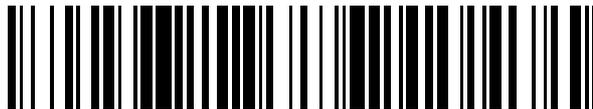


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 413**

51 Int. Cl.:
G01N 29/04 (2006.01)
G01N 29/06 (2006.01)
G01N 29/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06754475 .9**
96 Fecha de presentación: **21.06.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1943508**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2008**

54 Título: **MÉTODO PARA LA INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA DE UN CUERPO DE ENSAYO USANDO ULTRASONIDOS.**

30 Prioridad:
28.10.2005 DE 102005051781

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.12.2011

73 Titular/es:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
**KRÖNING, Michael;
BOULAVINOV, Andrei;
REDDY, Krishna, Mohanc/o Andrey Bulavinov y
VON BERNUS, Ludwig**

74 Agente: **de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 370 413 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

Método para la inspección no destructiva de un cuerpo de ensayo usando ultrasonidos.

Antecedentes de la Invención

5 La presente invención se refiere a un método para la inspección no destructiva de un cuerpo de ensayo usando ultrasonidos, en el cual las ondas ultrasónicas se acoplan al cuerpo de ensayo por medio de una multiplicidad de transductores ultrasónicos y las ondas ultrasónicas reflejadas dentro del cuerpo de ensayo se reciben por una multiplicidad de transductores ultrasónicos y se convierten en señales ultrasónicas, que forman la base de la inspección no destructiva.

Estado de la Técnica

10 La manera de proceder para la inspección no destructiva de un cuerpo de ensayo por medio de ultrasonidos, con la finalidad de, respectivamente, inspeccionar un material en busca de defectos del material, tales como grietas, inclusiones u otras inhomogeneidades del material, comprende acoplar ondas ultrasónicas al cuerpo de ensayo, detectar las ondas ultrasónicas transmitidas a través, o reflejadas, deflexionadas, dispersadas y/o rotas dentro, del cuerpo de ensayo, así como evaluar las ondas ultrasónicas convertidas en señales ultrasónicas.

15 Usando los anteriores como tales métodos de inspección de estado de la técnica, es posible detectar y evaluar respectivamente las propiedades de transmisión de ondas ultrasónicas y las propiedades de reflexión de un cuerpo de ensayo. En este método, que se deriva originalmente de la tecnología médica (diagnóstico ultrasónico), se forman imágenes de lugares defectuosos, tales como grietas en los materiales, inclusiones o costuras en un cuerpo de ensayo, por medio de la evaluación correspondiente de las señales ultrasónicas recibidas como áreas con propiedades de reflexión alteradas. Pueden representarse en tres dimensiones la posición, forma y tamaño de los lugares defectuosos de una manera altamente resuelta espacialmente.

20 Obviamente, los campos de aplicación de este método son múltiples. Se mencionan como ejemplos la aplicación del método para la inspección, examen y detección de las propiedades de homogeneidad o propiedades de solidez de las partes estructurales de edificios (paredes de hormigón, elementos de techo o elementos de pared, etc.) o inspección de grietas, por ejemplo en ruedas de vagones de ferrocarril o partes de aviones.

25 En muchas aplicaciones de inspección de material no destructiva se emplea una multiplicidad de transductores de ultrasonidos que se combinan para una mejor manipulación dentro de las denominadas sondas ultrasónicas o sondas de red de emisores. Fundamentalmente, se diferencian dos tipos de sondas ultrasónicas. Se denomina sonda de ecoimpulso si la sonda acopla un paquete de ondas ultrasónicas con el cuerpo de ensayo y las ondas ultrasónicas reflejadas en el cuerpo de ensayo se reciben de nuevo por la sonda. Por otro lado, las sondas con transductores ultrasónicos separados para acoplamiento interior y receptores para recibir sondas ultrasónicas se denominan sondas de transmisión/recepción.

30 En todas las sondas ultrasónicas del estado de la técnica, cada uno de los transductores ultrasónicos sencillos está conectado a un dispositivo de control que está provisto de una electrónica de control independiente, es decir, un canal de control eléctrico propio, para cada transductor ultrasónico de tal manera que los transductores ultrasónicos sencillos puedan ser disparados independientemente uno de otro y sirvan, por ejemplo, como un transmisor ultrasónico o como un receptor ultrasónico. En particular, tal tipo de disparo ultrasónico permite operar los transductores ultrasónicos sencillos con una posición de fase diferente y una amplitud diferente. La figura 2 muestra esquemáticamente una disposición del estado de la técnica de un sistema de red de emisores que, al usar una tecnología de formación en fase, es capaz de excitar ondas ultrasónicas en la sonda bajo cualquier ángulo y en cualquier rango de enfoque y de recibir las mismas desde ellos. El sistema de red de emisores comprende una sonda 1 con una multiplicidad de transductores ultrasónicos sencillos que están todos ellos conectados a una electrónica de canal múltiple mediante un cable 2 para transmitir señales eléctricas. Para cada canal, la electrónica ultrasónica para disparar un transductor ultrasónico está provista de un amplificador 3, un conversor analógico/digital 4, unos elementos 5 de retardo de transmisión/recepción, un sumador 6 de señales y una unidad 7 de reconstrucción de imágenes por sectores.

35 Con el fin de realizar una medición con la que se haya de probar la capacidad de transmisión de una sonda, el dispositivo de control excita al menos uno o bien usualmente una multiplicidad de transductores ultrasónicos de la sonda de red de emisores para acoplar ondas ultrasónicas con el cuerpo de ensayo durante un intervalo de tiempo limitado. Los paquetes de ondas ultrasónicas acoplados interiormente resultantes se reflejan, por ejemplo, en los lugares defectuosos dentro del cuerpo de ensayo y retornan como ondas ultrasónicas reflejadas a los transductores ultrasónicos, que funcionan ahora como receptores, y se convierten en señales ultrasónicas por estos últimos y se transportan al dispositivo de control para evaluación. El período de tiempo entre la emisión y recepción de las señales ultrasónicas se denomina usualmente como ciclo de medición. Por último y no por ello menos importante, para una detección y evaluación mejoradas de señal, se realiza sucesivamente una multiplicidad de tales tipos de

ciclos de medición para obtener una relación señal/ruido aceptable.

En muchas aplicaciones, el objetivo es detectar dentro del volumen del cuerpo de ensayo de una manera resuelta tan finamente como sea posible las propiedades de transmisión y las propiedades de reflexión de un cuerpo de ensayo. Con este fin, el retardo temporal de los ciclos de transmisión se ajusta en consecuencia para establecer la dirección de irradiación y la profundidad de enfoque. Las señales ultrasónicas recibidas de los transductores ultrasónicos sencillos de la sonda de red de emisores son, por decirlo así, añadidos al retardo de fase de tal manera que en un ciclo de transmisión se genera una señal ultrasónica para un cierto ángulo de irradiación y, si es necesario, para una cierta profundidad de enfoque. A esto se hace referencia como una denominada imagen-A, que se muestra en la figura 3a. La imagen-A representa el eco ultrasónico a lo largo de una "dirección de propagación de visión, respectivamente una dirección de propagación del sonido" dadas a través del cuerpo de ensayo. Puede verse como una imagen seccional unidimensional semejante a una línea de intersección a través del cuerpo de ensayo, a lo largo de la cual se muestra resueltas localmente las señales de eco ultrasónicas. La transmisión de sonido a través del cuerpo de ensayo bajo ángulos diferentes, es decir que el haz sonoro se hace pivotar en el cuerpo de ensayo, preferiblemente dentro de un plano de pivote uniforme, permite reconstruir una denominada imagen de sector, que se compone de una multiplicidad de imágenes-A como muestra la gráfica según la figura 3b. Adicionalmente, la codificación de las señales de eco sencillas en colores diferentes a lo largo de la multiplicidad de imágenes-A combinadas produce una imagen de sector interpretable o imagen-B interpretable según la representación de imagen de la figura 3c, que muestra los lugares de reflectividad incrementada en un plano de corte o en un sector dentro del cuerpo de ensayo.

Sin embargo, un inconveniente al usar el método de red en fase para la inspección no destructiva del material de un cuerpo de ensayo es que se requiere una gran cantidad de tiempo y de esfuerzo de medición hasta que un cuerpo de ensayo se inspecciona tan concienzudamente como sea posible, dado que el objetivo es obtener señales de medición suficientemente fiables de, si es posible, todas las regiones del volumen para una evaluación de señal completa. De este modo, en un ciclo de medición o en una multiplicidad de ciclos de medición con el mismo disparo en fase de los transductores ultrasónicos, únicamente se obtiene una información acerca de las propiedades de reflexión en sólo una región de volumen o a lo largo de un sector dado del cuerpo de ensayo. Por tanto, se necesita un número muy grande de mediciones, cada una con un disparo en fase diferente, para examinar todo el volumen del cuerpo de ensayo, requiriendo así una gran cantidad de tiempo para realizar la inspección completa del material. Se requiere una reprogramación intensiva en tiempo y trabajo para establecer un nuevo ángulo de irradiación, respectivamente una nueva posición focal.

Otra desventaja es que un ángulo de irradiación dado determina la abertura de la sonda, es decir, no es posible seleccionar la abertura óptimamente para todos los ángulos de irradiación, lo cual daña la resolución de las mediciones.

Una desventaja adicional del método de red en fase es que para cada transductor ultrasónico, se han de proporcionar un canal de transmisión y un canal de recepción propios con la electrónica correspondiente conectada mediante conexiones eléctricas al transductor ultrasónico respectivo. Dado que las sondas ultrasónicas actualmente empleadas comprenden usualmente 16 o más transductores ultrasónicos, las conexiones entre la sonda y el dispositivo de control usualmente requieren un cable grueso, inflexible y, por tanto, difícil de manipular.

Para remediar los problemas antes mencionados, el documento DE 10 2004 059 856.8-52 describe el principio de un sistema de red de emisores temporizado en el que todos los transductores ultrasónicos de la sonda de red de emisores son excitados sucesivamente, con lo que en cada ciclo de transmisión todos los transductores ultrasónicos reciben las señales de eco ultrasónicas que retornan del cuerpo de ensayo. Las señales de tiempo recibidas se almacenan, y las señales de tiempo almacenadas no se evalúan basándose en un algoritmo de reconstrucción hasta después de la finalización de la transmisión de sonido a través del cuerpo de ensayo. De esta manera, es posible reconstruir las señales ultrasónicas de una o de una multiplicidad de direcciones de irradiación y de profundidades de enfoque respectivas a partir de las señales de tiempo almacenadas.

Descripción de la Invención

El objeto de la presente invención es permitir una mejora adicional, incluso con respecto al sistema de red de emisores descrito en el documento antes mencionados DE 10 2004 059 856.8-52, en lo referente al consumo de tiempo y la intensidad de trabajo para realizar la inspección no destructiva de un cuerpo de ensayo. En particular, el tiempo requerido para inspeccionar tal tipo de cuerpos de ensayo deberá reducirse decisivamente.

La solución al objeto en el cual se basa la presente invención se expone en la reivindicación 1. Las características que desarrollan ventajosa y adicionalmente la idea inventiva son la materia objeto de las reivindicaciones subordinadas y de la siguiente descripción con referencia a las realizaciones preferidas.

El método según la solución utiliza un fenómeno físico especial de propagación de ondas en combinación con una técnica de reconstrucción que permite obtener reconstructivamente señales de eco ultrasónicas sencillas, resueltas en el tiempo y resueltas localmente a lo largo de un ángulo de irradiación dado, las denominadas imágenes-A, que

incluyen imágenes de sector en forma de imágenes seccionales ultrasónicas bidimensionales así como imágenes volumétricas tridimensionales sin transmisión y recepción múltiples, es decir, dentro solamente de un único ciclo de transmisión.

5 Según la solución, un método para la inspección no destructiva de un cuerpo de ensayo usando ultrasonidos según las características de la parte genérica de la reivindicación 1 se distingue porque se disponen una multitud de transductores ultrasónicos sobre una superficie de un cuerpo de ensayo y se activan en un primer paso de tal manera que las ondas ultrasónicas acopladas dentro del cuerpo de ensayo se propaguen en gran medida uniformemente de manera espacial dentro del cuerpo de ensayo. En un paso siguiente, las ondas ultrasónicas reflejadas dentro del cuerpo de ensayo se reciben con una multitud m de transductores ultrasónicos dispuestos en la superficie del cuerpo de ensayo. Cada transductor ultrasónico genera señales de tiempo ultrasónicas que contienen información de amplitud resuelta en tiempo. Todas las señales de tiempo ultrasónicas recibidas por m transductores ultrasónicos se almacenan en una unidad de memoria adecuada para procesamiento y evaluación subsiguientes. Basándose en las m señales de tiempo ultrasónicas, se determina finalmente por medio de un algoritmo de reconstrucción una imagen volumétrica tridimensional, una imagen de sector con la forma de una imagen seccional ultrasónica bidimensional a través del cuerpo de ensayo o una imagen-A con la forma de una imagen unidimensional a lo largo de un ángulo de irradiación dado.

20 Para realizar el método según la solución es adecuada una sonda de red de emisores del estado de la técnica con un multiplicidad de transductores ultrasónicos dispuestos como una red, es decir, linealmente, o como una matriz, todos los cuales tienen unas dimensiones tan pequeñas como sea posible en la dirección longitudinal con respecto a la superficie del cuerpo de ensayo y debido a esto, o aparte de ello, poseen una característica direccional muy amplia, es decir, cada transductor ultrasónico sencilla es capaz fundamentalmente de irradiar ondas ultrasónicas hacia todas las direcciones espaciales alcanzables dentro del cuerpo de ensayo sobre cuya superficie se posiciona el transductor ultrasónico con la finalidad de acoplamiento acústico.

25 Según la solución una multiplicidad n de transductores ultrasónicos distribuidos como una red se dispone sobre una superficie del cuerpo de ensayo, de la que al menos un grupo de i de los n transductores ultrasónicos se activan de tal manera que los i frentes de onda ultrasónicos acoplados dentro del cuerpo de ensayo se superpongan para formar un frente de onda global que se propague distribuidos en gran medida uniformemente en el espacio. Para el parámetro numérico i se asume: $3 \leq i \leq n$. Para la formación de un frente de onda global en gran medida uniformemente distribuido en el espacio se asume que los transductores ultrasónicos i sencillos se activan retardados en el tiempo con impulsos de emisión eléctricos correspondientes de tal manera que el frente de onda que se forma dentro del cuerpo de ensayo sea tan cilíndrico o esférico como sea posible, garantizando así que la propagación del sonido, similarmente a la solución alternativa descrita en la parte anterior, tenga lugar en gran medida uniformemente en todas las direcciones de irradiación durante un ciclo de transmisión.

35 Similarmente a la solución alternativa antes descrita, partes de las ondas ultrasónicas reflejadas de vuelta se reciben por un multiplicidad m de transductores ultrasónicos dispuestos sobre la superficie que utiliza la emisión de sonido a través de un multiplicidad i de transductores sencillos dentro del cuerpo de ensayo, correspondiendo la multiplicidad m a la totalidad de todos los transductores ultrasónicos contenidos dentro de una sonda de red de emisores y siendo preferiblemente $m = n$. Los n transductores ultrasónicos dispuestos generan m señales de tiempo ultrasónicas en las que se contiene la información de amplitud resuelta en tiempo que se almacena de la manera correspondiente para una evaluación de reconstrucción adicional.

40 Contrariamente a los métodos de reconstrucción aplicados hasta ahora, en los que una construcción de imágenes de sector bidimensionales, respectivamente imágenes-B, se realiza basándose en la compilación de una multiplicidad de imágenes-A, representando cada una de ellas señales ultrasónicas a lo largo de un ángulo de irradiación definido, respectivamente un "ángulo de observación", el método de reconstrucción novedoso se basa en la toma en consideración de la duración del arranque de ultrasonidos con la transmisión a cada punto espacial único dentro del cuerpo de ensayo y con el retorno al lugar de un transductor ultrasónico que recibe parte del onda ultrasónica reflejada. De esta manera, es posible reconstruir la posición, una imagen volumétrica o una imagen de sector sin calcular imágenes-A únicas. En vez de ello, basándose en las señales temporales ultrasónicas recibidas, se subdivide el volumen del cuerpo de ensayo en puntos especiales únicos, denominados voxels, a cada uno de los cuales se les asigna al menos una parte de la señal de eco ultrasónica que proviene del punto espacial respectivo, el cual se corresponde con un denominado valor de voxel. Dependiendo de ciertos puntos focales de evaluación predefinidos para la compilación de, por ejemplo, una imagen-B, respectivamente de una imagen de sector, se seleccionan todos aquellos voxels de la totalidad de todos los valores de voxel almacenados contenidos en un plano de sección dado. De este modo, se compone una imagen de sector bidimensional píxel a píxel de una multiplicidad de valores de voxel únicos y no, como hasta ahora, mediante la combinación de imágenes-A calculadas únicas.

La detección y almacenamiento de los valores de voxel que representan la totalidad del volumen de cuerpo de ensayo que se ha de inspeccionar permite conducir, dependiendo de la finalidad de la inspección, tantas inspecciones de cuerpo de ensayo como se desee por medio de inspección ultrasónica no destructiva sin necesitar

la inversión de una gran cantidad de tiempo o dinero. Aspectos adicionales relativos a las variantes del método según la solución pueden extraerse de la descripción adicional con referencia a las realizaciones preferidas.

Breve Descripción de la Invención

5 La presente invención se hace más evidente en lo que sigue, sin la intención de limitar el alcance o espíritu de la idea inventiva, usando realizaciones preferidas con referencia a los dibujos anexos.

Las figuras 1a-c muestran las secuencias de transmisión y recepción para realizar una inspección ultrasónica en un cuerpo de ensayo,

La figura 2 muestra una configuración esquemática de un sistema de red de emisores del estado de la técnica,

10 Las figuras 3a-c muestran una representación de una reconstrucción de un imagen de sector, respectivamente de un imagen-B,

La figura 4 muestra la configuración de un sistema de red de emisores modificado,

La figura 5 muestra una representación de una reconstrucción de una imagen de sector, respectivamente de una imagen-D, y

La figura 6 muestra una reconstrucción de una imagen-A.

15 **Maneras de Realizar la Invención, Aplicabilidad Comercial**

La figura 1a muestra una sonda de red de emisores fuertemente esquemática provista se una multiplicidad n de transductores ultrasónicos 8 ordenados linealmente adyacentes, los cuales están dispuestos a lo largo de la superficie 9 del cuerpo de ensayo P.

20 Los transductores únicos 8 se distinguen por unas dimensiones muy pequeñas en posición lateral con respecto a la superficie 9 del cuerpo de ensayo P y tienen una característica direccional muy ancha. En este caso, si los transductores ultrasónicos 8 de la sonda de red de emisores fueran todos excitados al mismo tiempo, debido a la relación abertura/longitud de onda, éstos formarían un campo sonoro alineado que penetraría en el cuerpo de ensayo P.

25 Por otro lado, el método utiliza la capacidad de un transductor ultrasónico 8, el cual está dispuesto preferiblemente centrado dentro de la sonda de grupo de red de emisores y el cual, debido a su característica direccional ancha con una excitación eléctrica correspondiente, es capaz de cubrir todas las direcciones de irradiación dentro del cuerpo. Con una excitación selectiva del transductor ultrasónico sencillo en excitación por impulsos, se irradian frentes de onda que se forman esféricamente hacia dentro del cuerpo de ensayo P según se muestra en la representación según la figura 1a. Se asume que dentro del cuerpo de ensayo P se proporcionan dos incompletudes 1U y 2U del material en las que se reflejan parcialmente las ondas ultrasónicas. La figura 1b muestra la situación de recepción en la que se reciben las ondas ultrasónicas secundarias emitidas desde las incompletudes 1U y 2U del material por la multiplicidad m de transductores ultrasónicos 8 dispuestos sobre la superficie del cuerpo de ensayo. Las ondas ultrasónicas retroreflejadas recibidas por los transductores ultrasónicos 8 se corresponden con señales de eco en las que se contienen la información de amplitud y la información de duración relativas a las incompletudes 1U y 2U del material dentro del cuerpo de ensayo P. Sin embargo, los lugares de las incompletudes del material pueden no localizarse al principio. Las señales de eco recibidas por los transductores ultrasónicos 8 experimentan una amplificación, filtrado y digitalización correspondientes y finalmente se almacenen de forma digital en una memoria.

30 Contrariamente al proceso de transmisión mostrado y descrito en la figura 1a, la multiplicidad de los transductores ultrasónicos dispuestos sobre la superficie 9 del cuerpo de ensayo P según la invención de la figura 1c, se excita con un retardo de transmisión ajustado en consecuencia por los impulsos S de transmisión eléctrica de tal manera que el frente de onda W que se forma en el cuerpo de ensayo P adopte una forma esférica, garantizando así también la propagación del sonido en todas las direcciones de irradiación dentro de un ciclo de transmisión. En este caso, el proceso de recepción también se corresponde con la situación descrita con referencia a la figura 1b, con lo que en el presente caso las señales ultrasónicas digitalizadas, respectivamente señales de eco, se almacenan en una memoria tomadas en consideración la información de amplitud y la información de duración asignables a ellas.

35 Con el fin de realizar los escenarios de transmisión y recepción descritos anteriormente, una sonda de red de emisores modificada, representada esquemáticamente en la figura 4, se coloca sobre la superficie 9 de un cuerpo de ensayo P. Contrariamente a la sonda de red de emisores del estado de la técnica mostrada según la figura 2, no se requiere ningún elemento 5 de retardo temporal dentro de la lógica de recepción, sino que en vez de ello las señales de eco amplificadas, filtradas y convertidas digitalmente se almacenan en una memoria que retiene la información de amplitud y la información de tiempo. La información requerida para la representación de las imágenes-A o las imágenes-B, respectivamente las imágenes de sector, se computa por medio de unas unidades de reconstrucción especiales directamente a partir de las señales de eco almacenadas. La idea principal que forma la base de la

reconstrucción se basa en tener en cuenta la duración de los ultrasonidos desde cada lugar de transmisión ultrasónica única hasta cada punto espacial dentro del cuerpo de ensayo así como el retorno a cada lugar en el que se dispone un receptor ultrasónico. En otras palabras, toda el área espacial del cuerpo de ensayo se subdivide en áreas volumétricas únicas muy pequeña, denominadas voxeles. Dentro del ciclo de transmisión una información de eco ultrasónico es asignable a cada voxel único. Esta información de eco ultrasónico se almacena como información digital de tiempo y de amplitud en una unidad de memoria. Con el fin de reconstruir, por ejemplo, una imagen-B, respectivamente una imagen de sector, es necesario seleccionar de entre la totalidad de todos los valores de voxel almacenados aquellos que están en un plano de corte a través del cuerpo de ensayo que se ha de inspeccionar. Este proceso se representa esquemáticamente en la figura 5. De este modo, por ejemplo, se asume que una onda ultrasónica se emite por el emisor ultrasónico 81 hacia el interior del cuerpo de ensayo P, se refleja en la incompletud 1U del material y se recibe por el transductor ultrasónico 82. Debido a una medición realizada de detección de duración y de valor de amplitud, puede asignarse un valor de amplitud específico A a la incompletud 1U del material dentro del cuerpo de ensayo P y se almacena este valor de una manera correspondiente. Es fácil deducir que de esta manera la información de amplitud correspondiente puede asignarse resuelta en tiempo a cada punto espacial único dentro del cuerpo de ensayo P. Si el objetivo es detectar una cierta imagen de sector, imagen-B, sólo es necesario seleccionar unos valores de voxel almacenados únicos cuya combinación produzca una imagen seccional bidimensional a través del cuerpo de ensayo.

Por otro lado, si se desea generar una imagen-A convencional con el fin, por ejemplo, de representa la señal ultrasónica bajo un cierto ángulo de irradiación en el cuerpo de ensayo P, tal tipo de imagen seccional unidimensional también puede reconstruirse a partir de la información almacenada. Según la representación esquemática de la figura 6, con el fin de reconstruir una imagen-A, en contraposición a la reconstrucción de una imagen-B, todos los valores de voxel reconstruidos están situados a lo largo de una línea recta L de tal manera que se produce una proyección unidimensional de una imagen-A.

De esta manera, puede obtenerse un conjunto comprensivo de datos dentro de un solo ciclo de transmisión a partir del cual pueden reconstruirse para cualquiera ángulo de irradiación imágenes de sector completas como imágenes-A únicas. Un prerrequisito para ello es el uso de un sistema de red de emisores configurado según el sistema de red en fase. De la misma manera, pueden generarse también, por supuesto, imágenes volumétricas directamente a partir del conjunto almacenado de datos por medio de una visión conjunta correspondiente de los valores de voxel espacialmente distribuidos.

La reconstrucción relacionada con la duración produce efectos de enfoque, con el punto de enfoque situado en cada voxel único de la imagen de sector, respectivamente de la imagen-A generada. Tal tipo de método de enfoque sintético también ayuda a mejorar considerablemente la sensibilidad, la resolución lateral y la relación señal/ruido de la inspección ultrasónica realizada. Si se ha de obtener la misma calidad de señal e imagen, por ejemplo con el uso de la tecnología de red de emisores convencional, para la reconstrucción de ciertas imágenes seccionales por medio de una sonda basada en información de ondas ultrasónicas, cada valor de voxel único dentro del cuerpo de ensayo se ha de explorar en diferentes ciclos de transmisión. Un esfuerzo mayor de medición y evaluación que no se realiza con tecnología de red de emisores convencional.

Lista de referencias

- 1 sonda de red de emisores
- 2 cable
- 3 amplificador
- 4 transductor analógico/digital
- 5 elemento de retardo temporal
- 6 sumador digital
- 7 unidad de reconstrucción de imagen-B
- 8 transductor ultrasónico
- 9 superficie de cuerpo de ensayo

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para la investigación no destructiva de una pieza de ensayo (P) por medio de ultrasonidos, en el que una multiplicidad de ondas de ultrasonidos de unos transductores ultrasónicos (8) son acopladas dentro de la pieza de ensayo (P), y las ondas de ultrasonidos reflejadas dentro de la pieza de ensayo se reciben por una multiplicidad de transductores de ultrasonidos (8) y se convierten en señales de ultrasonidos, las cuales forman la base de la investigación no destructiva,

caracterizado por los siguientes pasos del método:

10 - habilitación de una multiplicidad n de transductores de ultrasonidos (8) dispuestos con la forma de una red distribuida sobre una superficie (9) de la pieza de ensayo (P), de tal manera que cada transductor de ultrasonidos individual (8) sea capaz de admitir ondas de ultrasonidos en todas las direcciones espaciales dentro de la pieza de ensayo, y la activación de al menos un grupo de i de los n transductores de ultrasonidos (8) de tal manera que los i frentes de onda de ultrasonidos acoplados dentro de la pieza de ensayo se superpongan en un frente de onda (W) global que se propaga de una manera esférica dentro de la pieza de ensayo,

15 - recepción de las ondas de ultrasonidos reflejadas dentro de la pieza de ensayo (P) con un multiplicidad m de transductores ultrasónicos (8) dispuestos sobre la superficie (9), y la generación de m señales temporales de ultrasonidos, en las que se contiene información de amplitud resuelta en tiempo de tal manera que las señales temporales de ultrasonidos recibidas por los transductores de ultrasonidos individuales (8), teniendo en cuenta en cada caso un tiempo transcurrido entre el tiempo de transmisión y el tiempo de recepción en cada uno de los transductores de ultrasonido individuales (8), se registran de tal manera que el volumen de la pieza de ensayo (P) se divida en puntos espaciales individuales, los llamados voxeles, a los cuales en cada caso se asigna al menos una parte de la señal de eco de ultrasonidos, la cual se corresponde con un llamado valor de voxel,

20 - almacenamiento de las m señales temporales de ultrasonidos,

25 - reconstrucción de una imagen volumétrica tridimensional, de una imagen de sector con la forma de una imagen seccional de ultrasonidos bidimensional a través de la pieza de ensayo (P), o de una imagen-A con la forma de una señal de eco de ultrasonidos unidimensional, resuelta en el tiempo y en el espacio a lo largo de un ángulo de intromisión prescribible, exclusivamente con el uso de al menos una parte de las m señales temporales de ultrasonidos de tal manera que los valores de voxel se seleccionen en una región del volumen, en el plano seccional o estén situados a lo largo del ángulo de intromisión.

2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque $3 \leq i \leq n$.

30 3. El método según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque la recepción de las ondas de ultrasonidos reflejadas dentro de la pieza de ensayo se realiza sobre la base de la tecnología de red en fase de muestreo.

4. El método según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque al menos un transductor de ultrasonidos es activado de una manera pulsada en un solo impulso de reloj de transmisión con la finalidad de transmitir ondas de ultrasonidos.

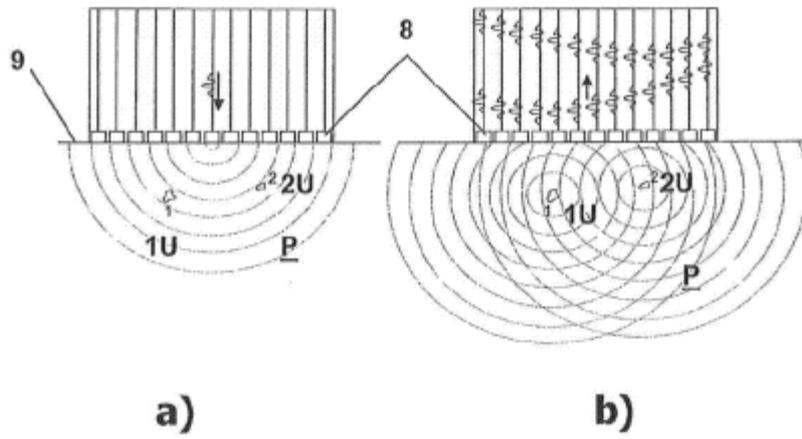
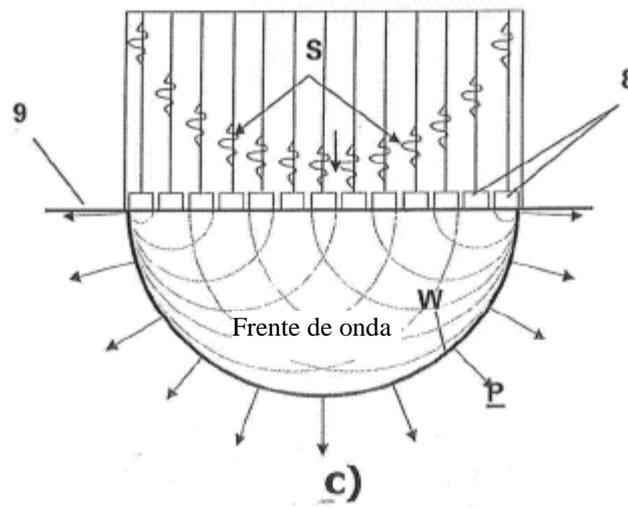


Fig. 1



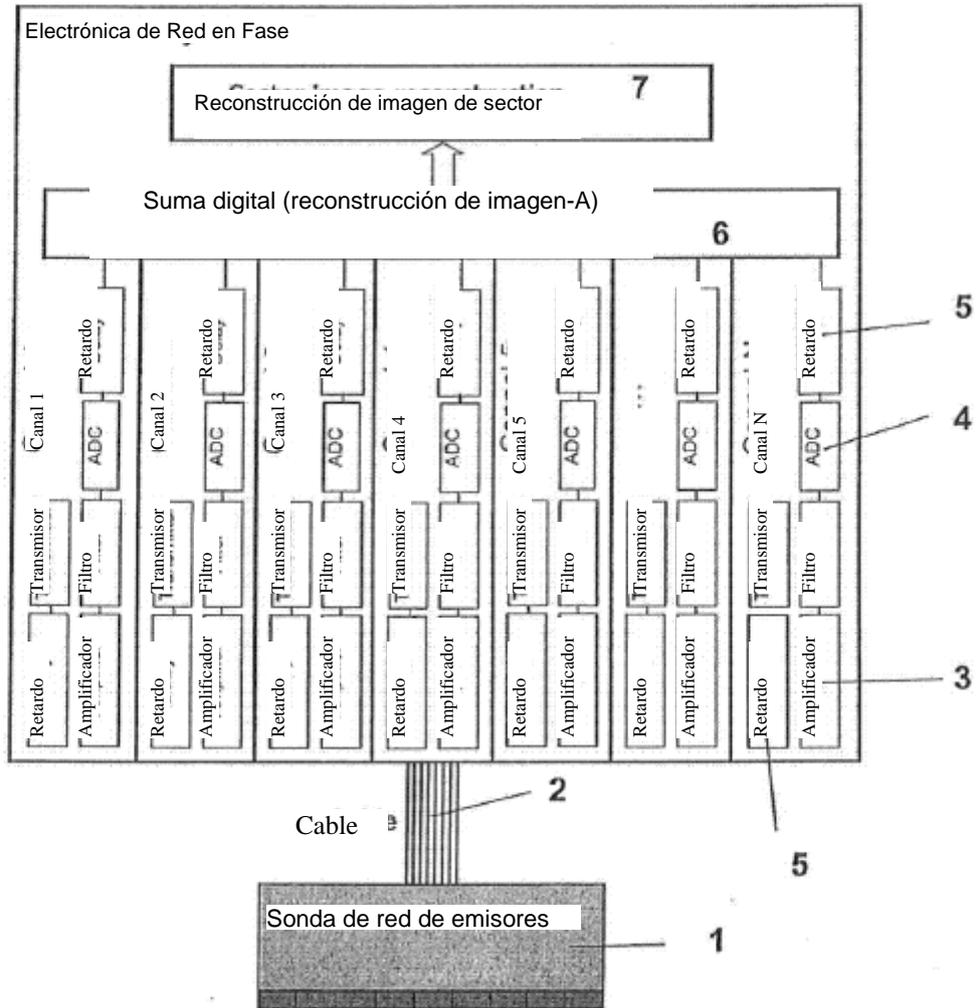


Fig. 2

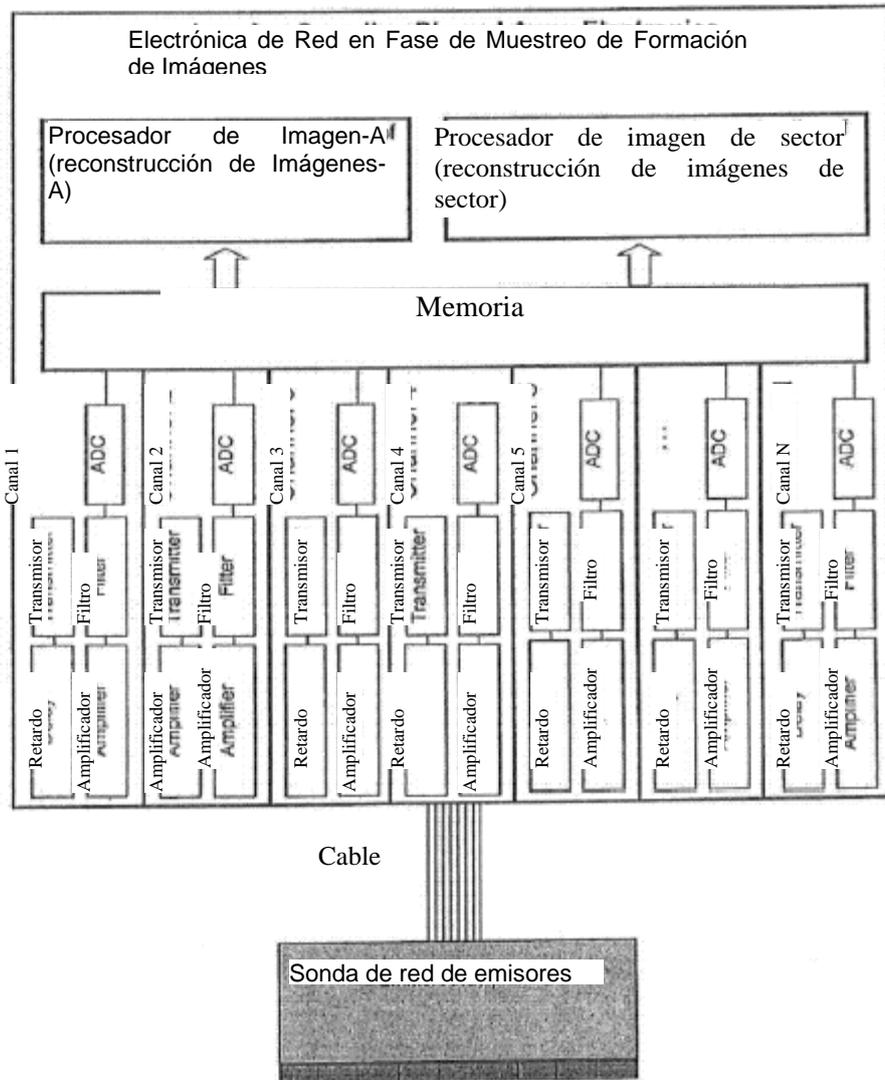


Fig. 4

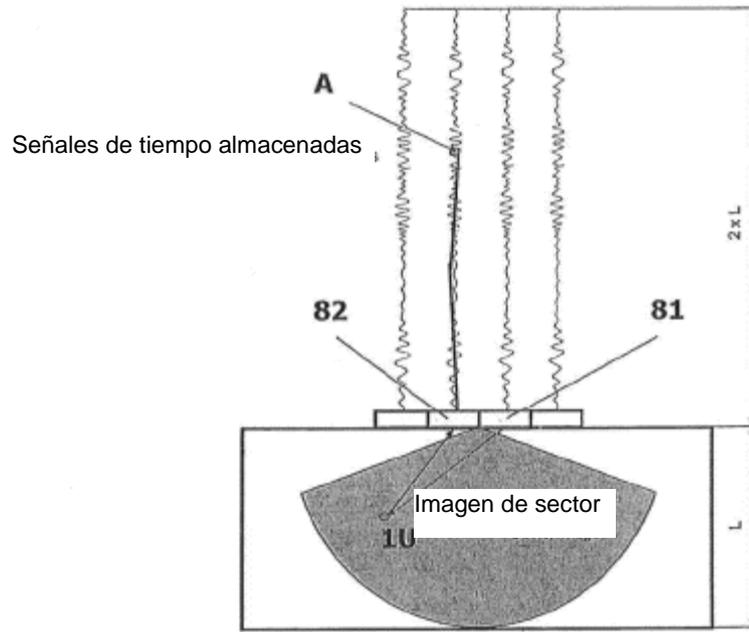


Fig. 5

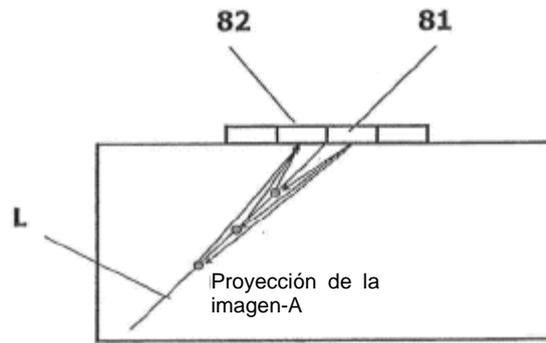


Fig. 6