

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 143**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2006.01)

**G21C 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2007** **E 07776176 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012** **EP 2024905**

54 Título: **Procedimiento para la identificación positiva de una superficie interior y una superficie exterior de escamas de muestra**

30 Prioridad:

**26.05.2006 US 441743**

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

**26.03.2013**

73 Titular/es:

**AREVA NP INC. (100.0%)  
3315 OLD FOREST ROAD  
LYNCHBURG, VA 24501, US**

72 Inventor/es:

**POP, MIHAI, G.M.;  
GRIFFITH, JOHN, CARROLL;  
ALLMON, WILLIAM, EDWARD y  
LOCKAMON, BRIAN, GLENN**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 399 143 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 para la identificación positiva de una superficie interior y una superficie exterior de escamas de muestra.

5

### Campo de la invención

La presente invención se refiere a la identificación de una superficie interior y una superficie exterior de escamas de muestra. Más específicamente, la presente invención se refiere a la identificación de una superficie interior y una superficie exterior de escamas del depósito no identificado de Chalk River (en inglés, Chalk River Unidentified Deposit, CRUD) en barras de combustible nuclear y el aparato colocado dentro de un reactor nuclear en los casos en que no puede aplicarse la identificación visual normal debido a la recogida de muestras de escamas (es decir grandes partes perdidas de la superficie interior o exterior de la escama).

10

### Información de los antecedentes

El documento WO 2005/101997 da a conocer un procedimiento y una herramienta para realizar un análisis de CRUD en una barra de combustible nuclear.

20

Los operarios de una planta nuclear necesitan muestras de materiales depositados en el exterior de barras de combustible nuclear con el fin de realizar un análisis de las características del material. Este análisis de las características del material permite que los operarios de la planta tengan conocimiento del estado global de los conjuntos combustibles colocados en un reactor nuclear considerando los tipos y mecanismos de degradación que afectan a los conjuntos combustibles. El análisis de las características del material identifica los componentes dentro del sistema refrigerante del reactor que puede estar fallando o necesitar atención.

25

El material que se deposita o cubre sistemas nucleares, tal como CRUD sobre barras de combustible, puede afectar a las características de transferencia de calor de los componentes. En el caso de CRUD, capas más gruesas de CRUD proporcionan un efecto aislante para la barra. La capacidad de transferencia de calor de las barras de combustible y conjuntos asociados disminuye por consiguiente. Las cantidades de CRUD pueden variar de manera significativa, afectando de ese modo al rendimiento global de los conjuntos combustibles hasta tal punto que estos conjuntos combustibles pueden necesitar que se sustituyan/retiren del servicio.

30

Las propias capas de CRUD no son homogéneas a lo largo de su grosor. Los constituyentes de material de CRUD pueden variar enormemente desde la capa interior (superficie interior) depositada directamente sobre una superficie calentada específica, por ejemplo una barra de combustible de zirconio, hasta la capa exterior (superficie exterior) todavía en contacto con el agua de enfriamiento del reactor. Para realizar un análisis exacto de las escamas de CRUD, por tanto, los operarios de microscopios electrónicos deben determinar si la superficie del material que se está analizando es una superficie interior (es decir, la superficie orientada hacia el eje central de la barra de combustible) o una superficie exterior (es decir, la superficie orientada hacia el refrigerante/moderador).

40

Existe una necesidad de determinar una superficie exterior y una superficie interior de una escama de muestra de modo que pueda realizarse un análisis de material apropiado de la escama.

### Sumario

45

Por tanto, es un objetivo de la presente invención determinar una superficie interior y una superficie exterior de una escama de muestra. El objetivo de la presente invención se alcanza tal como se define en la reivindicación 1. La presente invención proporciona un procedimiento para identificar una superficie interior y una superficie exterior de una escama de muestra cuando es imposible la identificación visual normal. El procedimiento comprende las etapas de obtener la escama de muestra, obtener una imagen digital de un primer lado de la escama de muestra y obtener una imagen digital de un segundo lado de la escama de muestra. El procedimiento también comprende las etapas de comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie interior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie exterior de escama de referencia y comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia. El procedimiento supone además determinar la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra a partir de las etapas de comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia determinando una mayor similitud de

50

55

60

65

una de la superficie de primer lado y la superficie de segundo lado con una de la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra.

5 El procedimiento también puede incluir que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia comprende seleccionar una región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra y seleccionar una región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia. El procedimiento también puede incluir las etapas de colocar la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, crear una matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, y calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la matriz.

15 La etapa de comparación matemática de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia puede comprender las etapas de seleccionar una segunda región modelo de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra, seleccionar una segunda región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia, colocar la segunda región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia y crear una segunda matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia. La etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia comprende las etapas de seleccionar una tercera región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra, seleccionar una tercera región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia, colocar la tercera región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, y crear una tercera matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia. La etapa de comparación matemática de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia comprende seleccionar una cuarta región modelo de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra, seleccionar una cuarta región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia, colocar la cuarta región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, y crear una cuarta matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia.

35 El procedimiento puede realizarse también de manera que la etapa de determinación de la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra a partir de las etapas de comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie interior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia, comparar matemáticamente la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie exterior de escama de referencia, y comparar matemáticamente la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia se realiza a través del cálculo de un coeficiente de correlación y a continuación comparando el coeficiente de correlación con un coeficiente de correlación de referencia.

45 También puede llevarse a cabo el procedimiento en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una escama de referencia comprende seleccionar una región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra, seleccionar una región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia, colocar la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, crear una matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la matriz, y mover la región modelo del primer lado de la escama de muestra a una segunda ubicación sobre la región objetivo. El procedimiento también puede llevarse a cabo de tal manera que el procedimiento proporciona crear una segunda matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo en el primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la segunda ubicación de escama de referencia, calcular un segundo coeficiente de correlación entre píxeles correspondientes en la matriz en la segunda ubicación sobre el objetivo, calcular un coeficiente de correlación promedio a partir del coeficiente de correlación y el segundo coeficiente de correlación y calcular un coeficiente de correlación máximo a partir del coeficiente de correlación y el segundo coeficiente de correlación.

60 El procedimiento puede llevarse a cabo de manera que la escama de muestra se obtiene de un componente de calentamiento de un reactor de agua en ebullición o un reactor de agua a presión. El procedimiento puede llevarse a cabo de manera que la escama de muestra se obtiene de una aguja de combustible. El procedimiento puede llevarse a cabo de manera que la escama de muestra se obtiene de un tubo de generador de vapor u otro componente del circuito primario. El procedimiento también puede llevarse a cabo de manera que la escama de referencia se obtiene del mismo lote de agujas de conjunto combustible que la escama de muestra. El procedimiento también puede llevarse a cabo de manera que la superficie interior de la escama de muestra se determina a través de un coeficiente de correlación superior en comparación con la superficie interior de escama de referencia en comparación con una superficie exterior de escama de referencia.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista de un modelo obtenido de una escama colocada sobre una imagen A.

La figura 2 es una vista de un modelo obtenido de una escama colocada sobre una imagen objetivo B.

**Descripción detallada**

La presente invención proporciona un procedimiento de comparar matemáticamente imágenes digitales de una superficie de escama sometida a prueba con las de una muestra o muestras conocidas para identificar la superficie interior y exterior del caso de prueba (es decir, la escama de muestra en cuestión).

Se utilizan escamas de CRUD para analizar la composición de CRUD (depósito de combustible) "in situ". La naturaleza de estas escamas de CRUD y los procedimientos convencionales utilizados para obtener tales escamas, dan como resultado la pérdida de parte del material de la superficie de la escama. La presente invención proporciona un procedimiento para compensar estos problemas permitiendo el análisis de escamas tal como se obtienen de muestras de campo. La presente invención puede utilizarse conjuntamente con procedimientos de análisis del elemento zirconio traza mediante microscopio electrónico de barrido para identificar los constituyentes materiales de escamas de muestra. El procedimiento según la presente invención proporciona la identificación positiva de las superficies interiores y exteriores de escamas de muestra obtenidas de depósitos de combustibles, como una realización a modo de ejemplo. El presente procedimiento inventivo incluye el análisis digital de imágenes de microscopio electrónico de barrido (u otras imágenes visuales de alta calidad) de superficies interiores y exteriores conocidas de depósitos de combustible para cuantificar la información de identificación de las escamas que se desconoce. La información obtenida a partir de escamas de referencia conocidas incluye curvatura de superficie, lisura de las superficies y cantidades de picaduras en las superficies. La escama de referencia puede obtenerse de un mismo lote de agujas de combustible que los materiales que van a someterse a prueba.

También se obtienen imágenes digitales de las muestras de escama desconocidas. Entonces se comparan las imágenes digitales de las muestras conocidas y desconocidas. En el procedimiento inventivo, se "leen" las imágenes de microscopio electrónico de barrido explorando la imagen digital y comparando digitalmente las imágenes desconocidas de la escama de muestra con imágenes de superficie interior y exterior conocidas obtenidas de otras escamas de referencia que pertenecen al mismo lote de agujas de combustible para permitir que las superficies interiores y exteriores se identifiquen positivamente. La comparación se realiza en imágenes con la misma escala. La presente invención toma un segmento más pequeño de una imagen (el modelo) y compara esta imagen, punto por punto, con una imagen objetivo. En la presente invención, puede utilizarse cualquiera de la escama de referencia o la escama de muestra como o bien la imagen modelo u objetivo. En cada punto en las imágenes obtenidas se determina un coeficiente de correlación entre cada punto en el modelo y el punto correspondiente en la imagen objetivo. Si cualquier ubicación dentro de la imagen objetivo presenta la misma amplitud puntual relativa que el modelo, el coeficiente de correlación será de valor alto (próximo a 1). Por tanto, aumenta la probabilidad de correspondencia de la superficie de escama de muestra con la superficie conocida con la que se está comparando. El presente procedimiento también puede funcionar independientemente de cualquier desviación absoluta o diferencias de ajuste a escala. Se selecciona un umbral mínimo dado de coeficiente de correlación como criterio para el éxito.

Para lograr los objetivos de la invención y realizar una comparación, se retira una escama tal como una escama de CRUD, de una superficie de un componente, tal como una barra de combustible nuclear. La retirada de la escama puede realizarse a través de cualquier procedimiento, tal como a través de raspado, corte o abrasión. La escama de muestra se compara entonces a través de una combinación de datos visuales acoplados con análisis numérico para permitir la identificación de una r interior y una exterior de la escama de muestra.

La escama de muestra se toma del sitio de toma de muestras y se obtienen imágenes de la escama a través de la utilización de un microscopio electrónico de barrido, como ejemplo no limitativo. Pueden utilizarse otras técnicas que proporcionen una imagen digital. Se utilizan diferentes zonas de la escama de muestra para permitir que se evalúen varias posiciones diferentes. Además, se utilizan ambos lados de la escama de muestra para obtener imágenes. Las imágenes obtenidas a través del microscopio electrónico de barrido se utilizan entonces para comparar frente a una escama patrón de referencia (es decir una escama con una superficie interior y una superficie exterior conocidas). La escama patrón de referencia, tal como se proporcionó anteriormente, se ha identificado previamente para que presente una superficie interior y una superficie exterior conocidas.

Entonces se comparan estadísticamente secciones de imágenes tanto de imágenes conocidas como desconocidas. Si la imagen de superficie de prueba desconocida procede de una cara interior de escama, el algoritmo mostrará una correlación superior con la imagen de superficie interior de escama conocida que con una imagen de superficie exterior de escama conocida.

Las imágenes de superficie desconocidas se proporcionan inicialmente como una prueba ciega, aunque también puede producirse la identificación de cada escama de CRUD.

La presente invención busca la similitud estadística de las características de superficie del objetivo y el modelo en lugar de correspondencias exactas. Cuando se aplica a los casos conocidos y desconocidos, el procedimiento proporciona correlación entre los conjuntos de imágenes. Para verificar la exactitud del nuevo algoritmo, se aplicó la medición con microscopio electrónico de barrido de zirconio traza a una escama para confirmar la correspondencia realizada mediante la correlación de imágenes. La presente invención se describirá ahora mediante una realización a modo de ejemplo.

**Forma de realización a título de ejemplo**

1. Se seleccionan dos imágenes de escamas para su comparación (una escama con una superficie interior y una superficie exterior conocidas, y una escama con superficies interior y exterior desconocidas).

2. Con el fin de describir el procedimiento, las imágenes se designan como A y B.

3. Se eliminan las marcas u otras regiones que no forman parte de la superficie real en evaluación de las imágenes en evaluación.

4. En referencia a la figura 1, se selecciona una región MODELO en la imagen A. El MODELO debe ser lo suficientemente grande como para contener imágenes estructurales básicas de la escama, pero lo suficientemente pequeño como para que se ajusten múltiples copias del MODELO dentro del área de la imagen B (OBJETIVO).

5. En referencia a la figura 2, comenzando con la imagen MODELO alineada en la esquina superior izquierda de la imagen objetivo B, se crea una matriz de pares de píxeles correspondientes a partir de las imágenes MODELO y OBJETIVO. Si la imagen MODELO presenta 100 píxeles, la matriz contendrá 100 pares.

Utilizando 1 como la fila y la columna de partida para cada imagen, y suponiendo que el tamaño de la imagen MODELO es de 4 \* 4 píxeles como ejemplo, la forma básica de la matriz será la siguiente:

Píxel MODELO (Fila 1, Col 1), Píxel OBJETIVO B (Fila 1, Col 1)

Píxel MODELO (Fila 1, Col 2), Píxel OBJETIVO B (Fila 1, Col 2)

Píxel MODELO (Fila 1, Col 3), Píxel OBJETIVO B (Fila 1, Col 3)

Píxel MODELO (Fila 1, Col 4), Píxel OBJETIVO B (Fila 1, Col 4)

Píxel MODELO (Fila 2, Col 1), Píxel OBJETIVO B (Fila 2, Col 1)

Píxel MODELO (Fila 2, Col 2), Píxel OBJETIVO B (Fila 2, Col 2)

Píxel MODELO (Fila 2, Col 3), Píxel OBJETIVO B (Fila 2, Col 3)

Píxel MODELO (Fila 2, Col 4), Píxel OBJETIVO B (Fila 2, Col 4)

Píxel MODELO (Fila 3, Col 1), Píxel OBJETIVO B (Fila 3, Col 1)

Píxel MODELO (Fila 3, Col 2), Píxel OBJETIVO B (Fila 3, Col 2)

Píxel MODELO (Fila 3, Col 3), Píxel OBJETIVO B (Fila 3, Col 3)

Píxel MODELO (Fila 3, Col 4), Píxel OBJETIVO B (Fila 3, Col 4)

Píxel MODELO (Fila 4, Col 1), Píxel OBJETIVO B (Fila 4, Col 1)

Píxel MODELO (Fila 4, Col 2), Píxel OBJETIVO B (Fila 4, Col 2)

Píxel MODELO (Fila 4, Col 3), Píxel OBJETIVO B (Fila 4, Col 3)

Píxel MODELO (Fila 4, Col 4), Píxel OBJETIVO B (Fila 4, Col 4)

Utilizando una notación abreviada de MOD(1,1) y OBJ(1,1) para píxel MODELO 1,1 y píxel de imagen OBJETIVO 1,1 la matriz puede leerse de la siguiente forma.

## ES 2 399 143 T3

5  
10  
15

MOD (1,1), OBJ (1,1)  
MOD (1,2), OBJ (1,2)  
MOD (1,3), OBJ (1,3)  
MOD (1,4), OBJ (1,4)  
MOD (2,1), OBJ (2,1)  
MOD (2,2), OBJ (2,2)  
MOD (2,3), OBJ (2,3)  
MOD (2,4), OBJ (2,4)  
MOD (3,1), OBJ (3,1)  
MOD (3,2), OBJ (3,2)  
MOD (3,3), OBJ (3,3)  
MOD (3,4), OBJ (3,4)  
MOD (4,1), OBJ (4,1)  
MOD (4,2), OBJ (4,2)  
MOD (4,3), OBJ (4,3)  
MOD (4,4), OBJ (4,4)

6. A continuación se calcula el coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la matriz.

20 7. Se calcula el coeficiente de correlación para la primera ubicación de MODELO (píxel MOD(1,1) alineado con OBJ(1,1)).

25 8. La imagen MODELO se mueve un píxel a la vez repitiendo las etapas 5-7. En cada posición, la imagen MODELO debe estar dentro de los límites de la imagen objetivo B. Debe calcularse el coeficiente de correlación en cada posición en la que el MODELO puede superponerse a los píxeles de imagen objetivo.

Utilizando la notación abreviada en la etapa 5, la matriz para la segunda posición objetivo será:

30  
35  
40  
45

MOD (1,1), OBJ(1,2)  
MOD (1,2), OBJ(1,3)  
MOD (1,3), OBJ(1,4)  
MOD (1,4), OBJ(1,5)  
MOD (2,1), OBJ(2,2)  
MOD (2,2), OBJ(2,3)  
MOD (2,3), OBJ(2,4)  
MOD (2,4), OBJ(2,5)  
MOD (3,1), OBJ(3,2)  
MOD (3,2), OBJ(3,3)  
MOD (3,3), OBJ(3,4)  
MOD (3,4), OBJ(3,5)  
MOD (4,1), OBJ(4,2)  
MOD (4,2), OBJ(4,3)  
MOD (4,3), OBJ(4,4)  
MOD (4,4), OBJ(4,5)

Y utilizando un tamaño de imagen B de 100 \* 100, la última matriz será:

50  
55  
60

MOD (1,1), OBJ(97,97)  
MOD (1,2), OBJ (97,98)  
MOD (1,3), OBJ (97,99)  
MOD (1,4), OBJ (97,100)  
MOD (2,1), OBJ (98,97)  
MOD (2,2), OBJ (98,98)  
MOD (2,3), OBJ (98,99)  
MOD (2,4), OBJ (98,100)  
MOD (3,1), OBJ (99,97)  
MOD (3,2), OBJ (99,98)  
MOD (3,3), OBJ (99,99)  
MOD (3,4), OBJ (99,100)  
MOD (4,1), OBJ (100,97)  
MOD (4,2), OBJ (100,98)  
MOD (4,3), OBJ (100,99)  
MOD (4,4), OBJ (100,100)

9. Los resultados del número de correlación puede calcularse a partir de las dimensiones de píxel de la imagen OBJETIVO B y el MODELO. Para el ejemplo anterior de un MODELO de 4 \* 4 y una imagen OBJETIVO B de 100 \* 100, habrá 97 \* 97 posiciones en las que el MODELO se solapará a la imagen OBJETIVO B.

5 10. Entonces se calculan los valores de correlación máximo y promedio.

11. Se selecciona el MODELO del mismo tamaño de la imagen B para comparación dentro de la imagen OBJETIVO A. Se repite la matriz de coeficiente de correlación (etapas 4 a 10) utilizando el MODELO de la imagen B y la imagen OBJETIVO A.

10 12. Los valores de correlación máximo y promedio caracterizan la correspondencia entre las IMÁGENES A y B.

13. Entonces pueden utilizarse los valores de correlación para comparar diferentes conjuntos de imágenes.

Valores máximos combinados para cada par					
Imagen objetivo	Modelo				
	B (lado B)	C (lado A)	E (lado A)	D (lado B)	F (lado B)
C (lado A)		<b>1</b>			
E (lado A)		<b>0,602</b>			
D (lado B)		0,556	0,563	<b>1</b>	
F (lado B)		0,598		<b>0,695</b>	
G (ID conocida)	0,334				
H (OD conocida)	<b>0,418</b>				
L (OD conocida)		0,551	0,622	<b>0,661</b>	<b>0,761</b>

15 Tabla 1 Correlaciones obtenidas para un conjunto dado de muestras  
ID= superficie interior OD= superficie exterior

20 Los resultados a modo de ejemplo del procedimiento se facilitan arriba, donde se muestran las correlaciones máximas para cada par de imágenes utilizadas para comparación. Se midieron las correlaciones, utilizándose cada imagen alternativamente como modelo u objetivo. Por ejemplo, las imágenes C y D pueden compararse tomando el modelo de C y comparando con la imagen D o viceversa. En la realización a modo de ejemplo proporcionada, las imágenes C, D, E, F y L se toman en una escala de 10 micrómetros y las imágenes B, G y H se toman en una escala de 200 micrómetros. Además, por ejemplo, las imágenes G, H y L pertenecen a las superficies interiores y exteriores conocidas. Las imágenes B, D y F pertenecen al lado B no identificado de la escama investigada y las imágenes C y E pertenecen al lado A no identificado de la misma escama investigada.

30 En la tabla 1 se presentan las correlaciones obtenidas de un conjunto dado de comparaciones. La tabla 1 indica que las imágenes del lado A se comparan favorablemente entre sí en comparación con las imágenes del lado A que se compararon con otras superficies. Las imágenes del lado B también se comparan favorablemente entre sí en comparación con otras superficies. Esta comprobación de la evaluación de una imagen de lado con sí misma y con otras superficies puede realizarse para verificar que la técnica de comparación es exacta. La imagen del lado B a escala de 200 micrómetros presenta una mejor correlación (es decir un factor de correlación superior) con la imagen de la superficie exterior de la escama de referencia conocida de la misma escala. Tal como resulta evidente a partir de la información anterior, factores de escala más detallados permiten comparaciones más exactas y de manera correspondiente valores de correlación superiores. Además, las imágenes del lado B a escala de 10 micrómetros se correlacionan mejor con las imágenes exteriores de 10 micrómetros de la escama de referencia conocida de lo que lo hacen las imágenes del lado A de la misma escala. Tal como se facilita en la tabla 1, escalas mayores (escalas con menos resolución) dan como resultado una menor precisión en la correlación lo que a su vez disminuye las comparaciones del valor de correlación.

45 En la forma de realización a modo de ejemplo proporcionada, los resultados ilustran los valores de correlación máximos entre diferentes conjuntos de imágenes. La imagen B, (de una superficie de escama desconocida (ID u OD)) se compara con las imágenes G (superficie ID conocida) y H (superficie OD conocida) de la misma escala. Se calculan las correlaciones numéricas de las imágenes B y G para un valor promedio de 0,034 mientras que se promedian las correlaciones numéricas de las imágenes B y H para un valor superior de 0,418. Estos resultados dan a conocer que la imagen B presenta una correlación superior con la imagen H que es una imagen de OD conocida.

50 Se comparan las imágenes C y E (de un lado de superficie de escama desconocida A (ID u OD)) con la imagen L (una superficie OD conocida) de la misma escala. Por consiguiente, las correlaciones numéricas son 0,551 y 0,622, por lo que las últimas correlaciones son mejores que el valor de correlación de 0,551. Finalmente, las imágenes D y F del lado B de superficie de escama desconocida opuesta se comparan con la imagen L de la misma escala. Las correlaciones numéricas son 0,661 y 0,761. Los datos indican que las imágenes D y F se correlacionan más estrechamente (que las imágenes C y E) con la imagen H que es una imagen de OD conocida.

55

## ES 2 399 143 T3

A continuación se muestran las mejores correlaciones para cada imagen tomada del ejemplo de prueba anterior:

Correlación de imágenes	Lado de escama desconocido (A o B)	Mejor
B	B	OD
D	B	OD
F	B	OD

- 5 Las imágenes utilizadas en la realización a modo de ejemplo utilizada para las pruebas no incluyeron una imagen de ID conocida en la misma escala que las imágenes C, D, E y F. Las correlaciones muestran que el lado B de escama conocido presenta una correlación numérica superior con las imágenes de OD conocida. Por tanto, mediante un proceso de eliminación, las imágenes del lado A coinciden con la ID de la escama ID ya que cada escama contiene una única superficie ID y la superficie restante es una superficie OD.
- 10 El coeficiente de correlación, utilizando este procedimiento, proporciona una medida estadística de la similitud de las imágenes del modelo y el objetivo El coeficiente de correlación no es sensible a la desviación de y ganancia de píxeles y por tanto no incorpora errores de estas inexactitudes visuales. Si la desviación y ganancia se consideran más importantes en la comparación de imágenes, el coeficiente de correlación puede sustituirse por una función estadística de prueba F. Algunas aplicaciones pueden utilizar un promedio o producto de ambas funciones según las necesidades del usuario. Otras aplicaciones pueden requerir diferentes funciones de comparación.
- 15
- 20 El tamaño y la geometría de la imagen MODELO pueden modificarse según sea necesario para proporcionar la comparación de estructura de imagen deseada. El MODELO puede someterse a prueba con respecto a su imagen original para validar el rendimiento. Aunque la función de correlación o la función de prueba F siempre proporcionarán un valor máximo de 1,0 si el modelo procede de la imagen OBJETIVO, el promedio de las mediciones de correlación o prueba F con respecto a la imagen OBJETIVO completa mostrará lo representativa que es la región modelo para la imagen completa.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para identificar una superficie interior y una superficie exterior de una escama de muestra, que comprende las etapas siguientes:

5 obtener la escama de muestra a partir de un componente de calentamiento de un reactor de agua en ebullición o de agua a presión;

10 obtener una imagen digital de un primer lado de la escama de muestra;

obtener una imagen digital de un segundo lado de la escama de muestra;

comparar matemáticamente por medio de correspondencia de modelos:

15 - la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie interior de escama de referencia;

20 - la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia;

- la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una imagen digital de una superficie exterior de escama de referencia; y

25 - la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia; y

30 determinar una superficie interior y una superficie exterior de la escama de muestra a partir de las etapas de comparación matemática determinando una mayor similitud de una de entre la superficie de primer lado y la superficie de segundo lado con una de entre la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia comprende las etapas siguientes:

35 - seleccionar una región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra;

- seleccionar una región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia;

40 - colocar la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;

45 - crear una matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia; y

- calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la matriz,

50 en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie interior de escama de referencia comprende las etapas siguientes:

- seleccionar una segunda región modelo de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra;

- seleccionar una segunda región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia;

55 - colocar la segunda región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;

60 - crear una segunda matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, y

- calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la segunda matriz,

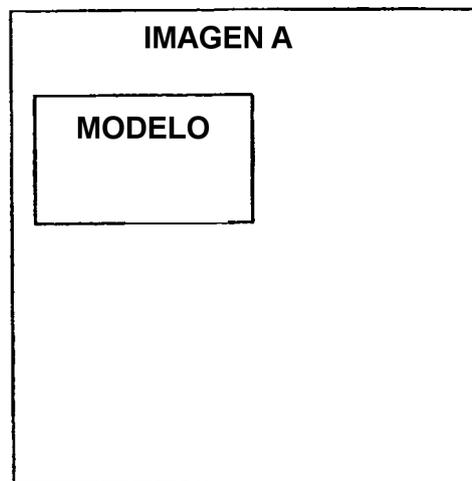
65 en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia comprende las etapas siguientes:

- seleccionar una tercera región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra;

- seleccionar una tercera región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia;
- 5 - colocar la tercera región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;
- crear una tercera matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia, y
- 10 - calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la tercera matriz, en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra con la imagen digital de la superficie exterior de escama de referencia comprende las etapas siguientes:
  - seleccionar una cuarta región modelo de la imagen digital del segundo lado de la escama de muestra;
  - 15 - seleccionar una cuarta región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia;
  - colocar la cuarta región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;
  - 20 - crear una cuarta matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la cuarta región modelo del segundo lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia; y
  - calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la cuarta matriz.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la etapa de determinación de la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra a partir de las etapas de comparación matemática se realiza a través del cálculo de un coeficiente de correlación y, comparando, a continuación, el coeficiente de correlación con un
- 30 coeficiente de correlación de referencia.
- 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de comparación matemática de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra con una escama de referencia comprende las etapas siguientes:
  - 35 seleccionar una región modelo de la imagen digital del primer lado de la escama de muestra;
  - seleccionar una región objetivo de la imagen digital de la superficie de escama de referencia;
  - colocar la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;
  - 40 crear una matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo del primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la escama de referencia;
  - 45 calcular un coeficiente de correlación entre los píxeles correspondientes en la matriz;
  - desplazar la región modelo del primer lado de la escama de muestra a una segunda ubicación sobre la región objetivo;
  - 50 crear una segunda matriz de pares de píxeles correspondiente a la colocación de la región modelo en el primer lado de la escama de muestra sobre la región objetivo de la segunda ubicación de escama de referencia;
  - calcular un segundo coeficiente de correlación entre píxeles correspondientes en la matriz en la segunda ubicación sobre el objetivo;
  - 55 calcular un coeficiente de correlación promedio a partir del coeficiente de correlación y el segundo coeficiente de correlación; y
  - calcular un coeficiente de correlación máximo a partir del coeficiente de correlación y el segundo coeficiente de correlación.
  - 60
- 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la etapa de determinación de la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra a partir de las etapas de comparación matemática se realiza a través de cálculos de un coeficiente de correlación y, comparando, a continuación, el coeficiente de correlación con un
- 65 coeficiente de correlación de referencia.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la escama de muestra se obtiene a partir de un depósito sobre al menos una de entre una superficie de calentamiento y una superficie calentada en un reactor de agua en ebullición.
- 5 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la escama de muestra se obtiene a partir de un depósito sobre al menos una de entre una superficie de calentamiento y una superficie calentada en un reactor de agua a presión.
8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la escama de referencia se obtiene a partir de un mismo lote de agujas de conjunto combustible que la escama de muestra.
- 10 9. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la escama de referencia se obtiene a partir de un mismo lote de agujas de conjunto combustible que la escama de muestra.
- 15 10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra se determinan cada una a través de una comparación con una de entre la superficie exterior y la superficie interior de la superficie de escama de referencia,
- 20 en el que un coeficiente de correlación superior determinado en la comparación entre cada una de entre la superficie exterior y la superficie interior de la escama de muestra con una de entre la superficie exterior y la superficie interior de la escama de referencia determina una de entre la designación de superficie interior y la superficie exterior de la escama de muestra.
- 25 11. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de comparación matemática comprende determinar la similitud a través del cálculo de un coeficiente de correlación.
- 30 12. Procedimiento según la reivindicación 1 u 11, en el que la etapa de comparación matemática comprende determinar la similitud a través del cálculo de una función estadística de prueba F.
- 35 13. Procedimiento según las reivindicaciones 11 y 12, en el que la etapa de comparación matemática comprende determinar la similitud a través de la utilización de un promedio o producto de coeficiente de correlación y función estadística de prueba F.
14. Procedimiento según la reivindicación 2, 3, 4, 5 ó 10, en el que el coeficiente de correlación se sustituye por una función estadística de prueba F.
15. Procedimiento según la reivindicación 2, 3, 4, 5 ó 10, en el que el coeficiente de correlación se sustituye por un promedio o producto del coeficiente de correlación y una función estadística de prueba F.

**FIGURA 1**



**FIGURA 2**

