



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 211**

51 Int. Cl.:
G01N 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **99972305 .9**
96 Fecha de presentación : **16.11.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1141694**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.10.2001**

54 Título: **Un método para producir defectos y esfuerzos de tracción residuales.**

30 Prioridad: **16.11.1998 FI 982471**

73 Titular/es: **TRUEFLAW Oy**
P.O. Box 540
02150 Espoo, FI

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.05.2011

72 Inventor/es: **Elfving, Kai;**
Hänninen, Hannu;
Kemppainen, Mika;
Saarinen, Pekka y
Virkkunen, likka

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.05.2011

74 Agente: **Tomas Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 359 211 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

Un método para producir defectos y esfuerzos de tracción residuales.

La presente invención se refiere a un método para la producción de defectos controlados y tensiones residuales en muestras de prueba.

Defectos tales como grietas de fatiga térmica pueden aparecer en distintos componentes, por ejemplo, en centrales eléctricas nucleares, durante el funcionamiento. Procedimientos de pruebas no destructivas (PND) se utilizan para examinar válvulas predefinidas, tuberías, conexiones de tubo, etc., durante inspecciones realizadas en intervalos regulares. En inspecciones realizadas en condiciones reales de funcionamiento, siempre surgen inexactitudes debido al método y al soporte que los carga. Muestras de prueba que incorporan grietas creadas artificialmente similares a grietas reales se utilizan para calificar procedimientos de PND e inspectores. Los estudios de fiabilidad internacionales PISC I, II, y III de la prueba no destructiva de materiales, que han revelado deficiencias obvias en la detección y definición de defectos, ha demostrado la necesidad de una mejor calificación.

Por ejemplo, se requiere calificación en la inspección de centrales nucleares. Se han dado instrucciones sobre la calificación de la inspección de centrales nucleares PND (en los EEUU, Sección XI del Código ASME, en Europa, NRW y ENIQ), sobre que equipamiento, pruebas, procedimientos, e inspectores deberían estar calificados.

Según los procedimientos de calificación europeos, las dimensiones (diámetro, espesor de pared, etc.) de las muestras de prueba debería corresponderán a los objetos reales que están siendo inspeccionados. De forma similar, las otras propiedades de la muestra de prueba, tales como el material, la forma, la calidad de la superficie, el método de producción, y la ubicación de soldaduras deben también corresponder a los componentes reales de la planta. El tipo, la forma, el tamaño, la ubicación, la orientación, y la apertura de los defectos que tengan lugar debe corresponder cercanamente a los defectos naturales. Las características de los defectos en muestras de ensayo de calificación son altamente significantes para el proceso entero de calificación. El uso de las muestras de prueba con defectos lo más similares posibles a los defectos naturales asegura que el procedimiento de inspección en cuestión pueda detectar y definir tales defectos con la precisión requerida. Las pruebas de calificación personales determinan si el inspector puede detectar y definir los defectos pertinentes con una exactitud suficiente.

Actualmente, se conocen métodos para producir varios tipos de grietas y defectos en una muestra de prueba. En los métodos conocidos, se implanta una grieta artificial a piezas normalmente mediante la soldadura, se hace un defecto de soldadura, o se maquina una muesca en la muestra de prueba. La publicación de la patente japonesa JP 57-034439 divulga un método que se puede utilizar para producir una grieta en el tratamiento de la superficie de una pieza con forma de plato. Otra publicación de patente también japonesa JP 58-055752 divulga un método para hacer una grieta artificial, en la que se máquina un agujero en la superficie de una conexión entre dos piezas, las cuales después son unidas. Una tercera publicación de patente japonesa, JP 8-219953, divulga un método para la

fabricación de defectos por hendiduras de maquinaria en una pieza y el hecho de rellenarlas con un material que tenga propiedades acústicas diferentes a las del material básico. No hay ningún método conocido para producir un defecto en una pieza de cualquier forma, en cualquier lugar, y en cualquier orientación y forma deseada. La producción de grietas similares a las naturales es uno de los problemas de calificación principales.

Un método para la producción de un estado de tensión residual de tracción es también conocido gracias a la patente estadounidense 5,013,370, en la que una tensión residual de tracción se induce en una pieza de prueba mediante el enfriamiento de una superficie de la pieza y el calentamiento local de la superficie opuesta. La invención descrita en la publicación anterior requiere que el objeto o pieza de prueba sea repartida con al menos una parte sin tensión, en la que se pueda inducir un estado de tensión residual de tracción. El calentamiento se refiere a este área y, si la tensión residual de tracción ha de ser producida en más de un área, el estado inicial de cada una de ellas no debe estar tensionada.

En la publicación a la que nos referimos, los lados opuestos de la pieza se calientan y enfrían. Esta disposición induce a un estado descontrolado de tensión de tracción en el área que se está tratando. Según la patente en cuestión, se puede crear una grieta en el campo inducido de tensión de tracción, por ejemplo, mediante un entorno de estimulación agresiva de grieta, tal como una solución de cloruro de magnesio en ebullición, agua oxigenada a alta temperatura, etc.

A diferencia de la invención según la patente estadounidense 5,013,370, la presente invención puede utilizarse para crear una grieta controlada y deseada o un estado de tensión residual controlado (bien de tensión o de compresión), sin necesidades medioambientales o de estado de tensión. Como en la presente invención, el calentamiento/enfriamiento no está dirigido a lados diferentes de la pieza, no hay requisitos en lo que se refiere al tamaño y forma de la pieza. Además, no hay requisitos en lo que se refiere al estado de tensión residual en la pieza de prueba en su estado inicial.

Lo anterior y otras ventajas y beneficios de la invención se consiguen mediante un método, características del cual están descritas en la reivindicación anexada 1.

La idea básica de la invención es calentar y refrescar alternativa y reiteradamente la pieza que se está tratando, es decir, fatigarla térmicamente, que resultará en una fractura idéntica a una grieta natural, o en un estado deseado controlado de tensión remanente.

En general, se puede establecer que las grietas inducidas mediante los métodos descritos en las publicaciones anteriores no corresponden a los defectos naturales, que es una deficiencia obvia en el momento de la fabricación de tales muestras de prueba para la calificación. Actualmente, las grietas se producen en muestras de prueba de calificación bien soldando pedazos separados que contienen grietas a una muestra de prueba, soldando una grieta de calor a una muestra de prueba, o simplemente maquinando una muesca a una muestra de prueba. Las grietas implantadas por soldadura pueden ser naturales y tomadas de piezas reales que tienen grietas cuando están en funcionamiento, o ser artificialmente producidas en muestras de prueba separadas. De cualquier modo la grieta im-

plantada ha originado que la soldadura de la implantación permanezca en el material. Una grieta de calor se hace maquinando una ranura estrecha en la pieza de prueba y luego soldándola hasta cerrarla usando parámetros que causarán que la soldadura se agriete en la dirección deseada. Las juntas soldadas en la muestra de prueba que resultan de estos métodos pueden ser fácilmente detectadas con los métodos de inspección PND. Ciertos aspectos de las muescas maquinadas como la anchura y la progresión no corresponden a los de defectos naturales.

El método ahora desarrollado puede utilizarse para fabricar flexiblemente grietas similares a las naturales en cualquier ubicación en la muestra de prueba, independientemente de la forma y de las dimensiones. Las grietas se nuclean directamente en la superficie de la muestra de prueba. No se requiere ningún iniciador de grieta (muesca maquinada etc.). Las grietas crecen en la superficie de la muestra de prueba sin que el material experimente cambios micro-estructurales u otros detectables por los métodos PND. Esta es una ventaja significativa, porque cuando se usan las grietas soldadas o transplantadas, el inspector puede percatarse de las costuras soldadas en la muestra de prueba y estar alerta para hacer una prueba más profunda en busca de grietas en el mismo área. Las grietas creadas por el método que ha sido desarrollado también corresponde bien a grietas naturales, en términos tales como la propagación y la ramificación de la grieta y del radio de la punta de la grieta, lo que afecta, por ejemplo, a las señales recibidas en una inspección ultrasónica y su interpretación.

El método ahora desarrollado se basa en el fenómeno de fatiga térmica y una nueva aplicación de éste. El fenómeno de fatiga térmica como tal ha sido conocido durante mucho tiempo, particularmente para materiales usados a temperaturas altas. El ciclado rápido de calentamiento y enfriamiento en fatiga térmica provoca que bruscos gradientes de temperatura fluctúen en la muestra de prueba, dando como resultado una tensión y un ciclado de tensión que dependen del coeficiente de dilatación térmico del material, y que finalmente conducen a daño de fatiga.

Grietas fabricadas usando el método ahora desarrollado son adecuadas para su uso en muestra de prueba usados para calificar los procedimientos PND. Las grietas se pueden fabricar según los siguientes requisitos:

- La morfología de la grieta corresponde suficientemente a una grieta natural, inspeccionada por un procedimiento PND, para asemejarse a una grieta genuina.
- el método puede utilizarse para la fabricación de grietas individuales y redes de grietas.
- las orientaciones de las grietas individuales pueden ser variadas
- las grietas pueden ser hechas en diferentes tamaños y formas, no se ven afectadas por el espesor del material de la pieza
- si no está previsto destruir la muestra de prueba después de las pruebas de cualificación, el tamaño de las grietas que deben fabricarse puede ser evaluado bien durante el ciclo de fatiga o basándose en los parámetros de fatiga
- los modelos de calentamiento y enfriamiento se pueden alterar para hacer que las fracturas crezcan en las direcciones deseadas.

En lo siguiente, se describe la operación de la

invención con referencia a los dibujos anexos, que muestran las disposiciones de calentamiento y enfriamiento. En la figura, el enfriamiento forzado (bien líquido o enfriamiento de gas) se marca con el número 1, el calentamiento con el número 2, y los modelos de calentamiento (isotermas) con el número 3.

La disposición según la figura funciona para que el calefactor 2 se utilice para calentar la superficie a la temperatura deseada, después de lo cual la superficie es enfriada 1 a una temperatura inferior. Durante el calentamiento surge un modelo de calentamiento 3, que depende de la salida y tiempo de calentamiento, influenciando así la forma del modelo en la orientación de los defectos creados.

La operación de la invención es descrita con ayuda de los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1

Una única fractura, o fracturas individuales paralelas diferentes, debían ser creadas en un tubo que correspondía a los usados en una central de energía nuclear. El modelo de calentamiento fue formado con su dimensión más larga circunferencial al tubo. Esto provocó que las fracturas crecieran en la dirección axial del tubo. Ambos ciclos de calentamiento y de enfriamiento duraron 30 s. Durante la prueba, la temperatura máxima fue aproximadamente de 700°C y la temperatura mínima aproximadamente de 10°C. El enfriamiento forzado fue usado para evitar que el modelo de calentamiento se extendiera por la conducción térmica. En un enfriamiento forzado, el agua de refrigeración es continuamente dirigida a ambos lados del área calentada, también durante el ciclo de calentamiento.

El número total de ciclos fue de 6500, ambos, el de calentamiento y el de enfriamiento se incluyen en un único ciclo. En este número de ciclos, crecieron tres fracturas axialmente orientadas a partir de microfracturas nucleadas en la probeta.

El método según la invención fue usado para formar una única fractura o fracturas múltiples en el material básico.

Ejemplo 2

El método fue usado para la producción de una fractura o fracturas múltiples en una costura soldada en un tubería. Las fracturas fueron fabricadas en la superficie interna de la tubería.

El modelo de calentamiento fue formado de manera que se extendía sobre el cordón de raíz de la soldadura, con su punto central cerca del cordón de raíz. Durante la calibración, una temperatura de 700°C fue conseguida cuando se utilizó un tiempo de calentamiento de 6 s. El tiempo de enfriamiento fue de 10 s. un total de 17 803 ciclos fueron realizados durante la prueba. Se realizó la prueba penetrante, demostrando que las fracturas se habían formado en ambos lados de la soldadura. Además las fracturas mencionadas, una única fractura que no se extendía por el cordón de raíz, creció transversalmente respecto a la soldadura.

El método puede utilizarse para la producción de grietas con propiedades correspondientes a las de los defectos naturales, y que así se pueden usar en muestras de prueba de calificación. El método puede utilizarse crear una red de fracturas específicas para la fatiga térmica y grietas únicas. Inspecciones ultrasónicas de las fracturas fabricadas mostraron que el desafío de las grietas a los procedimientos de inspección corresponde a la realidad.

El método ha sido usado de la manera descrita en

los ejemplos anteriores. Además, el método puede ser también aplicado para producir tensiones residuales en una muestra de prueba. Las tensiones residuales son también producidas mediante un ciclado térmico en un área deseada en una muestra de prueba cuando el estado de tensión de residuos permanente surge en la muestra de prueba. Los cambios del estado de ten-

sión de residuos durante el ciclado dependen de los parámetros de calentamiento y de enfriamiento usados.

5

Debería tenerse en cuenta que la invención no está restringida a la descripción anterior o ejemplos, sino que se puede variar dentro del campo de las siguientes reivindicaciones.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para la producción de defectos artificiales y/o tensiones residuales en piezas de prueba, donde una pieza de prueba es reiterada y alternativamente calentada y enfriada, en el mismo sitio y el calentamiento/enfriamiento no está dirigido a sitios diferentes de la pieza de prueba en un número suficiente de ciclos consecutivamente repetidos de calentamiento y enfriamiento, para crear los defectos y/o tensión residual.

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que los defectos y/o tensiones residuales son creados en la forma deseada formando la forma de los modelos de calentamiento y/o enfriamiento.

3. Método según la reivindicación 2, **caracteriza-**

do por el hecho de que la forma del modelo de calentamiento es controlado por el enfriamiento de la pieza de prueba fuera del área del modelo deseado.

4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que un número suficiente de ciclos alternos consecutivamente repetidos de calentamiento y de enfriamiento se utilizan para conseguir defectos de fatiga térmica.

5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que el defecto se crea sin una grieta inicial u otro nucleador.

6. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que el tamaño de los defectos y tensiones residuales fabricados se controla mediante el calentamiento y salida de enfriamiento, la duración del calentamiento y enfriamiento, y el número de ciclos térmicos.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

