22 y una posición 20-10 en el sector de la parte de cabeza 24 y posiciones 20-2 a 20-9 en el sector de los distanciadores 26 del elemento combustible 8.

65 Las imágenes registradas por la cámara 18 en estas posiciones 20-1 a 20-10 son reproducidas en un monitor 32

conectado a una unidad de control y evaluación 30 y almacenadas en una memoria de imágenes. La unidad de control y evaluación 30 comprende una unidad procesadora de imágenes en forma de software cuyo modo de funcionamiento se explica más adelante en mayor detalle. En la figura se muestra, además, una unidad de entrada 34, por ejemplo un teclado y un ratón para la entrada manual de instrucciones de mando.

5 Ahora, la figura 2 muestra una imagen digital tomada por la cámara 18 del elemento combustible 8 en el sector de uno de sus distanciadores 26. En la figura se ve que el distanciador 26 presenta aletas 40 orientadas y penetrando al interior entre las barras combustibles del elemento combustible 8 en sus bordes superior e inferior, que se usan, por un lado, para desviar el agua refrigerante que durante el funcionamiento fluye en el interior del elemento
10 combustible 8 y, por otro lado, tienen la función de prevenir un enganche de los elementos combustibles 8 durante la carga y descarga. En la figura se incorpora, además, un sistema de coordenadas de imagen x , y que, por ejemplo, es visible en forma de una escala para el observador en el monitor y que con una escala de imagen conocida en lugar de valores de píxel reproduce directamente coordenadas de objeto reales en unidades métricas.

15 Ahora, la imagen tomada es segmentada mediante los métodos del procesamiento digital de imágenes por medio de un software implementado en la unidad de control y evaluación 30, para posibilitar la identificación de un elemento estructural seleccionado cuya posición en la imagen depende de la deformación del elemento combustible 8. En el ejemplo esto es la imagen 42 del contorno 44 del distanciador 26 representado en la imagen tomada.

20 Además, en la figura está inscripta mediante trazos una imagen virtual 46 del contorno 44 del distanciador 26 montado en el elemento combustible 8 que se encuentra en la posición axial en la que está la cámara 18. Esta imagen virtual 46 se usa como estructura de referencia y está almacenada en una memoria de imágenes de la unidad de control y evaluación 30 mostrada en la figura 1 para el respectivo elemento combustible o tipo de distanciador. Mediante la comparación de las estructuras segmentadas de la imagen tomada con la imagen virtual
25 46 se identifica el elemento de estructura necesario para la evaluación, es decir, en el ejemplo, la imagen 42 tomada del contorno 44. Con otras palabras: En el ejemplo mostrado, el contorno 44 del distanciador 26 se usa como elemento de estructura identificable.

30 Para el caso en que deba ser medido el elemento combustible 8 del que no existe una imagen virtual de un elemento de estructura apto para la medición, es posible producir in situ una imagen virtual de este tipo en el margen de una referencia, seleccionando un elemento de estructura y siguiéndolo manualmente, por ejemplo, con ayuda de un cursor de ratón. De esta manera se localiza en la imagen tomada un elemento de estructura previsto como estructura de referencia. En el entorno inmediato de la línea seguida por el cursor de ratón se realiza ahora una segmentación. El contorno del elemento de estructura determinado en la segmentación, por ejemplo también el
35 contorno del distanciador, es almacenado como imagen virtual y utilizado como estructura de referencia para las mediciones subsiguientes.

La imagen virtual 46 se sobrepone ahora con la imagen real 42, es decir que la imagen real y virtual 42, 46 se desplazan en forma recíprocamente relativa hasta que la desviación geométrica entre la imagen real y virtual 42, 46 sea mínima.

40 En la imagen virtual 46 se define ahora como elemento de referencia cuyo posición espacial depende de la combadura del elemento combustible 8, un punto P sobre la línea exterior lateral K de la imagen virtual 46, cuya posición de imagen x_P es automáticamente determinada en sentido del eje x del sistema de coordenadas de imagen y mostrada en el monitor en unidades de píxeles o en unidades métricas referidas al objeto. Básicamente, también es posible registrar múltiples puntos en lugar de un solo punto. Alternativamente, como elemento de referencia es apropiada la línea exterior K, cuya posición horizontal x_K también se corresponde directamente con la posición real de los bordes laterales del elemento combustible 8.

50 En dicha superposición puede ser requerido que, además, la imagen virtual 46 sea ampliada o reducida para, de este modo, determinar y/o corregir la verdadera escala de imagen de la cámara y conseguir, ampliamente, la coincidencia de la imagen real 42 con la imagen virtual.

La coordenada de imagen x_P determinada a continuación para el punto P reproduce directamente la posición real de un borde exterior del elemento combustible 8.

60 Además, a modo de ejemplo, en la figura 2 están inscritos en la imagen real del distanciador 26 otros elementos estructurales reconocibles en forma de taladros 47, mediante los cuales también es posible medir la escala de imagen de la imagen, es decir la relación de distancia de píxeles respecto de distancias locales reales, para propósitos de control o para el caso en el cual no se conozca a priori, cuando se conocen sus dimensiones y la distancia recíproca.

Además de ello, tales estructuras segmentadas de este tipo claramente reconocible y unívocamente segmentables en forma de una imagen virtual pueden estar almacenadas y ser consultadas para determinar la posición espacial

del distanciador 26 y, con ello, la posición del borde lateral cuando con el mismo puede fijarse un elemento de referencia cuya distancia al borde lateral es conocida.

5 Del mismo modo se pueden medir las posiciones de los bordes exteriores de la parte de cabeza y de la parte de pie del elemento combustible, como se muestra en la figura 3 para la parte de pie 22. También en este caso, el contorno 48 de la parte de pie 22 se usa como elemento estructural identificable, cuya imagen real 49 se sobrepone con una imagen virtual 50 del contorno 48 inscrito a trazos, es decir llevada a coincidir como se ilustra en la figura. Como elemento de referencia seleccionado se usa también en este caso una línea vertical K de la imagen 50 representando la posición del borde exterior.

10 Alternativamente a ello, es suficiente registrar en los sectores de parte de cabeza y de pie la posición del borde exterior directamente mediante la segmentación de la imagen, sin que para ello se requiera una imagen virtual de su contorno, gracias a que la práctica ha demostrado que sus bordes exteriores son identificables más unívocamente que los bordes exteriores de distanciadores.

15 Cuando en todas las posiciones 20-1 a 20-10 se determinan las coordenada locales X_P , X_K de la misma referencia de estructura P, K, su distancia al borde exterior del elemento combustible 8 no necesariamente deba ser conocida, porque en este caso es suficiente el conocimiento de la posición relativa para registrar cuantitativamente una combadura del elemento combustible 8.

20 Después de la medición realizada en todas las posiciones 20-1 a 20-10, el elemento combustible 8 es girado en 90° y medido nuevamente, de manera que el elemento combustible 8 es controlado en los cuatro costados respecto de la existencia de una deformación, tal como se muestra mediante flechas en la figura 4. Como se miden los cuatro bordes laterales o esquinas del elemento combustible es posible eliminar matemáticamente las fuentes de errores atribuidos al sistema, por ejemplo desviación de la vertical del eje de montaje, falta de paralelismo exacto del carril y del eje de montaje, el eje de montaje y el eje longitudinal del elemento combustible (no combado) no coinciden, la cámara no se desplaza exactamente sobre una vía recta, y no sólo es posible registrar el sentido de la combadura sino, adicionalmente, también una torsión del elemento combustible 8 sobre su eje longitudinal.

25 30 En el ejemplo de realización mostrado se han usado como elementos estructurales y/o de referencia componentes constructivos de distanciadores. Sin embargo, básicamente, como elementos estructurales también es posible recurrir a barras combustibles en posiciones particulares, por ejemplo las barras combustibles dispuestos en un sector de esquina.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la deformación de un elemento combustible (8) de un reactor de agua a presión, comprendiendo los pasos siguientes:

- 5 a) el elemento combustible (8) se dispone en una estación de medición (6) que se encuentra en el interior de un pozo (4) inundado,
- b) la estación de medición (6) comprende un dispositivo de retención (10) para el alojamiento y fijación del elemento combustible (8) y una cámara (18) desplazable al menos más o menos paralela a su eje de montaje (13),
- 10 c) con la cámara (18) en posiciones axiales diferentes se toman y almacenan imágenes digitales (42, 49) del elemento combustible (8) en las cuales se encuentra en cada imagen tomada (42, 49) un elemento estructural reconocible del elemento combustible (8) cuya posición en la imagen tomada (42, 49) depende de la deformación del elemento combustible (8),
- 15 d) cada imagen (42, 49) tomada es segmentada al menos seccionalmente mediante métodos del procesamiento digital de imágenes,
- e) en la imagen segmentada se identifica el elemento estructural mediante la comparación con una imagen virtual (46, 50) del elemento estructural perteneciente a dicha posición de toma,
- f) para al menos un elemento de referencia seleccionado del elemento estructural, cuya posición espacial depende de la deformación del elemento combustible (8), se determina, automáticamente, al menos una coordenada de imagen y se asigna a una coordenada de objeto con la ayuda de una escala de imagen conocida previamente.
- 20

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual en cada imagen (42, 49) tomada, el elemento estructural segmentado es puesto en coincidencia con una imagen virtual (46, 50) de dicho elemento estructural, y el al menos un elemento de referencia seleccionado mediante una estructura de referencia virtual, cuya posición en la imagen es determinada con ayuda del elemento estructural segmentado, se usa para la determinación de las coordenadas de objeto.

25

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2 en el cual al menos una mayoría de los diferentes elementos estructurales en la imagen tomada en diferentes posiciones axiales sean constructivamente iguales y los elementos de referencia seleccionados se corresponden entre sí.

30

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en el cual la escala de imagen es determinada con ayuda de mediciones conocidas de estructuras del elemento combustible (8) reproducidas en la imagen.

- 35 5. Dispositivo para determinar la deformación de un elemento combustible (8) de un reactor de agua a presión, con:
- a) una estación de medición (6) incorporable al interior de un pozo (4) inundado, con un dispositivo de retención (10) para el alojamiento y fijación del elemento combustible (8),
 - 40 b) un carril (14), dispuesto al lado del dispositivo de retención (10) al menos aproximadamente paralelo a su eje de montaje (13), sobre el cual se encuentra encarrilado desplazable un carro (16) que porta una cámara (18) para la toma de imágenes digitales (42, 49) del elemento combustible (8), y
 - c) un monitor (32) para la reproducción de imágenes reales (42, 49); caracterizado porque
 - d) una unidad de control y evaluación (30) con un software implementado en la misma para la realización de un procedimiento según una de las reivindicación 1 a 4.
 - 45



