(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 805 649**

(51) Int. CI.:

G01N 29/04 (2006.01)
G01N 29/07 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)
G01N 29/32 (2006.01)
G01N 29/44 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2016 PCT/CH2016/000135**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2018 WO18072042**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2016 E 16788007 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3469351**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para compensar las no uniformidades de acoplamiento en pruebas ultrasónicas**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2021

(73) Titular/es:

PROCEQ SA (100.0%)
Ringstrasse 2
8603 Schwerzenbach, CH

(72) Inventor/es:

GATTIKER, FELIX;
SCHLEGEL, THOMAS y
MENNICKE, RALPH

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para compensar las no uniformidades de acoplamiento en pruebas ultrasónicas

Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para probar un componente, tal como un cuerpo de hormigón u otro componente de construcción, mediante ultrasonido.

Técnica anterior

Las pruebas no destructivas de componentes por medio de ultrasonido proporcionan una herramienta importante en diversos campos tecnológicos. Por ejemplo, se pueden utilizar para localizar refuerzos, huecos, grietas o desigualdades en materiales de construcción, tales como hormigón.

Un dispositivo de este tipo se muestra en el documento US 7587943. Comprende una pluralidad de transductores ultrasónicos dispuestos en un alojamiento. Se proporcionan elementos electrónicos de excitación para enviar y/o recibir señales individualmente a través de los transductores.

Para hacer funcionar el dispositivo, el usuario sostiene el mismo contra el componente a probar y, a continuación, se hacen funcionar los transductores para realizar una operación de exploración.

El dispositivo del documento US 7587943 comprende una pluralidad de módulos, cada uno de los cuales tiene varios cabezales de prueba con transductores ultrasónicos. Uno de los módulos se hace funcionar como módulo transmisor para enviar pulsos de señal, que son recibidos posteriormente por los otros módulos.

Divulgación de la invención

El problema a resolver por la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo de este tipo con una precisión de medición mejorada.

Este problema se resuelve mediante el procedimiento y dispositivo de las reivindicaciones independientes.

Por consiguiente, el procedimiento para probar un componente mediante ultrasonido comprende las siguientes etapas:

- Aplicar un dispositivo, que tiene al menos un emisor de ultrasonido y una pluralidad de receptores de ultrasonido, contra el componente a probar: En el dispositivo, los receptores de ultrasonido están ubicados en diferentes ubicaciones con respecto al emisor de ultrasonido.
- Generar una señal de sonda por medio de dicho emisor de ultrasonido: La señal de sonda puede ser, por ejemplo, un único pulso de ultrasonido o una secuencia de pulsos.
- Recibir, por medio de los receptores de ultrasonido, una pluralidad de señales de respuesta: Estas señales de respuesta son generadas por la señal de sonda que se propaga a lo largo de diversas trayectorias a través del componente. Por lo tanto, las señales de respuesta estarán formadas típicamente por una superposición de señales que recorren la superficie del componente y señales que entran en la misma y que se reflejan desde estructuras dentro o en los límites del componente.
- Además, en la señal de respuesta de al menos un grupo de los receptores de ultrasonido se llevan a cabo etapas de procesamiento adicionales. (Este grupo de receptores de ultrasonido engloba de forma ventajosa todos los receptores, pero también puede comprender solamente un subconjunto de los receptores.) Para cada señal de respuesta recibida por uno de los receptores de este grupo, se llevan a cabo las siguientes etapas:

  a) Identificar, en la señal de respuesta respectiva, una primera sección de señal generada por una onda de superficie que recorre dicho componente desde dicho emisor de ultrasonido hasta el receptor de ultrasonido que ha registrado la señal de respuesta respectiva. Dichas ondas de superficie están presentes en la mayoría de los componentes típicamente probados. Las ondas de superficie solo llevan poca información acerca de la estructura del componente y, por lo tanto, a menudo se ignoran.
  b) Deducir un valor de corrección a partir de dicha primera sección de señal. Esta etapa se basa en la idea de que, aunque las ondas de superficie son a menudo de poco interés, su intensidad medida por el receptor es una medida de la idoneidad con que un receptor dado se acopla al componente que está probándose.
  c) Reescalar al menos una segunda sección de señal de la señal de respuesta respectiva con un factor de escala dependiendo de dicho valor de corrección. Esta etapa utiliza ahora la información obtenida en la etapa b). Dado que el valor de corrección describe la idoneidad con que un receptor se acopla al

componente, esta información permite reescalar al menos esa parte de la señal de respuesta (es decir, "la segunda sección de señal" en la redacción de las reivindicaciones) que es de interés para un análisis adicional, lo que reduce o incluso elimina la influencia de la calidad del acoplamiento de los receptores de ultrasonido individuales en el componente que está probándose.

En otras palabras, la invención se basa en la idea de que un factor importante que afecta a la precisión y robustez de la medición es la calidad del acoplamiento de los receptores de ultrasonido individuales. Por ejemplo, incluso una pequeña cantidad de rugosidad en la superficie, pequeñas desigualdades en la superficie o una ligera desalineación del dispositivo al aplicarlo al componente pueden dar lugar a que algunos receptores se acoplen mucho mejor al componente que otros.

Para corregir esta imprecisión inherente del procedimiento de medición, la invención aprovecha el hecho de que la onda de superficie es una buena medida de la idoneidad con que un receptor se acopla al componente y en qué cantidad debe escalarse su señal. Al escalar las señales de respuesta (al menos las partes de las mismas que son de interés) en función del valor de corrección, se puede reducir la dependencia que tienen las señales de respuesta con las irregularidades de superficie locales o la aplicación incorrecta del dispositivo contra el componente.

Una vez que se escalan las segundas secciones de señal de los diversos receptores, se combinan de forma ventajosa, por ejemplo, en un algoritmo SAFT, para generar un conjunto de datos de resultado, tal como una imagen de la estructura interna del componente. Dado que las segundas secciones de señal se escalan de acuerdo con la calidad de acoplamiento de sus respectivos receptores, el conjunto de datos de resultado tendrá una mayor precisión y coherencia.

Existen varias maneras de identificar la primera sección de señal, es decir, la sección de señal que describe la señal de superficie. Estas se pueden utilizar de forma independiente o en combinación.

De forma ventajosa, el procedimiento comprende, para cada receptor de ultrasonido en dicho grupo, las siguientes etapas:

- Asignar, a dicho receptor de ultrasonido, una ventana de tiempo: Esta ventana de tiempo se utiliza para identificar la "primera sección de señal" en la señal de respuesta, es decir, la sección de la señal que contiene la onda de superficie.
- Usar dicha ventana de tiempo para identificar la primera sección de señal en la señal de respuesta medida por dicho receptor de ultrasonido: Esto significa que solo (o al menos predominantemente) la parte de la señal de respuesta que se encuentra en la ventana de tiempo se utilizará para calcular el valor de corrección.

En una forma de realización, la ubicación temporal de la ventana de tiempo es una función de la distancia del receptor de ultrasonido desde el emisor de ultrasonido: De forma ventajosa, la ubicación temporal es proporcional a esta distancia.

En otra forma de realización (que, por ejemplo, para comprobar la coherencia, se puede combinar con la forma de realización anterior), la ubicación temporal de la ventana de tiempo se selecciona en función del tiempo en el que se detecta un primer pulso en la señal de respuesta. En este contexto, el "primer pulso" es el primero que llega después de que la señal de sonda haya sido enviada a los componentes. Esto se basa en la idea de que, en la mayoría de componentes, las ondas de superficie son las señales más rápidas que se propagan desde el emisor de ultrasonido hasta el receptor de ultrasonido.

De forma ventajosa, la generación de las señales de sonda y la recepción de las señales de respuesta tiene lugar mientras un usuario sostiene manualmente el dispositivo contra el componente a probar. El escalamiento de señales proporcionado por la presente invención es especialmente adecuado para compensar problemas debidos a una aplicación no uniforme de presión al dispositivo. Por lo tanto, la invención permite obtener señales sustancialmente más estables en aquellos casos en los que el dispositivo se aplica manualmente. Esto es de particular importancia si las imágenes de la estructura interior del componente se obtienen a partir de las señales de respuesta.

La invención también se refiere a un dispositivo para probar un componente mediante ultrasonido. Este dispositivo comprende:

- al menos un emisor de ultrasonido para generar una señal de sonda,
- una pluralidad de receptores de ultrasonido para recibir una pluralidad de señales de respuesta, donde los receptores de ultrasonido están ubicados en diferentes ubicaciones con respecto a dicho emisor de ultrasonido, y

- una unidad de control adaptada y estructurada, en relación con la señal de respuesta de al menos un grupo de dichos receptores de ultrasonido, para:

  a) identificar, en dicha señal de respuesta, una primera sección de señal generada por una onda de superficie que recorre dicho componente desde dicho emisor de ultrasonido hasta el receptor de ultrasonido,
  b) deducir un valor de corrección a partir de dicha primera sección de señal, y
  c) reescalar al menos una segunda sección de señal de dicha señal de respuesta con un factor de escala dependiendo de dicho valor de corrección.

De forma ventajosa, la unidad de control está adaptada y estructurada para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento con la posible excepción de aplicar un dispositivo contra el componente, que es típicamente algo que el usuario del dispositivo hará a menos que el dispositivo se maneje, por ejemplo, mediante un robot.

El procedimiento y el dispositivo de acuerdo con la presente invención se pueden utilizar para sondar cualquier tipo de componente, en particular muestras de hormigón.

En una forma de realización particular, la invención se puede utilizar para crear representaciones mediante imágenes de la estructura interna del componente, en particular utilizando la técnica de enfoque de apertura sintética (SAFT).

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor y objetos distintos a los expuestos anteriormente resultarán evidentes cuando se considere la siguiente descripción detallada de los mismos. Esta descripción hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra una forma de realización de un dispositivo para probar un componente mediante ultrasonido,
la Fig. 2 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de dicho dispositivo, y
la Fig. 3 muestra una serie de señales de respuesta que ilustran procedimientos para escalarlas.

Modos de llevar a cabo la invención

Dispositivo:

El dispositivo 1 mostrado en la Fig. 1 se puede utilizar para la prueba no destructiva de un componente mediante ultrasonido.

Comprende un alojamiento 2 de, por ejemplo, un diseño sustancialmente cuboide.

El alojamiento 2 tiene un lado de sondeo 3. El lado de sondeo 3 es, de forma ventajosa, plano.

Una pluralidad de transductores ultrasónicos bidireccionales 4 está dispuesta en el lado de sondeo 3 del alojamiento 2. Cada transductor 4 comprende, de forma ventajosa, un accionador piezoeléctrico equipado con una punta 5a y montado elásticamente en un soporte 5b, por ejemplo del tipo descrito en el documento WO 2016/029326.

Los transductores 4 están ubicados, de forma ventajosa, en un plano liso y están adaptados para colocarse contra una superficie plana de un componente que se va a probar.

En la forma de realización mostrada, los transductores 4 están dispuestos en una matriz rectangular de filas y columnas. La matriz tiene, por ejemplo, tres de dichas filas y ocho columnas. Los transductores 4 de una sola columna pueden, por ejemplo, ser parte de un único canal del dispositivo, tal como se describirá con más detalle posteriormente.

La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques del dispositivo.

El diagrama muestra esquemáticamente los transductores 4 agrupados en canales 6. En la forma de realización mostrada, cada canal 6 tiene tres transductores 4.

En la presente forma de realización, los canales 6 están dispuestos en una línea, es decir, a lo largo de una dirección, aunque se puede contemplar una disposición bidimensional para formar imágenes tridimensionales completas del componente.

Un controlador 7 está conectado a los canales 6 para controlarlos y recibir señales desde los mismos. El controlador 7, por ejemplo, comprende circuitos de interfaz 8 para interactuar con los canales 6, una CPU 9 adaptada para controlar las operaciones y una memoria 10 para almacenar datos y firmware.

Además, el controlador 7 puede conectarse a circuitos de entrada y salida, así como a circuitos de interfaz de usuario para recibir comandos, enviar datos y mostrar resultados de medición.

En la presente forma de realización, cada uno de los canales 6 puede hacerse funcionar como un emisor de ultrasonido o como un receptor de ultrasonido:

- Cuando funciona como emisor de ultrasonido, el canal emite pulsos ultrasónicos en la superficie del componente a probar. De forma ventajosa, todos los transductores 4 del canal emiten la misma señal.
- Cuando funciona como receptor de ultrasonido, el canal recibe y mide señales ultrasónicas detectadas en la superficie del componente. De forma ventajosa, todas las señales de sus transductores 4 se combinan en una única señal de respuesta, por ejemplo mediante adición.

En ambos casos, las puntas 5a de los transductores 4 deben estar en contacto con la superficie del componente.

Procedimiento de medición:

Para llevar a cabo una medición, el usuario coloca el dispositivo 1 contra el componente a probar de manera que, si es posible, todos los transductores 4 entren en contacto con el mismo.

A continuación, al menos uno de los canales 6, típicamente uno y solo uno cada vez, se establece para que funcione como un emisor de ultrasonido. Además, varios de los canales 6, de forma ventajosa al menos todos los canales excepto el canal que funciona como emisor, se hacen funcionar como receptores de ultrasonido.

El controlador 7 indica al emisor de ultrasonido que genere una señal de sonda. La señal de sonda puede comprender, por ejemplo, un único ciclo de pulso que incluye la aplicación de un voltaje positivo seguido de un voltaje negativo al/a los transductor(es) del emisor de ultrasonido. Sin embargo, también se pueden utilizar formas de onda más complejas.

De forma ventajosa, pero no necesariamente, la señal de sonda es relativamente corta en comparación con el intervalo entre señales de sonda consecutivas para dejar tiempo suficiente para medir todos los ecos de una señal de sonda antes de emitir la siguiente señal de sonda.

A continuación, el controlador 7 recopila las señales de respuesta medidas por los receptores de ultrasonido.

Las señales de respuesta corresponden a las vibraciones de ultrasonido detectadas por el/los transductor(es) de los canales 6 configurados como receptores de ultrasonido. Estas vibraciones son generadas por la superposición de varias trayectorias de señal entre el emisor de ultrasonido y cada receptor de ultrasonido.

- El emisor de ultrasonido emite ondas de superficie que se propagan a lo largo de la superficie del componente a probar. Estas ondas de superficie son, en la mayoría de los casos, las primeras en llegar a la ubicación del receptor de ultrasonido.
- El emisor de ultrasonido también emite ondas hacia la mayor parte del componente a probar. Desigualdades, así como estructuras de superficie (en particular, la superficie opuesta a la que se aplican los transductores 4), hacen que estas ondas se dispersen, y algunas de estas ondas dispersadas también llegarán a la ubicación del receptor de ultrasonido, típicamente después de la llegada de la onda de superficie.

La Fig. 3 muestra, en su columna izquierda, un ejemplo de las señales de respuesta recibidas por los receptores de ultrasonido. En este ejemplo, el canal en un extremo de la matriz de transductores 4 ha enviado un pulso de ultrasonido de período único como se describió anteriormente. El canal junto al canal emisor es el primero en recibir una señal C1 (gráfico superior), el siguiente canal adyacente recibe la señal C2, etc.

Como se puede observar en la columna izquierda de la Fig. 3, cada señal Ci (i = 1... 7) comienza con una estructura de pulso relativamente intensa, que está ubicada en una "primera sección de señal" (como se denomina en las reivindicaciones) y que se debe a la onda de superficie que llega al canal respectivo. A continuación, la señal muestra una pluralidad de oscilaciones más pequeñas, que son causadas por ondas que llegan después de ser dispersadas desde desigualdades internas del componente o desde su lado posterior. Estas oscilaciones más pequeñas son típicamente las que interesan para un procesamiento adicional, por ejemplo, en el contexto del procesamiento SAFT.

Como se puede observar adicionalmente en la columna izquierda en la Fig. 3, el tiempo de llegada de la onda de superficie depende del receptor de ultrasonido. Cuanto más lejos esté un receptor desde el emisor de ultrasonido, más tarde llegará la onda de superficie. Esto se debe al hecho de que la velocidad de propagación de la onda de superficie es limitada. Una velocidad típica de la onda de superficie en el hormigón es, por ejemplo, de 2500 m/s aproximadamente.

Finalmente, como también se puede observar en la columna izquierda de la Fig. 3, las amplitudes de los pulsos varían entre las diversas señales de respuesta. A pesar de que podría esperarse una cierta atenuación de amplitud con el aumento de la distancia desde el emisor de ultrasonido, los ejemplos muestran claramente que hay diferencias entre alturas de señal que no pueden explicarse incluso si postulase dicha atenuación. Por ejemplo, las señales C5 y C6 son más intensas que la señal C4, aunque la señal C4 se midió más cerca del emisor de ultrasonido que las señales C5 y C6. Esta variación de amplitud se debe principalmente a los diferentes grados de acoplamiento entre los diversos canales y el componente. Como se describió anteriormente, las irregularidades de la superficie del componente dan lugar a tales diferencias en el acoplamiento.

Escalamiento de señales:

Como se mencionó anteriormente, dichos efectos se pueden compensar mediante un escalamiento de señales adecuado.

En general, un canal que mide una amplitud débil de la onda de superficie que llega está mal acoplado al componente. Por lo tanto, también medirá las ondas reflejadas que llegan posteriormente con menor sensibilidad.

Para compensar dichas variaciones, cada señal de ultrasonido Ci se reescala utilizando un factor de escala Si:

$$Ci' = Si \cdot Ci, \qquad (1)$$

donde Ci′ denota la señal reescalada. Dichas señales reescaladas Ci′ se muestran en la columna derecha de la Fig. 3.

Cabe señalar que la corrección de acuerdo con la ecuación (1) no tiene que llevarse a cabo necesariamente en todas las señales de respuesta medidas. También se puede llevar a cabo solamente en una "segunda sección de señal" (tal como se denomina en las reivindicaciones), es decir, en esa parte de la señal que se utiliza para un procesamiento adicional.

El factor de escalamiento Si se puede deducir a partir de un valor de corrección Vi que describe la intensidad de la señal de respuesta en su "primera sección de señal", es decir, la intensidad de la onda de superficie medida.

En general, el factor de escalamiento Si será una función del valor de corrección Vi, donde el factor de escalamiento Si se vuelve más pequeño a medida que aumenta el valor de corrección Vi. En la mayoría de los casos, una relación recíproca proporciona los mejores resultados, es decir,

$$Si = Ki/Vi, \qquad (2)$$

donde Ki es una constante. Ki puede ser el mismo valor para todos los receptores de ultrasonido. De forma alternativa, también puede tener en cuenta la disipación natural de la onda de superficie a medida que se propaga desde el emisor de ultrasonido al receptor de ultrasonido, por ejemplo estableciendo que

$$Ki = K \cdot \exp(\alpha \cdot xi), \qquad (3)$$

siendo α una constante de atenuación que describe la disipación de la onda de superficie por longitud y siendo xi la distancia del receptor de ultrasonido respectivo desde el emisor de ultrasonido. K es una constante que es típicamente común a todos los receptores de ultrasonido.

A continuación se describen varias maneras de calcular el valor de corrección Vi.

En una primera etapa se debe identificar la parte de la señal de respuesta correspondiente a la onda de superficie. Para ello, se puede asignar una ventana de tiempo W (como se muestra en la Fig. 3) a cada receptor de ultrasonido. Esta ventana tipo se utiliza para identificar la "primera sección de señal" como se definió anteriormente, es decir, la sección de la señal que se espera que esté dominada por la onda de superficie.

En una forma de realización, la ubicación temporal (es decir, los tiempos de inicio y finalización de la ventana) puede calcularse para que sea proporcional a la distancia xi del receptor de ultrasonido desde el emisor de ultrasonido. Por ejemplo, el tiempo central ti de la ventana de tiempo se puede calcular como

$$ti = xi / c, \qquad (4)$$

siendo c la velocidad de la onda de superficie.

La longitud de la ventana de tiempo es típicamente una función de la longitud de la señal de sonda (pulso) emitida por el emisor de ultrasonido. De forma ventajosa, la longitud de la ventana de tiempo se elige para que sea al menos tan grande como la longitud del pulso emitido, ventajosamente algo mayor para compensar un error en la velocidad supuesta c de la onda de superficie. Por ejemplo, la longitud de la ventana de tiempo se encuentra entre la longitud del pulso y cinco veces la longitud del pulso; en particular, es aproximadamente dos veces la longitud del pulso.

De forma alternativa, o adicionalmente, la ventana de tiempo puede posicionarse buscando el primer pulso intenso (por ejemplo, un pulso cuya amplitud supera una amplitud umbral dada) en la señal de respuesta. Tal primer pulso indica típicamente la llegada de la onda de superficie. En otras palabras, la ubicación temporal de la ventana de tiempo se selecciona en función del tiempo de llegada del primer pulso en la señal de respuesta después de que se haya emitido la señal de sonda.

Este análisis del tiempo de llegada del primer pulso puede combinarse con el cálculo de la ecuación (4) para comprobar la coherencia de ambos procedimientos. Si los resultados de los dos procedimientos no son coherentes, se puede suprimir el reescalamiento, por ejemplo, o se puede utilizar una ventana de tiempo diferente (por ejemplo, más larga).

Una vez que se ha determinado una ventana de tiempo W adecuada, el valor de corrección Vi puede deducirse a partir de la intensidad de la señal en la misma. De nuevo, hay varias maneras de hacerlo:

En un ejemplo, puede calcularse la envolvente de señal de la señal de respuesta, al menos en la ventana de tiempo W. Dicha envolvente se muestra en líneas discontinuas en las Fig. C1 y C2.

Los expertos en la técnica conocen algoritmos para calcular la envolvente de una señal oscilatoria. Por ejemplo, la señal se puede rectificar (es decir, se utiliza el valor absoluto de la señal) y después someterse a un filtrado de paso bajo, con un filtro de paso bajo.

El filtro de paso bajo puede dimensionarse, por ejemplo, suponiendo que la señal de sonda es una señal modulada en amplitud que tiene una frecuencia portadora correspondiente a la frecuencia de pulso (por ejemplo, 50 kHz) y que el ancho de banda de esta señal es B. Después de la rectificación, el espectro de la señal sin procesar se divide en una señal de banda base a 0 Hz y en una señal a una frecuencia central doble del pulso (es decir, por ejemplo a 100 kHz). Las componentes espectrales en torno a la frecuencia central doble (es decir, de aproximadamente 100 kHz) no son deseadas y deben filtrarse. Por lo tanto, la frecuencia de corte del filtro de paso bajo debería estar ventajosamente en torno a B/2. Esto también garantiza que la señal de banda base (es decir, la envolvente) no se vea afectada por el filtro, mientras que las componentes de frecuencia no deseadas a la frecuencia central doble se suprimen.

Una vez calculada la envolvente, su cantidad máxima u otra cantidad que describa su intensidad, puede utilizarse para deducir el valor de corrección Vi. Por ejemplo, el valor de corrección Vi se puede establecer para que sea igual al valor más alto A de la envolvente, como se muestra en el gráfico superior izquierdo de la Fig. 3.

De forma alternativa, o adicionalmente, el valor de corrección puede ser una función de, en particular ser proporcional a, el valor máximo de la propia señal de respuesta, sin calcular primero la envolvente. En particular, la búsqueda del valor máximo se limita de nuevo a la ventana W.

Cabe señalar, sin embargo, que el uso de la envolvente es más robusto contra el ruido errático de señal que el uso de un valor pico individual de la señal de respuesta.

Cabe señalar además que la ventana W no es necesariamente una ventana "rectangular" en el sentido de que se ignore cualquier señal fuera de la misma. También puede ser una ventana "ponderada" en el sentido de que está representada por una función de distribución que se multiplicará con la señal de respuesta, donde la función de distribución tiene un máximo plano sobre una región centrada en el tiempo de llegada esperado de la onda de superficie y gradualmente disminuye hasta cero en ambos lados de la misma.

Además, se pueden utilizar procedimientos que no dependen, o no dependen explícitamente, de una ventana de tiempo, por ejemplo, simplemente buscando los valores de señal más altos en la señal de respuesta.

Observaciones:

En la forma de realización mostrada aquí, el cálculo del valor de corrección, así como el reescalamiento, se lleva a cabo mediante el controlador 7, por ejemplo, implementado como operaciones en la programación de la CPU 9. De forma alternativa, o adicionalmente, algunas o todas de estas etapas se pueden llevar a cabo a nivel de los canales individuales y/o en una unidad de procesamiento fuera del alojamiento 2.

Los transductores del emisor de ultrasonido se hacen funcionar de forma ventajosa para generar ondas de corte, es decir, sus puntas 5a se mueven en una dirección paralela al lado de sondeo 3 y paralela a la columna de transductores 4 en el canal emisor de ultrasonido. Sin embargo, también se pueden utilizar diferentes oscilaciones.

El dispositivo puede estar equipado con controles de entrada de usuario que permiten al usuario habilitar o inhabilitar de forma selectiva el escalamiento de señales aquí descrito.

En el ejemplo anterior, se supuso que un canal 6 era el emisor de ultrasonido, mientras que los otros canales 6 eran los receptores de ultrasonido. En la mayoría de los modos de funcionamiento, el papel del emisor de ultrasonido se asigna posteriormente a todos los canales 6, mientras que cada vez los otros canales 6 se utilizarán como receptores.

De forma ventajosa, el emisor de ultrasonido y/o cada receptor de ultrasonido comprende varios transductores ultrasónicos 4, todos ellos colocados para entrar en contacto con el componente a probar.

Como se mencionó, el presente procedimiento y dispositivo son particularmente adecuados para sondar hormigón y otros materiales duros que podrían presentar irregularidades en su superficie.

Además, funcionan bien sin ningún líquido o pasta de acoplamiento aplicada entre los transductores y el componente. Los procedimientos convencionales son típicamente muy sensibles a las irregularidades de superficie en ausencia de dicho líquido o pasta de acoplamiento.

De forma ventajosa, cada receptor de ultrasonido comprende una o más puntas que se aplican al componente mientras se reciben las señales de respuesta. Dicho diseño proporciona una buena separación de señales de canal y es adecuado para escalar individualmente las señales de respuesta.

Si bien se muestran y describen formas de realización actualmente preferidas de la invención, debe entenderse claramente que la invención no está limitada a las mismas, sino que se puede realizar y llevarse a la práctica de otras maneras dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para probar un componente mediante ultrasonido, que comprende las etapas de:

aplicar un dispositivo (1), que tiene al menos un emisor de ultrasonido y una pluralidad de receptores de ultrasonido, contra el componente, donde los receptores de ultrasonido están ubicados en diferentes ubicaciones con respecto a dicho emisor de ultrasonido,
generar una señal de sonda por medio de dicho emisor de ultrasonido,
recibir, por medio de dichos receptores de ultrasonido, una pluralidad de señales de respuesta (Ci), y
en la señal de respuesta (Ci) de al menos un grupo de dichos receptores de ultrasonido:

a) identificar, en dicha señal de respuesta (Ci), una primera sección de señal generada por una onda de superficie que recorre dicho componente desde dicho emisor de ultrasonido hasta el receptor de ultrasonido que ha recibido dicha señal de respuesta (Ci),
b) deducir un valor de corrección (Vi) a partir de dicha primera sección de señal, y
c) reescalar al menos una segunda sección de señal de dicha señal de respuesta (Ci) con un factor de escala dependiendo de dicho valor de corrección (Vi).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de combinar dichas segundas secciones de señal para generar un conjunto de datos de resultado.

3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, para cada receptor de ultrasonido en dicho grupo, las etapas de:

- asignar, a dicho receptor de ultrasonido, una ventana de tiempo (W), y
- usar dicha ventana de tiempo (W) para identificar la primera sección de señal en la señal de respuesta (Ci) medida por dicho receptor de ultrasonido.

4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que una ubicación temporal de la ventana de tiempo (W) es una función de una distancia (xi) del receptor de ultrasonido desde el emisor de ultrasonido.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que la ubicación temporal de la ventana de tiempo (W) es proporcional a la distancia (xi) entre el receptor de ultrasonido y el emisor de ultrasonido.

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que una ubicación temporal de la ventana de tiempo (W) se selecciona en función de un tiempo de llegada de un primer pulso en la señal de respuesta (Ci) después de la señal de sonda.

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que una longitud de la ventana de tiempo (W) se encuentra entre la longitud de la señal de sonda emitida por el emisor de ultrasonido y cinco veces la longitud de la señal de sonda, en particular igual a dos veces la longitud de la señal de sonda.

8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de calcular una envolvente de dicha señal de respuesta (Ci) al menos en dicha primera sección y utilizar dicha envolvente para deducir dicho valor de corrección (Vi).

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor de corrección (Vi) es proporcional a un máximo (A) de dicha señal de respuesta (Ci) o de una envolvente de dicha señal de respuesta (Ci) en dicha primera sección.

10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el emisor de ultrasonido y/o cada receptor de ultrasonido comprende varios transductores ultrasónicos (4).

11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada receptor de ultrasonido comprende una o más puntas (5a) que se aplican al componente mientras se reciben las señales de respuesta.

12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la generación de las señales de sonda y la recepción de las señales de respuesta tiene lugar mientras un usuario sostiene manualmente el dispositivo contra el componente a probar.

13. Un dispositivo para probar un componente mediante ultrasonido, que comprende:

al menos un emisor de ultrasonido para generar una señal de sonda,

una pluralidad de receptores de ultrasonido para recibir una pluralidad de señales de respuesta (Ci), donde los receptores de ultrasonido están ubicados en diferentes ubicaciones con respecto a dicho emisor de ultrasonido, y

una unidad de control adaptada y estructurada, en relación con la señal de respuesta (Ci) de al menos un grupo de dichos receptores de ultrasonido, para:

a) identificar, en dicha señal de respuesta (Ci), una primera sección de señal generada por una onda de superficie que recorre dicho componente desde dicho emisor de ultrasonido hasta el receptor de ultrasonido que ha recibido dicha señal de respuesta (Ci),
b) deducir un valor de corrección (Vi) a partir de dicha primera sección de señal, y
c) reescalar al menos una segunda sección de señal de dicha señal de respuesta (Ci) con un factor de escala dependiendo de dicho valor de corrección (Vi).

14. Uso del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 o del dispositivo según la reivindicación 13 para sondar hormigón y/o para crear representaciones mediante imágenes de una estructura interna del componente.

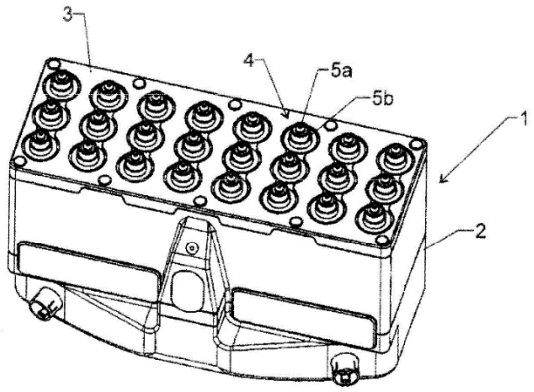

Fig. 1

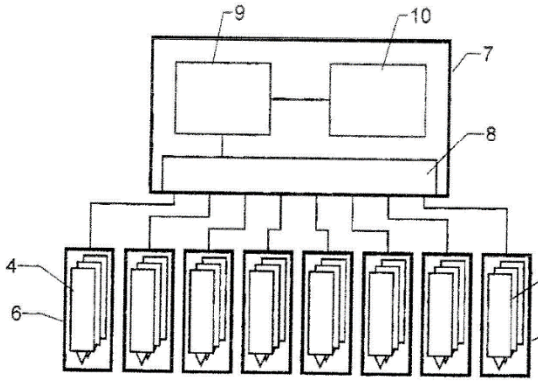

Fig. 2

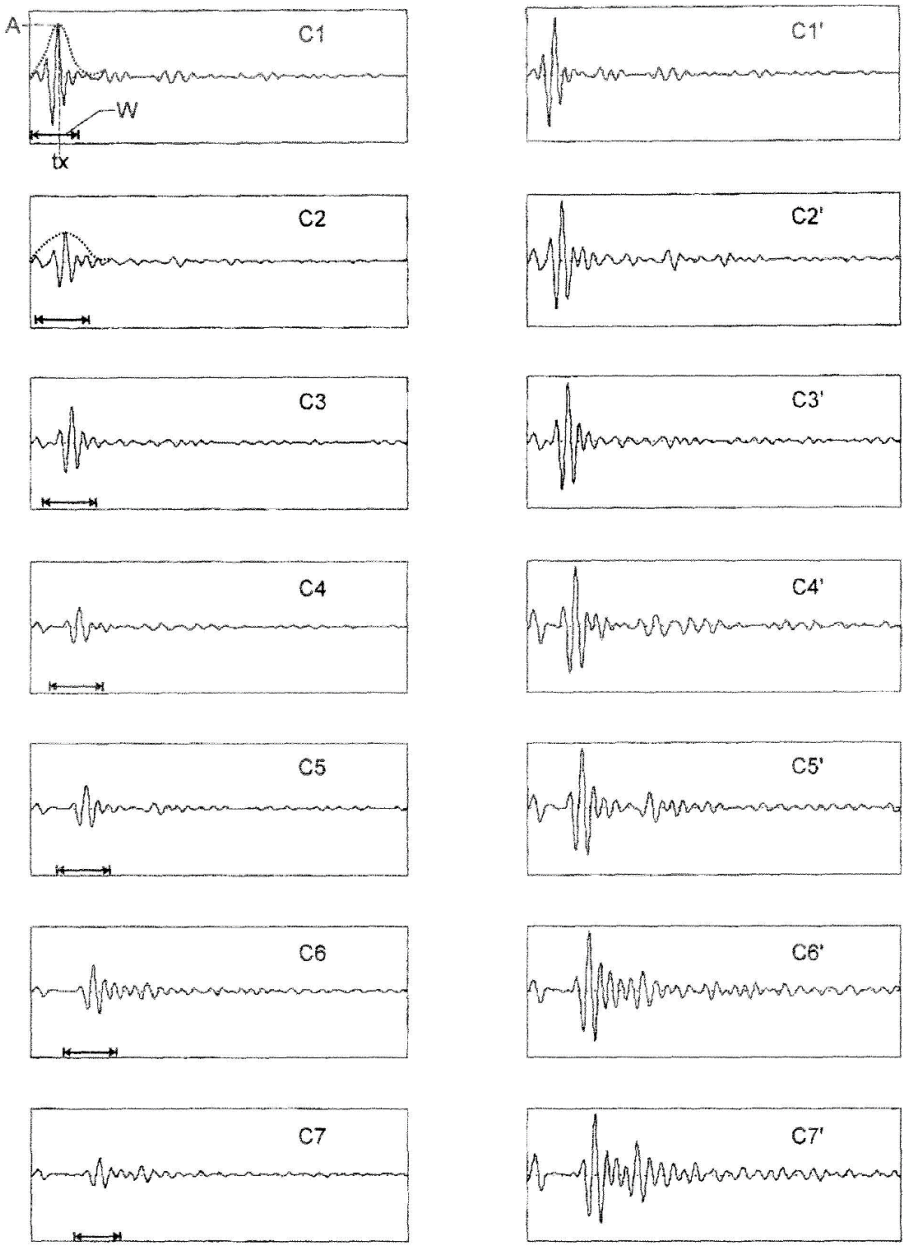

Fig. 3