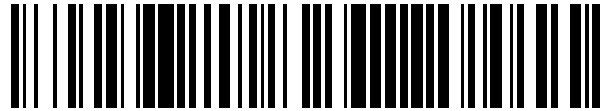


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 307**

51 Int. Cl.:

G01N 29/26 (2006.01)

G01N 29/36 (2006.01)

G01N 29/06 (2006.01)

G06T 1/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2012 E 12183138 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2565643**

54 Título: **Método y sistema para examinar el material interior de un objeto, tal como una tubería o un cuerpo humano, desde una superficie del objeto mediante el uso de ultrasonido**

30 Prioridad:

05.09.2011 NL 2007348

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

24.05.2018

73 Titular/es:

**RÖNTGEN TECHNISCHE DIENST B.V. (100.0%)
Delftweg 144
3046 NC Rotterdam**

72 Inventor/es:

**MOLENAAR, MARCEL MEIJLOM y
KLEIJER, STEVEN FERDINAND**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 669 307 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 y sistema para examinar el material interior de un objeto, tal como una tubería o un cuerpo humano, desde una superficie del objeto mediante el uso de ultrasonido

5

La invención se refiere a un método para examinar el material interior de un objeto mediante el uso de la obtención de imágenes ultrasónicas. Dicho método se conoce del documento US 2003/0187357. De acuerdo con el método conocido las señales se procesan solamente después de recibir cada una de las señales.

10

Es un objetivo de la invención proporcionar un método para examinar el material interior de un objeto en el cual pueden usarse un gran número de receptores de ultrasonido sin que disminuya la velocidad de inspección. Es otro objetivo de la invención proporcionar un método para examinar el material interior de un objeto que posibilita la inspección en tiempo real con mayores cantidades de receptores de ultrasonido. Es otro objetivo de la invención proporcionar un método para examinar el material interior de un objeto en el cual el número de receptores de ultrasonido usados puede aumentarse fácilmente sin que disminuya la velocidad de procesamiento ni el rendimiento del procesamiento.

15

Para realizar al menos uno de estos objetivos o al menos una parte de uno de estos objetivos, el método como se describe en el preámbulo está en conformidad con la invención caracterizada por la reivindicación 1. Puesto que cada señal de recepción se procesa por separado el tamaño de los datos que van a transferirse se reduce fuertemente de manera que puede mantenerse alta la velocidad de inspección. Además, la velocidad de procesamiento es independiente del número de señales de recepción que van a procesarse (es decir, independiente del número de receptores de ultrasonido usados) puesto que cada señal de recepción se procesa por separado, de manera que la velocidad de procesamiento puede mantenerse alta y el número de receptores de ultrasonido usados puede extenderse virtualmente sin límites. Nótese que, aunque se usa el término (primera) imagen, esto no significa necesariamente que esta imagen es una fotografía. En el contexto de esta solicitud imagen se refiere a una combinación de señales de recepción procesadas por separado. Las señales de recepción procesadas por separado pueden comprender conjuntos de datos. Como se discute más adelante un conjunto de datos puede tener la forma de un punto de datos, una fotografía, un elemento de fotografía o píxel o un valor de píxel.

20

25

30

En una modalidad de un método de acuerdo con la invención el procesamiento separado de cada señal de recepción comprende convertir la señal de recepción en un conjunto de datos separado en un determinado formato de datos; y usar este conjunto de datos separado para formar la primera imagen. De esta manera, mediante la correcta selección del formato de datos, es posible realizar la adición fácil, rápida y exacta de los conjuntos de datos, y así disminuir o incluso eliminar el almacenamiento temporal.

35

En una modalidad de un método de acuerdo con la invención cada uno de los conjuntos de datos separados se almacena temporalmente al menos hasta que se hayan obtenido los conjuntos de datos separados de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido, después de lo cual todos los conjuntos de datos separados se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente. Preferentemente, después de que se haya almacenado la primera imagen, todos los conjuntos de datos separados almacenados se eliminan, de manera que los receptores de ultrasonido quedan listos para generar otras señales de recepción sin necesitar gran capacidad de almacenamiento y así se impide la reducción de la velocidad de comunicación y procesamiento.

40

En una modalidad alternativa de un método de acuerdo con la invención el método comprende:

45

a) procesar una de las señales de recepción generadas por uno de los receptores de ultrasonido en un conjunto de datos separado, y almacenar dicho conjunto de datos separado al menos temporalmente en una memoria,

b) procesar otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente del mencionado de los receptores de ultrasonido, por separado en otro conjunto de datos separado, combinar dicho otro conjunto de datos separado con el conjunto de datos separado almacenado en un conjunto de datos combinado, y sustituir dicho conjunto de datos separado almacenado en dicha memoria por dicho conjunto de datos combinado,

50

c) procesar otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente de los receptores de ultrasonido de los cuales ya se han procesado las señales de recepción, por separado en un conjunto de datos separado adicional, combinar dicho conjunto de datos separado adicional con el conjunto de datos combinado almacenado en un conjunto de datos combinado adicional, y sustituir dicho conjunto de datos combinado almacenado en dicha memoria por dicho conjunto de datos combinado adicional, y

55

d) repetir la etapa c) hasta que se procesen las señales de recepción generadas por dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido, y en donde el conjunto de datos combinado de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido es la primera imagen que se almacena al menos temporalmente. Mediante la combinación así de un conjunto de datos con otro conjunto de datos en un conjunto de datos combinado y la combinación de un conjunto de datos con un conjunto de datos combinado hasta que todos los conjuntos de datos se combinen con la primera imagen puede obtenerse un aumento de la velocidad de procesamiento.

60

Puede realizarse otro aumento de la velocidad de procesamiento en una modalidad preferida de un método de acuerdo con la invención cuando las señales de recepción generadas por dos o más de los receptores de ultrasonido se procesan por separado en paralelo, dicho procesamiento paralelo se realiza opcionalmente sin almacenar los conjuntos de datos. Preferentemente, todos los conjuntos de datos separados se hacen disponibles de manera sincronizada (para disminuir

65

o incluso eliminar completamente el almacenamiento temporal de los conjuntos de datos), después de lo cual todos los conjuntos de datos separados obtenidos se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente. De acuerdo con la invención el segundo número de receptores de ultrasonido se compone de grupos individuales de receptores de ultrasonido, cada grupo individual contiene un tercer número de receptores de ultrasonido, el segundo número dividido por el tercer número es, preferentemente, un entero, en donde los conjuntos de datos separados de todos los receptores de ultrasonido de un grupo de receptores de ultrasonido se combinan en una subimagen, y las señales de recepción generadas por todos los receptores de ultrasonido de un grupo se procesan por separado en paralelo. Nótese que aunque se usa el término subimagen, esto no significa necesariamente que esta subimagen es una fotografía. En el contexto de esta solicitud subimagen se refiere a una combinación de conjuntos de datos separados. De esta manera se realiza un método muy eficiente para examinar el material interior de un objeto en el cual por cada tercer número de receptores de ultrasonido puede generarse una subimagen de manera rápida y en el cual el método puede adaptarse fácilmente a una extensión del número de receptores de ultrasonido mediante la adición de un tercer número de receptores de ultrasonido al número de receptores de ultrasonido ya presente. Preferentemente, cada una de las subimágenes se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más. En un primer aspecto de esta otra modalidad alternativa el número de grupos es tres o más, y una subimagen se combina con otra subimagen en una subimagen combinada, dicha subimagen combinada se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha subimagen combinada con otra subimagen, diferente de las subimágenes ya procesadas, y en donde la combinación de todas las subimágenes es la primera imagen y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente. En un segundo aspecto de esta otra modalidad alternativa cada una de las subimágenes se almacena temporalmente al menos hasta que se hayan obtenido las subimágenes de todos los grupos, después de lo cual todas las subimágenes se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena temporalmente. En el último caso es favorable que, después de que se haya almacenado la primera imagen, se eliminen las subimágenes.

En una modalidad de un método de acuerdo con la invención el segundo número de receptores de ultrasonido se distribuye en un arreglo que se extiende en una dimensión de la superficie del objeto, y el método, preferentemente, comprende la etapa de mover el arreglo, preferentemente, lateralmente con respecto a la extensión del arreglo, para posibilitar la construcción de una primera imagen tridimensional. En este caso los receptores de ultrasonido se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo unidimensional, y este arreglo unidimensional puede moverse a lo largo de la superficie del objeto de una manera conocida para obtener señales de recepción procedentes de los receptores de ultrasonido distribuidos en dos dimensiones sobre la superficie. Mediante el movimiento del arreglo unidimensional a lo largo de la superficie, aún pueden obtenerse las señales de recepción que vienen desde los receptores de ultrasonido distribuidos en dos dimensiones sobre la superficie del objeto para obtener una imagen tridimensional.

En otra modalidad de un método de acuerdo con la invención los receptores de ultrasonido se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo bi- o tridimensional. En ese caso, los receptores de ultrasonido no tienen que moverse necesariamente para obtener una imagen tridimensional. De acuerdo con la invención el método comprende la etapa adicional de transmitir al menos otra señal de ultrasonido por un transmisor de ultrasonido adicional de dicho primer número de transmisores de ultrasonido hacia el material interior del objeto para formar otra imagen de la misma manera que la primera imagen, por ejemplo, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas, dicho transmisor de ultrasonido adicional es diferente del primer transmisor de ultrasonido. Mediante el uso de más señales de ultrasonido procedentes de otros transmisores de ultrasonido es posible definir con más precisión la localización y orientación de un defecto en el material interior del objeto donde se producen las reflexiones y/o difracciones. En una modalidad de un método de acuerdo con la invención la primera señal de ultrasonido y al menos otra señal de ultrasonido se transmiten simultáneamente. Mediante el uso de la última manera es posible que la primera señal de ultrasonido se transmita por un primer grupo de transmisores de ultrasonido y que otra señal de ultrasonido se transmita simultáneamente (o en otra modalidad consecutivamente) por otro grupo de transmisores de ultrasonido, dicho primero y el otro grupo de transmisores de ultrasonido se componen al menos parcialmente de diferentes transmisores de ultrasonido.

En un primer aspecto que posibilita mayor velocidad de procesamiento la primera y la otra imagen se combinan y la imagen combinada se almacena en la memoria. Preferentemente, después de que la imagen combinada se haya almacenado en la memoria, la primera y/o la otra imagen se eliminan. Opcionalmente la imagen combinada de las imágenes que se originan a partir de todos los transmisores de ultrasonido del primer número de transmisores de ultrasonido se transmite para su procesamiento adicional.

En un segundo aspecto la primera imagen y la otra se transmiten por separado para su procesamiento adicional.

En un tercer aspecto que proporciona incluso aún mayor velocidad de procesamiento una subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido se combina con la primera imagen en una imagen híbrida combinada, dicha imagen híbrida combinada se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha imagen híbrida combinada con otra subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, diferente de una subimagen ya procesada que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, y en donde la combinación de todas las subimágenes que se originan a partir de la otra señal de ultrasonido con la primera imagen se almacena al menos temporalmente.

En una modalidad de un método de acuerdo con la invención los transmisores de ultrasonido forman, además, los receptores de ultrasonido, y el primer número es igual al segundo número. De esta manera el número de elementos necesarios para ejecutar el método puede disminuirse y así proporcionar un sistema compacto para realizar el método. Alternativamente los transmisores de ultrasonido se separan de los receptores de ultrasonido. De acuerdo con la invención las señales de recepción se procesan en tiempo real. Preferentemente, el método de acuerdo con la invención se usa para examinar una soldadura de una tubería de metal, plástico o de un compuesto, o una pared de una tubería de metal, plástico o de un compuesto, o un cuerpo humano.

En una modalidad preferida de un método de acuerdo con la invención un conjunto de datos tiene forma de un punto de datos, una fotografía, un elemento de fotografía o píxel o un valor de píxel. Preferentemente, el formato de datos se selecciona de manera que se facilita la adición de los conjuntos de datos. En dependencia del sistema de procesamiento usado y de su capacidad computacional, la velocidad de inspección puede mantenerse en un nivel deseado cuando el procesamiento separado de cada señal de recepción produce un conjunto de datos en la forma de un punto de datos, una fotografía, un elemento de fotografía o píxel o un valor de píxel. En particular es útil para la mayoría de los sistemas de procesamiento cuando el procesamiento digitaliza las señales de recepción en valores de píxeles y en los cuales estos valores de píxeles se almacenan al menos temporalmente.

La invención se refiere además a un sistema de acuerdo con la reivindicación 19. Las señales de recepción procesadas por separado pueden comprender conjuntos de datos. Como se discute más adelante un conjunto de datos puede tener la forma de un punto de datos, una fotografía, un elemento de fotografía o píxel o un valor de píxel.

En una modalidad del sistema de acuerdo con la invención los medios de procesamiento de señales se disponen para convertir la señal de recepción, durante el procesamiento de cada señal de recepción, en un conjunto de datos separado en un determinado formato de datos, y para usar este conjunto de datos separado para formar la primera imagen. De acuerdo con la invención el medio de procesamiento de señales comprende un número de unidades de procesamiento de señales, dicho número es igual al segundo número, cada unidad de procesamiento de señales comprende un medio de adquisición para adquirir una señal de recepción procedente de un respectivo receptor de ultrasonido, un medio de procesamiento para procesar dicha señal de recepción desde el respectivo receptor de ultrasonido y una memoria opcional para almacenar al menos temporalmente un respectivo conjunto de datos de recepción separado. Preferentemente, cada unidad de procesamiento digitaliza cada señal de recepción en un valor de píxel y, preferentemente, almacena este valor de píxel al menos temporalmente.

En una modalidad de un sistema de acuerdo con la invención el segundo número de receptores de ultrasonido se compone de grupos individuales de receptores de ultrasonido, cada grupo individual contiene un tercer número de receptores de ultrasonido, el segundo número dividido por el tercer número es, preferentemente, un entero, en donde las unidades de procesamiento de señales asociadas con los receptores de ultrasonido de cada grupo de receptores de ultrasonido se combinan en una unidad modular, y las unidades de procesamiento de señales de una unidad modular se disponen para combinar los conjuntos de datos separados de todos los receptores de ultrasonido de un grupo de receptores de ultrasonido en una subimagen. De esta manera el sistema puede adaptarse fácilmente al uso de receptores de ultrasonido adicionales mediante la adición de otra unidad modular a las unidades modulares ya existentes a la vez que mantiene la velocidad de procesamiento y comunicación. Un método en donde las señales también se procesan de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas se conoce del documento US-7,650,789. En este método conocido las señales de recepción se procesan en combinación para determinar, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de ondas, dónde se producen, en el material interior del objeto, las reflexiones y/o difracciones. Típicamente, ese método usa 16, 32 o incluso hasta 1024 receptores de ultrasonido. Para realizar el examen del material interior de un objeto en el método conocido cada señal de recepción se envía hacia un medio de procesamiento en el cual todas las señales de recepción se procesan en combinación. Aunque el método conocido es eficiente en el caso en que se usan números relativamente pequeños de receptores de ultrasonido, se crea un cuello de botella en la transmisión de las señales de recepción al medio de procesamiento en el caso en que se usa un mayor número de receptores de ultrasonido. En el caso en que se usan más receptores de ultrasonido, tienen que transferirse más datos al medio de procesamiento, y así disminuye la velocidad de inspección y se hace muy difícil realizar una inspección en tiempo real.

En el documento US 2006/0122506 se describe un sistema en donde la energía acústica se transmite por medio de un primer transmisor y las señales de retorno dispersas se reciben por una pluralidad de receptores. Las señales de retorno se desplazan en el tiempo unas con relación a las otras y subsecuentemente se combinan para producir un píxel. No se conoce de este documento que las señales recibidas se procesen por separado.

Los documentos US 5,469,851, US 4,170,142 y EP 2 182 352 describen cada uno un sistema en donde las señales de salida de elementos transductores se retardan unas con relación a las otras de una manera predeterminada y subsecuentemente se suman con relación a cada una para producir otra señal que varía en el tiempo. Sin embargo, esta señal recién generada que varía en el tiempo no es (una parte de) una imagen como es el caso con la presente invención. NIELS PORTZGEN Y OTROS (Inverse wave field extrapolation: a different NDI approach to imaging defects, IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, IEEE, US, vol. 54, núm. 1, 1 de enero de 2007 (2007-01-01), páginas 118-127, DOI: 10.1109/TUFFC.2007.217) describe adicionalmente la formación de una imagen de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas.

Las modalidades adicionales y/o alternativas de un sistema de acuerdo con la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

5 La invención se explicará ahora adicionalmente con referencia a un ejemplo de ella representado en la figura, en la cual: La Figura 1 muestra una sección transversal esquemática en la dirección axial de dos partes de una tubería conectadas entre sí por medio de una soldadura y una modalidad de un sistema de acuerdo con la invención para llevar a cabo un método de acuerdo con la invención.

10 En la Figura 1, el número de referencia 1 designa un objeto que comprende una primera tubería 2 y una segunda tubería 4 y una soldadura circunferencial 6 con la cual la primera tubería 2 y la segunda tubería 4 se conectan entre sí. Cada tubería se proporciona con una superficie exterior 8 y una superficie interior 10 entre las cuales está presente el material interior 12. La soldadura circunferencial 6 se proporciona igualmente con el material interior 12. La tubería puede ser de metal, plástico o de un material de compuesto.

15 La Figura 1 muestra, además, un sistema 14 para examinar, desde una superficie de un objeto, en este ejemplo desde la superficie exterior 8 de las tuberías 2, 4 y una superficie exterior 8 de la soldadura 6, el material interior 12 del objeto 1, particularmente la parte del objeto que comprende la soldadura 6.

20 El sistema 14 en este ejemplo se proporciona con unos 128 receptores de ultrasonido 16.i (i=1, 2, 3, ..., 128) de los cuales se muestran solamente los receptores 16.1, 16.32, 16.33, 16.64, 16.65, 16.96, 16.97 y 16.128, y los cuales se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo unidimensional. En la modalidad mostrada los receptores de ultrasonido se dividen en grupos individuales y cada uno de estos contiene exactamente el mismo número de receptores de ultrasonido, en este caso 32, de manera que en la modalidad mostrada hay cuatro grupos de 32 receptores de ultrasonido cada uno. Nótese que en modalidades alternativas, no se muestran, el número de receptores de ultrasonido puede ser diferente de 128, y de hecho puede ser cualquier número natural conveniente. Además, el número de receptores de ultrasonido que forman un grupo individual de receptores de ultrasonido también puede ser cualquier número deseado que incluye el caso en que un receptor forma un grupo o todos los receptores forman un grupo.

30 El arreglo unidimensional se extiende en la dirección axial de las tuberías 2, 4. El sistema se proporciona, además, con un primer número de transmisores de ultrasonido para suministrar ultrasonido hacia el material interior 12 que va a examinarse. En este ejemplo, cada receptor de ultrasonido 16.i se diseña también como un transmisor de ultrasonido 16.i, y en la presente descripción también se denomina receptor de ultrasonido 16.i. En una modalidad alternativa, los transmisores de ultrasonido y los receptores de ultrasonido se separan entre sí.

35 Cada elemento receptor de ultrasonido 16.i se conecta con su propia unidad de procesamiento de señales 22.i por medio de una respectiva línea 20.i, solamente unas pocas de las cuales se indican en la Figura 1. El sistema 14 se proporciona, además, con medios de transporte (no se muestran) conocidos por sí mismos, para mover el arreglo unidimensional de elementos transmisores y receptores de ultrasonido en la dirección radial alrededor del objeto. Cada unidad de procesamiento de señales 22.i comprende un medio de adquisición 21.i para adquirir una señal de recepción procedente del respectivo receptor de ultrasonido 16.i, un medio de procesamiento 23.i para procesar por separado dicha señal de recepción desde el respectivo receptor de ultrasonido 16.i. En el presente ejemplo la unidad de procesamiento digitaliza la señal de recepción y la procesa en un valor de píxel separado, y opcionalmente comprende una memoria 25.i para almacenar al menos temporalmente o en memoria intermedia un respectivo valor de píxel separado. Nótese que en diferentes modalidades de la invención la unidad de procesamiento puede procesar por separado las señales de recepción en un conjunto de datos diferente de un valor de píxel que tiene un formato digital. Ese conjunto de datos puede tener la forma de un punto de datos, una fotografía o un elemento de fotografía (píxel), y puede estar en un formato de datos diferente, tal como, por ejemplo, un formato hexadecimal. La presente modalidad se describirá, sin embargo, con referencia a un valor de píxel como un conjunto de datos.

50 Las unidades de procesamiento de señales 22.i asociadas con los receptores de ultrasonido 16.i pertenecientes a un grupo de receptores de ultrasonido se combinan así en una unidad modular A, B, C, D, por lo tanto, en la modalidad mostrada en la Figura 1 hay cuatro unidades modulares.

55 El funcionamiento del sistema es como sigue. Mediante la activación, por ejemplo, de un primero de los elementos transmisores y receptores de ultrasonido 16.i, se suministra una primera señal de ultrasonido hacia el material interior 12 del objeto 1 en una forma de pulsos. Simultáneamente, o después de eso, un segundo y otro más de los transmisores de ultrasonido se activan para suministrar una segunda y otra señal de ultrasonido hacia el material interior. Para este propósito, los elementos transmisores y receptores de ultrasonido se acoplan acústicamente al material interior. En la práctica, esto puede realizarse, por ejemplo, mediante la aplicación de una película de líquido a la superficie exterior del objeto, mientras los elementos transmisores y receptores de ultrasonido se colocan de manera que topan la superficie del objeto 1. Alternativamente puede usarse una cuña para acoplar los elementos transmisor y receptor a la superficie del objeto. El ultrasonido suministrado tiene una frecuencia mayor que 100 kHz. La transmisión del ultrasonido se controla por una unidad de comunicación y control 27, que junto con las unidades de procesamiento de señales 22.i forma el medio de procesamiento del sistema, de manera que, en este ejemplo, los elementos transmisores y receptores de ultrasonido 60 16.i transmiten simultáneamente en una frecuencia de repetición de pulsos que es, por ejemplo, mayor que 25 Hz. En una modalidad alternativa la transmisión puede realizarse consecutivamente. El ultrasonido se propagará a través del material

del objeto 1 y se producirán la reflexión y/o la difracción cuando el sonido pase una transición en el material o incida sobre ella (tal como las paredes y/o los defectos de la soldadura). Esa reflexión y/o difracción puede tomarse como una nueva fuente virtual cuya energía de sonido a su vez se propaga a través del material. Con el arreglo unidimensional de elementos transmisores y receptores de ultrasonido 16.i, se recibe, a su vez, el ultrasonido procedente de las "nuevas fuentes virtuales". Cada fuente virtual consiste en una colección de fuentes puntuales cuyas posiciones pueden determinarse. Con ello, también pueden determinarse la posición, magnitud y forma de la respectiva fuente virtual. Así, cada receptor de ultrasonido 16.i genera una señal de recepción que se adquiere por el medio de adquisición 21.i de su respectiva unidad de procesamiento de señales 22.i. En cada unidad de procesamiento de señales la respectiva señal de recepción se procesa por separado de las otras señales de recepción en las otras unidades de procesamiento de señales en un valor de píxel separado. Cada valor de píxel separado se almacena al menos temporalmente en la memoria 25.i de su respectiva unidad de procesamiento de señales 22.i. Alternativamente, cada uno de los conjuntos de datos separados puede hacerse disponible de manera sincronizada mediante, por ejemplo, procesamiento paralelo (para disminuir o incluso eliminar completamente el almacenamiento temporal de los conjuntos de datos), después de eso una pluralidad de, preferentemente, todos, los conjuntos de datos separados se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente.

Las señales de recepción procedentes de los receptores se procesan así por separado para determinar, por ejemplo, de acuerdo con el principio de la extrapolación inversa de campos de ondas, dónde se producen, en el material interior 12 del objeto 1, las reflexiones y/o difracciones del ultrasonido. El resultado final da las posiciones de las fuentes virtuales mencionadas anteriormente. En el caso en que una soldadura de una tubería se examina de esta manera, puede obtenerse información acerca de la posición, forma y magnitud de un posible defecto. Esto se debe a que un defecto forma una fuente virtual y en consecuencia una colección de fuentes virtuales puntuales cuyas posiciones se determinan por la posición, forma y magnitud del defecto. Así, esta información forma, en efecto, una fotografía tridimensional del material examinado. Además, puede obtenerse información acerca de la naturaleza del defecto. Por ejemplo, de una soldadura de una tubería que comprende una cavidad y en consecuencia un defecto, puede determinarse si la cavidad está llena con aire, líquido o cobre.

Sobre la base de las señales de recepción el tiempo puede invertirse matemáticamente. Con la teoría de ondas, el campo de ondas detectado se llega a ubicar hasta la posición desde donde procede, específicamente la posición de las fuentes virtuales. En este ejemplo, estas fuentes virtuales pueden ser, por ejemplo, defectos de la soldadura. La teoría de ondas toma en consideración tanto la amplitud como el tiempo de retardo de la señal. El proceso de llegar a ubicar el campo de ondas medido se denomina extrapolación inversa de campos de ondas y se conoce por sí mismo. Nótese que la presente invención no se restringe al uso de extrapolación inversa de campos de ondas sino que también pueden usarse otras técnicas dentro del sistema y método de acuerdo con la invención.

Si las señales del arreglo unidimensional de receptores se procesasen solamente cuando los receptores estuviesen cada uno en una única posición, se obtendría una resolución razonable en la dirección axial. En la dirección axial, el arreglo unidimensional, en efecto, funciona como una lente que hace una fotografía "nítida" en la dirección axial. Sin embargo, en la dirección radial, la resolución es relativamente pobre. Mediante el procesamiento, además, de las señales de recepción desde receptores de ultrasonido desplazados unos con relación a otros en la dirección radial, puede mejorarse la resolución en la dirección radial. Entonces, el "efecto de una lente" también está presente en esa dirección. El resultado es que, con los medios de procesamiento de señales, pueden detectarse la magnitud, posición e incluso la forma de una fuente virtual y en consecuencia la magnitud, posición, forma y naturaleza de, por ejemplo, los defectos en la soldadura del objeto 1. Más en general, pueden determinarse la posición, forma, magnitud y naturaleza de las "irregularidades" en el material interior. Esto puede realizarse, por ejemplo, mediante el movimiento del arreglo unidimensional de receptores de ultrasonido 16.i alrededor de la tubería mediante el uso del medio de movimiento. La velocidad del movimiento puede ser, por ejemplo, de manera que, entre las transmisiones de dos pulsos de ultrasonido, el arreglo lineal se mueve sobre una distancia igual a la distancia entre receptores de ultrasonido adyacentes del arreglo lineal. Más particularmente, la velocidad del movimiento puede ser, por ejemplo, de manera que, entre la serie de transmisiones de pulsos de ultrasonido para (una parte significativa de) todos los transmisores individuales, el arreglo lineal se mueve sobre una distancia suficientemente pequeña que no influye sustancialmente en la fotografía resultante de cada serie. Sin embargo, también son posibles otras distancias, por ejemplo, más pequeñas. Una posibilidad es una distancia de unos pocos milímetros. Todo esto significa que, en este ejemplo, cuando el arreglo lineal se ha movido sobre una distancia predeterminada, nuevamente se suministra ultrasonido al interior del cuerpo del objeto 1. De manera completamente análoga, mediante el uso de cada uno de los receptores de ultrasonido 16.i, se genera una señal de recepción que se suministra a las respectivas unidades de procesamiento de señales 22.i. Así, los receptores de ultrasonido se acoplan acústicamente a la superficie exterior del objeto en posiciones que se distribuyen, en este ejemplo en instantes diferentes, en dos dimensiones de la superficie del objeto para generar las señales de recepción. En este ejemplo, que las respectivas posiciones se distribuyan en dos dimensiones de la superficie del objeto en instantes diferentes y no en un instante en el tiempo, es, por una parte, el resultado de que los receptores 16.i se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo unidimensional y, por otra parte, el resultado de que los receptores se mueven como se discutió anteriormente en la presente descripción. Si los receptores 16.i no se mueven, entonces las respectivas posiciones se distribuirían en una dimensión de la superficie no solamente en un punto en el tiempo sino en instantes diferentes. En una modalidad alternativa, no se muestra, los receptores de ultrasonido pueden disponerse unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo bi- o tridimensional.

El resultado final de procesar las señales de recepción se obtiene, de acuerdo con la presente modalidad, como sigue. Las unidades de procesamiento de señales 22.i de una unidad modular A, B, C, D se disponen para procesar las respectivas señales de recepción por separado y en paralelo en los respectivos valores de píxeles separados, que se almacenan opcionalmente (al menos temporalmente) en las respectivas memorias 25.i. Las unidades de procesamiento de señales 22.i pertenecientes a una unidad modular A, B, C, D se disponen para combinar los valores de píxeles separados de todos los receptores de ultrasonido del respectivo grupo de receptores de ultrasonido en una subimagen que se almacena (al menos temporalmente) en una respectiva memoria 29.A, 29.B, 29.C, 29.D de la unidad modular. La combinación se efectúa, en esta modalidad, en la propia memoria 29.A, 29.B, 29.C, 29.D, pero puede realizarse, en una modalidad alternativa, por un dispositivo sumador separado.

Cada unidad modular A, B, C, D es conectable por los medios de conexión 24, 26, 28 (en este caso conexiones punto a punto) a una o dos unidades modulares diferentes, en donde los medios de conexión 24, 26, 28 posibilitan la comunicación de datos entre las unidades modulares conectadas de manera que las subimágenes almacenadas pueden intercambiarse entre las unidades modulares conectadas. Los medios de procesamiento de señales se disponen de manera que, por ejemplo, bajo el control de la unidad de comunicación y control 27 la subimagen almacenada en la memoria 29.A de la unidad modular A se transmite mediante los medios de conexión 24 hacia la unidad modular B donde se combina con la subimagen almacenada en la memoria 29.B de la unidad modular B en una subimagen combinada. Esta subimagen combinada se almacena temporalmente en la memoria 29.B (a la vez que, por ejemplo, la subimagen almacenada anteriormente se elimina, o la subimagen combinada se almacena además de la subimagen en la memoria, o en una modalidad alternativa la subimagen combinada se almacena en otra memoria de la unidad modular B) al menos hasta que se procese posteriormente. Este procesamiento adicional en este ejemplo consiste en que la subimagen combinada almacenada en la unidad modular B se envía mediante los medios de conexión 26 hacia la unidad modular C en la cual se combina con la subimagen almacenada en la memoria 29.C de la unidad modular C, y la subimagen combinada en la que se combinan las tres subimágenes se almacena al menos temporalmente en la memoria 29.C de la unidad modular C. Finalmente las tres subimágenes combinadas almacenadas en la memoria 29.C como una subimagen combinada se transmite mediante los medios de conexión 28 hacia la unidad modular D en la cual se combina con la subimagen almacenada en la memoria 29.D de la unidad modular D en la primera imagen que se origina a partir de la transmisión de la primera señal de ultrasonido. Esta primera imagen puede guardarse en la memoria 29.D pero también se transmite por medio de una línea de transmisión 30 hacia la unidad de comunicación y control 27, donde opcionalmente después de haberse procesado en una fotografía puede visualizarse en una pantalla 31 y almacenarse en una memoria 32.

El mismo procesamiento se ejecuta para la segunda y todas las otras señales de ultrasonido, y la primera, segunda y todas las otras señales se almacenan en la memoria 32 de la unidad de comunicación y control 27. En el presente ejemplo la primera, segunda y todas las otras imágenes se combinan entre sí (por la memoria o por un combinador separado) y dicha combinación se almacena en la memoria 32, sin embargo, en una modalidad alternativa las señales pueden guardarse por separado. En otra modalidad alternativa cada primera, segunda y otra imagen pueden transmitirse (por separado o combinadas) por una unidad de comunicación 33 de la unidad de comunicación y control 27 para su procesamiento adicional, por ejemplo, hacia un controlador remoto del sistema para convertir las imágenes en fotografías, el cual puede enviar los resultados del procesamiento adicional de vuelta hacia la unidad de comunicación y control para su visualización en la pantalla 31.

En una modalidad alternativa las unidades modulares y las unidades de procesamiento de señales de las unidades modulares se controlan tal como para combinar una subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido con una imagen anterior en una imagen híbrida combinada, para almacenar dicha imagen híbrida combinada en otra memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha imagen híbrida combinada con otra subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, diferente de una subimagen ya procesada que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, y para almacenar al menos temporalmente la combinación de todas las subimágenes que se originan a partir de la otra señal de ultrasonido con la imagen anterior. Esto se hace posible por los medios de conexión 24, 26, 28, 30 los cuales posibilitan que una (previa) imagen (que se origina de una señal de ultrasonido previa) se transmita hacia una unidad modular en la cual se almacena una subimagen que se origina a partir de la señal de ultrasonido posterior. Nótese que aquí previa se refiere al orden en que se procesan las imágenes.

En este ejemplo, las señales de recepción se procesan en tiempo real. Ahora la posición, magnitud, forma y naturaleza de cada fuente virtual se conocen, la información obtenida sobre las fuentes virtuales puede visualizarse en la pantalla de diversas maneras. Por ejemplo, puede hacerse una fotografía tridimensional, en perspectiva, del material interior. Aquí, se mira a través del objeto desde el exterior, por así decirlo. Sin embargo, también es posible tener el punto de vista, desde el cual se obtiene la imagen del material, dentro del material. El punto de vista y la dirección de la vista pueden seleccionarse después por un operador, por ejemplo, mediante el uso de una palanca de mando. Se viaja a través del material, mirando alrededor, por así decirlo. Se entiende que tales variantes están dentro del marco de la invención.

Debido a la construcción modular y a las conexiones punto a punto, el número de receptores de ultrasonido puede extenderse fácilmente mediante la adición de grupos adicionales, en este ejemplo, de 32 receptores de ultrasonido con su unidad modular, a las unidades modulares ya presentes.

En la modalidad descrita anteriormente la combinación de las subimágenes tiene lugar en el orden A, B, C, D, sin embargo, en modalidades alternativas este orden puede ser diferente.

En la modalidad descrita anteriormente una subimagen se combina con otra subimagen en una subimagen combinada, y esa subimagen combinada se combina con otra subimagen, etc. Sin embargo, en una modalidad alternativa las subimágenes pueden transmitirse por separado hacia la unidad de comunicación y control 27 donde se combinan en la primera imagen.

En la modalidad descrita anteriormente cada una de las unidades de procesamiento de señales de una unidad modular proporciona su respectivo valor de píxel separado a la memoria 25.i de dicha unidad modular donde los valores de píxeles separados se combinan en una subimagen. Sin embargo, en una modalidad alternativa (no se muestra) las unidades de procesamiento de señales 22.i de una unidad modular se disponen (y se controlan por la unidad de comunicación y control 27) para:

a) procesar mediante una de las unidades de procesamiento de señales 22.i una de las señales de recepción generadas por uno de los receptores de ultrasonido 16.i en un valor de píxel separado, y almacenar dicho valor de píxel separado al menos temporalmente en la memoria 25.i de la mencionada de las unidades de procesamiento de señales,

b) procesar mediante otra de las unidades de procesamiento de señales otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente del mencionado de los receptores de ultrasonido, por separado en otro valor de píxel separado, y almacenar dicho otro valor de píxel separado al menos temporalmente en la memoria de dicha otra de las unidades de procesamiento de señales,

c) combinar dicho otro valor de píxel separado con el valor de píxel separado en un valor de píxel combinado, y almacenar dicho valor de píxel combinado en otra memoria de los medios de procesamiento de señales,

d) procesar mediante otra de las unidades de procesamiento de señales otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente de los receptores de ultrasonido de los que ya se han procesado las señales de recepción, por separado en otro valor de píxel separado, y almacenar dicho valor de píxel separado adicional al menos temporalmente en la memoria de dicha otra de las unidades de procesamiento de señales,

e) combinar dicho valor de píxel separado adicional con el valor de píxel combinado almacenado en otro valor de píxel combinado, y reemplazar dicho valor de píxel combinado almacenado en dicha otra memoria por dicho otro valor de píxel combinado, y

f) repetir las etapas d) y e) hasta que las señales de recepción generadas por una pluralidad de, preferentemente, todos, del segundo número de receptores de ultrasonido se procesen, y

g) almacenar al menos temporalmente los valores de píxeles combinados de dicha pluralidad, preferentemente, todos, del segundo número de receptores de ultrasonido como la primera imagen en dicha otra memoria. Para realizar esto cada una de las unidades de procesamiento de señales se conecta mediante medios de conexión a una o dos de otras unidades de procesamiento de señales de la misma unidad modular, dichos medios de conexión posibilitan la comunicación de datos entre las memorias de las unidades de procesamiento de señales. En esta modalidad alternativa el orden en que se combinan los valores de píxeles separados puede ser cualquier orden deseado. Aunque en las modalidades descritas anteriormente se usan unidades modulares que comprenden un número de receptores de ultrasonido, en las modalidades alternativas los receptores de ultrasonido pueden organizarse por separado, es decir, no combinarse en grupos. En el presente caso esto significa que existen 128 unidades separadas de procesamiento de señales cada una de las cuales se conecta mediante medios de conexión a una o dos de otras unidades de procesamiento de señales, dichos medios de conexión posibilitan la comunicación de datos entre las memorias de las unidades de procesamiento de señales, de manera que los valores de píxeles separados pueden combinarse como se describió anteriormente. En otra modalidad alternativa los 128 medios de procesamiento de señales separados pueden conectarse cada uno mediante un medio de conexión a la unidad de comunicación y control 27 donde los valores de píxeles separados se combinan en la primera o segunda u otra imagen.

Por lo tanto, de acuerdo con la modalidad de la invención como se describió anteriormente, las señales recibidas se procesan en paralelo y (de varias maneras alternativas) se combinan en la información de píxeles individuales de la primera imagen combinada.

Nótese que en el presente ejemplo el contenido de una memoria se elimina después de que este contenido se ha procesado adicionalmente, pero que en modalidades alternativas este contenido puede guardarse durante un periodo de tiempo prolongado.

Se indica que, para cada una de las modalidades descritas en la presente descripción anteriormente, es cierto que el sonido puede transmitirse en la forma de ondas transversales y/u ondas de compresión según se desee. En el caso en que el objeto que va a examinarse es un objeto metálico, generalmente se usarán lo mismo las ondas transversales que las ondas de compresión. En el caso en que el objeto es un cuerpo humano, preferentemente, se hará uso solamente de ondas de compresión porque precisamente las ondas de compresión pueden propagarse bien en el cuerpo debido a las propiedades del cuerpo humano.

Reivindicaciones

1. Un método para examinar el material interior de un objeto (2, 4, 6) desde una superficie (8) de un objeto mediante el uso de ultrasonido con una frecuencia de por lo menos 100 kHz, en donde el método comprende la etapa de transmitir al menos una primera señal de ultrasonido mediante un primer transmisor de ultrasonido de un primer número de transmisores de ultrasonido hacia el material interior del objeto (2, 4, 6) para formar una primera imagen para determinar, por ejemplo, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas, dónde se producen, en el material interior del objeto, las reflexiones y/o difracciones, en donde las reflexiones y/o difracciones de la primera señal de ultrasonido desde el material interior del objeto se reciben mediante el uso de un segundo número de receptores de ultrasonido (16.i) que se acoplan acústicamente a la superficie (8) del objeto en posiciones que se distribuyen en al menos una dimensión de la superficie del objeto, en donde, con cada uno del segundo número de receptores de ultrasonido (16.i), se genera una señal de recepción a partir de las reflexiones y/o difracciones recibidas de la primera señal de ultrasonido desde el material interior del objeto, en donde cada una de las señales de recepción generadas por uno de los receptores de ultrasonido se procesa por separado, y en donde las señales de recepción procesadas por separado de una pluralidad de, preferentemente, todos, los receptores de ultrasonido se combinan en la primera imagen, en donde el procesamiento separado de cada señal de recepción comprende:
- a) convertir la señal de recepción en un conjunto de datos separado en un determinado formato de datos en donde el conjunto de datos tiene la forma de una fotografía; y
- b) usar este conjunto de datos separado para formar la primera imagen, en donde el método comprende la etapa adicional de transmitir al menos otra señal de ultrasonido por un transmisor de ultrasonido adicional de dicho primer número de transmisores de ultrasonido hacia el material interior del objeto (2, 4, 6) para formar otra imagen de la misma manera que la primera imagen, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas, dicho transmisor de ultrasonido adicional es diferente del primer transmisor de ultrasonido en donde la primera y la otra imagen se combinan y la imagen combinada se almacena en una memoria y en donde un mismo medio de procesamiento se usa para formar la primera imagen y la otra imagen, en donde las señales de recepción generadas por los receptores de ultrasonido se procesan por separado en paralelo, en donde las señales de recepción se procesan en tiempo real, en donde el formato de datos se selecciona de manera que se facilita la adición de imágenes, y en donde la primera y la otra imagen se combinan por adición; en donde el segundo número de receptores de ultrasonido se compone de grupos individuales de receptores de ultrasonido, cada grupo individual contiene un tercer número de receptores de ultrasonido, el segundo número dividido por el tercer número es, preferentemente, un entero, en donde los conjuntos de datos separados de todos los receptores de ultrasonido de un grupo de receptores de ultrasonido se combinan en una subimagen, y las señales de recepción generadas por todos los receptores de ultrasonido de un grupo se procesan por separado en paralelo, en donde cada una de las subimágenes se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más, y en donde el número de grupos es tres o más, y en donde una subimagen se combina con otra subimagen en una subimagen combinada, dicha subimagen combinada se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha subimagen combinada con otra subimagen, diferente de las subimágenes ya procesadas, y en donde la combinación de todas las subimágenes es la primera imagen y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada uno de los conjuntos de datos separados se almacena temporalmente al menos hasta que los conjuntos de datos separados de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido se hayan obtenido, después de lo cual todos los conjuntos de datos separados se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena al menos temporalmente.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde después de que se haya almacenado la primera imagen todos los conjuntos de datos separados almacenados se eliminan.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el método comprende:
- a) procesar una de las señales de recepción generadas por uno de los receptores de ultrasonido en un conjunto de datos separado, y almacenar dicho conjunto de datos separado al menos temporalmente en una memoria,
- b) procesar otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente del mencionado de los receptores de ultrasonido, por separado en otro conjunto de datos separado, combinar dicho otro conjunto de datos separado con el conjunto de datos separado almacenado en un conjunto de datos combinado, y sustituir dicho conjunto de datos separado almacenado en dicha memoria por dicho conjunto de datos combinado,
- c) procesar otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente de los receptores de ultrasonido de los que ya se han procesado las señales de recepción, por separado en un conjunto de datos separado adicional, combinar dicho conjunto de datos separado adicional con el conjunto de datos combinado almacenado en un conjunto de datos combinado adicional, y sustituir dicho conjunto de datos combinado almacenado en dicha memoria por dicho conjunto de datos combinado adicional, y

d) repetir la etapa c) hasta que se procesen las señales de recepción generadas por dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido, y en donde el conjunto de datos combinado de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido es la primera imagen que se almacena al menos temporalmente.

- 5 5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada una de las subimágenes se almacena temporalmente al menos hasta que se hayan obtenido las subimágenes de todos los grupos, después de lo cual todas las subimágenes se combinan en la primera imagen, y esa primera imagen se almacena temporalmente.
- 10 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde después de que se haya almacenado la primera imagen se eliminan las subimágenes.
- 15 7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el segundo número de receptores de ultrasonido se distribuye en un arreglo que se extiende en una dimensión de la superficie del objeto, y en donde el método, preferentemente, comprende la etapa de mover el arreglo, preferentemente, lateralmente con respecto a la extensión del arreglo, para posibilitar la construcción de una primera imagen tridimensional.
- 20 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde los receptores de ultrasonido se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo bi- o tridimensional.
- 25 9. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la primera señal de ultrasonido y al menos otra señal de ultrasonido se transmiten simultáneamente.
10. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde después de que la imagen combinada se haya almacenado en la memoria, la primera y/o la otra imagen se eliminan.
- 30 11. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la imagen combinada de las imágenes que se originan a partir de todos los transmisores de ultrasonido del primer número de transmisores de ultrasonido se transmite para su procesamiento adicional.
- 35 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la primera imagen y la otra se transmiten por separado para su procesamiento adicional.
- 40 13. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde una subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido se combina con una imagen anterior que se origina a partir de una señal de ultrasonido anterior en una imagen híbrida combinada, dicha imagen híbrida combinada se almacena temporalmente en una memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha imagen híbrida combinada con otra subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, diferente de una subimagen ya procesada que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, y en donde la combinación de todas las subimágenes que se originan a partir de la otra señal de ultrasonido con la imagen anterior se almacena al menos temporalmente.
- 45 14. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los transmisores de ultrasonido forman, además, los receptores de ultrasonido, y el primer número es igual al segundo número.
- 50 15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde los transmisores de ultrasonido se separan de los receptores de ultrasonido.
- 55 16. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde se examina una soldadura de una tubería de metal, plástico o de un compuesto.
- 60 17. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde se examina una pared de una tubería de metal, plástico o de un compuesto o una lámina de metal, plástico o de un compuesto.
- 65 18. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde se examina un cuerpo humano.
19. Un sistema para examinar el material interior de un objeto (2, 4, 6) desde una superficie (8) de un objeto mediante el uso de ultrasonido con una frecuencia de por lo menos 100 kHz, en donde el sistema se proporciona con al menos un primer transmisor de ultrasonido (16.i) de un primer número de transmisores de ultrasonido para suministrar ultrasonido hacia el material interior (12) del objeto, un segundo número de receptores de ultrasonido (16.i) que se acoplan acústicamente a la superficie (8) del objeto en posiciones que se distribuyen en al menos una dimensión de la superficie del objeto, para recibir las reflexiones y/o difracciones del ultrasonido desde el material interior (12) del objeto (2, 4, 6), y medio de procesamiento de señales para procesar señales de recepción procedentes de los respectivos receptores de ultrasonido (16.i), en donde, durante su uso, una señal de recepción se genera con cada uno de los receptores de ultrasonido (16.i), en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para procesar las señales de recepción procedentes de los receptores de ultrasonido en una primera imagen, por ejemplo, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de ondas para determinar dónde se producen, en el material interior del objeto, las reflexiones y/o difracciones del ultrasonido, en donde los medios de

procesamiento de señales se disponen para procesar las señales de recepción procedentes de los receptores de ultrasonido por separado, y para combinar las señales de recepción procesadas por separado de una pluralidad de, preferentemente, todos, los receptores de ultrasonido en la primera imagen, en donde los medios de procesamiento de señales, durante el procesamiento de cada señal de recepción, se disponen para:

a) convertir la señal de recepción en un conjunto de datos separado en un determinado formato de datos, dicho conjunto de datos es una fotografía; y

b) usar este conjunto de datos separado para formar la primera imagen;

en donde el sistema se dispone, además, para transmitir al menos otra señal de ultrasonido por un transmisor de ultrasonido adicional de dicho primer número de transmisores de ultrasonido hacia el material interior del objeto (2, 4, 6) y para formar otra imagen de la misma manera que la primera imagen, de acuerdo con el principio de extrapolación inversa de campos de ondas, dicho transmisor de ultrasonido adicional es diferente del primer transmisor de ultrasonido en donde para formar la otra imagen de la misma manera que la primera imagen se usan los mismos medios de procesamiento de señales que para formar la primera imagen y en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para combinar la primera y la otra imagen en una imagen combinada y para almacenar la imagen combinada en otra memoria;

en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para procesar las respectivas señales de recepción en paralelo, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para procesar las señales de recepción en tiempo real, en donde el formato de datos es tal que se facilita la adición de las imágenes, y en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para combinar la primera y la otra imagen mediante adición;

en donde los medios de procesamiento de señales comprenden un número de unidades de procesamiento de señales (22.i), dicho número es igual al segundo número, cada unidad de procesamiento de señales (22.i) comprende un medio de adquisición (21.i) para adquirir una señal de recepción procedente de un respectivo receptor de ultrasonido y un medio de procesamiento (23.i) para procesar dicha señal de recepción desde el respectivo receptor de ultrasonido,

en donde el segundo número de receptores de ultrasonido se compone de grupos individuales de receptores de ultrasonido, cada grupo individual contiene un tercer número de receptores de ultrasonido, el segundo número dividido por el tercer número es, preferentemente, un entero, en donde las unidades de procesamiento de señales asociadas con los receptores de ultrasonido de cada grupo de receptores de ultrasonido se combinan en una unidad modular (A, B, C, D), las unidades de procesamiento de señales de una unidad modular se disponen para combinar los conjuntos de datos separados de todos los receptores de ultrasonido de un grupo de receptores de ultrasonido en una subimagen, en donde la unidad modular se dispone para almacenar temporalmente una subimagen en una memoria (29A, 29B, 29C, 29D) del sistema al menos hasta que se procese más, y en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para combinar una subimagen almacenada en una unidad modular con otra subimagen almacenada en otra unidad modular en una subimagen combinada, y para almacenar temporalmente dicha subimagen combinada en una memoria del sistema al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha subimagen combinada con otra subimagen, diferente de las subimágenes ya procesadas, almacenada en otra unidad modular, y para almacenar al menos temporalmente la combinación de todas las subimágenes como la primera imagen.

20. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19, en donde cada unidad de procesamiento de señales comprende, además, una memoria para almacenar al menos temporalmente un respectivo conjunto de datos separado.

21. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 20, en donde las unidades de procesamiento de señales se disponen para almacenar cada uno de los conjuntos de datos separados temporalmente al menos hasta que se hayan obtenido los conjuntos de datos separados de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido, para después de eso combinar todos los conjuntos de datos separados en la primera imagen, y para almacenar al menos temporalmente dicha primera imagen.

22. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 21, en donde las unidades de procesamiento de señales se disponen para borrar todos los conjuntos de datos separados almacenados después de almacenar la primera imagen.

23. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 20, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para:

a) procesar mediante una de las unidades de procesamiento de señales una de las señales de recepción generadas por uno de los receptores de ultrasonido en un conjunto de datos separado, y almacenar dicho conjunto de datos separado al menos temporalmente en la memoria de la mencionada de las unidades de procesamiento de señales,

b) procesar mediante otra de las unidades de procesamiento de señales otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente del mencionado de los receptores de ultrasonido, por separado en otro conjunto de datos separado, y almacenar dicho otro conjunto de datos separado al menos temporalmente en la memoria de dicha otra de las unidades de procesamiento de señales,

c) combinar dicho otro conjunto de datos separado con el conjunto de datos separado en un conjunto de datos combinado, y almacenar dicho conjunto de datos combinado en otra memoria de los medios de procesamiento de señales,

d) procesar mediante otra de las unidades de procesamiento de señales otra de las señales de recepción generadas por otro de los receptores de ultrasonido, diferente de los receptores de ultrasonido de los que ya se

- han procesado las señales de recepción, por separado en un conjunto de datos separado adicional, y almacenar dicho conjunto de datos separado adicional al menos temporalmente en la memoria de dicha otra de las unidades de procesamiento de señales,
- 5 e) combinar dicho conjunto de datos separado adicional con el conjunto de datos combinado almacenado en un conjunto de datos combinado adicional, y reemplazar dicho conjunto de datos combinado almacenado en dicha otra memoria por dicho conjunto de datos combinado adicional, y
- f) repetir las etapas d) y e) hasta que se procesen las señales de recepción generadas por dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido, y
- 10 g) almacenar al menos temporalmente el conjunto de datos combinado de dicha pluralidad del segundo número de receptores de ultrasonido como la primera imagen en dicha otra memoria.
24. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 19, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para almacenar temporalmente cada una de las subimágenes al menos hasta que se hayan obtenido las subimágenes de todos los grupos, y para después de eso combinar todas las subimágenes en la primera imagen, y para almacenar al menos temporalmente dicha primera imagen.
- 15 25. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 24, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para borrar las subimágenes después de que se haya almacenado la primera imagen.
- 20 26. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-25, en donde el segundo número de receptores de ultrasonido se distribuye en un arreglo que se extiende en una dimensión de la superficie del objeto, y en donde el sistema comprende medios de transporte para mover el arreglo, preferentemente, lateralmente con respecto a la extensión del arreglo, para posibilitar la construcción de una primera imagen tridimensional.
- 25 27. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-25, en donde los receptores de ultrasonido se disponen unos con relación a los otros de acuerdo con un arreglo bi- o tridimensional.
28. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-27, en donde el sistema se dispone, además, para transmitir dicha primera señal de ultrasonido y al menos otra señal de ultrasonido simultáneamente.
- 30 29. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 28, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para borrar la primera y/o la otra imagen después de que la imagen combinada se haya almacenado en dicha otra memoria.
- 35 30. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-29, en donde cada una de las unidades de procesamiento de señales se conecta mediante medios de conexión a una o dos de otras unidades de procesamiento de señales, dichos medios de conexión posibilitan la comunicación de datos entre las memorias de las unidades de procesamiento de señales.
- 40 31. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-30, en donde cada unidad modular es conectable por los medios de conexión a una o dos unidades modulares diferentes, dichos medios de conexión posibilitan la comunicación de datos entre las unidades modulares conectadas.
- 45 32. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 30 o 31, en donde dichos medios de conexión son conexiones punto a punto.
33. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-23, 26-28, en donde el sistema comprende una unidad de comunicación y en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para pasar a través la imagen combinada de los conjuntos de datos que se originan a partir de todos los transmisores de ultrasonido del primer número de transmisores de ultrasonido hacia la unidad de comunicación para transmitir dicha imagen combinada para su procesamiento adicional.
- 50 34. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-28, en donde el sistema comprende una unidad de comunicación y en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para pasar a través la primera y las otras imágenes por separado hacia la unidad de comunicación para su procesamiento adicional.
- 55 35. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-27, en donde los medios de procesamiento de señales se disponen para combinar una subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido con una imagen anterior que se origina a partir de una señal de ultrasonido anterior en una imagen híbrida combinada, para almacenar dicha imagen híbrida combinada en otra memoria al menos hasta que se procese más mediante la combinación de dicha imagen híbrida combinada con otra subimagen que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, diferente de una subimagen ya procesada que se origina a partir de la otra señal de ultrasonido, y para almacenar al menos temporalmente la combinación de todas las subimágenes que se originan a partir de la otra señal de ultrasonido con la imagen anterior.
- 60
- 65

36. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-35, en donde los transmisores de ultrasonido forman, además, los receptores de ultrasonido, y el primer número es igual al segundo número.
- 5 37. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-35, en donde los transmisores de ultrasonido se separan de los receptores de ultrasonido.
- 10 38. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-37, en donde el sistema se dispone para examinar una soldadura de una tubería de metal, plástico o de un compuesto, o una pared de una tubería de metal, plástico o de un compuesto, o un cuerpo humano.

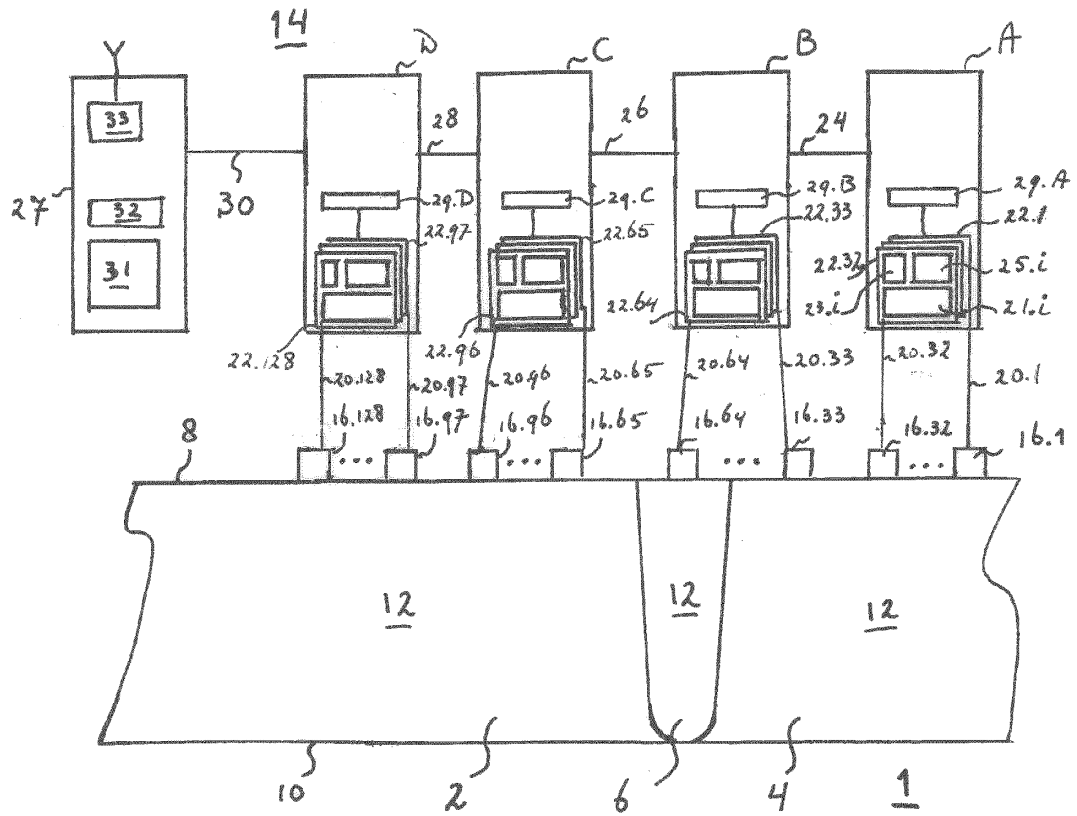


Fig. 1