

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 074**

51 Int. Cl.:

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2012 PCT/JP2012/061836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13114639**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2012 E 12867508 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2811294**

54 Título: **Método de detección de defectos por ultrasonidos, dispositivo de detección de defectos por ultrasonidos y método para producir material de tuberías**

30 Prioridad:

31.01.2012 JP 2012017895

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

05.10.2020

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo, 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**IIZUKA, YUKINORI;
OZEKI, TAKAFUMI y
MATSUI, YUTAKA**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 785 074 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 de detección de defectos por ultrasonidos, dispositivo de detección de defectos por ultrasonidos y método para producir material de tuberías

5

Campo

La presente invención se refiere a métodos de detección de defectos por ultrasonidos, a aparatos de detección de defectos por ultrasonidos y a métodos de fabricación de tuberías que detectan defectos en la superficie interna de un objeto de ensayo tal como una tubería metálica usando ondas de ultrasonidos.

10

Antecedentes

Como medida de garantía de calidad para detectar defectos que surgen durante la fabricación de productos de acero metálicos tales como tuberías de acero, barras de acero, formas de acero y chapas, se han aplicado ampliamente métodos de detección de defectos por ultrasonidos que usan ondas de ultrasonidos. Por ejemplo, para tuberías metálicas tales como tuberías de acero, habitualmente se usan la detección de defectos por haz inclinado y detección de defectos por haz normal. La detección de defectos por haz inclinado se aplica para la detección de defectos de tipo grietas que surgen principalmente en las superficies interna y externa de una tubería metálica, y las sondas inclinadas están dispuestas de modo que las direcciones de haz de ondas de ultrasonidos están en dos direcciones cada una en la dirección axial de la tubería y en la dirección circunferencial de la misma, más específicamente, en un total de cuatro direcciones, de tal manera que se detectan fácilmente defectos que son paralelos en la dirección axial de la tubería o en la dirección circunferencial de la misma. Mientras tanto, la detección de defectos por haz normal se aplica para la detección de inclusiones incluidas dentro de la tubería metálica y para la medición del grosor de pared. Usando un método de detección de defectos por ultrasonidos de este tipo, la inspección de un objeto de ensayo se lleva a cabo de manera espiral sobre toda la superficie y en toda la longitud de la misma mientras que se hacen rotar la tubería de acero o las sondas. En el método de detección de defectos por ultrasonidos convencional, se realiza la detección de defectos en la que la presencia de eco de defecto se determina en cada ocasión de una única transmisión y recepción de ondas de ultrasonidos.

15

20

25

30

Sin embargo, en el método de detección de defectos por ultrasonidos convencional para tuberías metálicas anterior, dado que la superficie reflectante de un defecto de mella mediante incrustación de contaminantes en el laminado o un defecto poco profundo en una forma solapada forma un ángulo con respecto a los planos tanto en la dirección en sección transversal como en la dirección longitudinal, ha existido un inconveniente de que una señal de eco de defecto es débil tanto en la detección de defectos por haz inclinado como en la detección de defectos por haz normal. Además, un defecto de mella y un defecto poco profundo en una forma solapada tienen una profundidad poco profunda, y por tanto la separación de eco de fondo no es fácil en la detección de defectos por haz normal. Como consecuencia, mediante la detección de defectos por haz inclinado y la detección de defectos por haz normal, ha sido difícil detectar un defecto de mella mediante incrustación de contaminantes en el laminado y un defecto poco profundo en una forma solapada. Para la superficie externa de las tuberías metálicas, es posible detectar los defectos anteriormente descritos mediante el uso en combinación de detección de defectos por flujo de dispersión y detección de defectos por corriente parásita. Sin embargo, no hay ninguna medida de detección apropiada para la superficie interna de las tuberías metálicas, y por tanto hay que basarse en una inspección visual.

35

40

45

El documento de patente 1 describe la detección de un defecto en las proximidades de la superficie de una tubería metálica mediante un método de detección de defectos por ultrasonidos. En el documento de patente 1, se genera una imagen bidimensional en la que señales de detección de defectos adquiridas durante el movimiento se combinan ajustando las posiciones de las señales de tal manera que se alinean ecos de fondo y después se extrae un defecto a partir de la imagen bidimensional.

50

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

55

Documento de patente 1: publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2008-70325

Además de lo anterior, el documento JP 2010-025807 AA divulga un método de inspección de tubos para la detección de defectos de objetivos de pared delgada. Las enseñanzas consideran específicamente medios de conmutación para reducir el grado de amplificación de los amplificadores implicados.

60

Además, el documento JP 04-009659 AA divulga un método para detectar un defecto de una tubería de acero. Las enseñanzas consideran específicamente la comparación de un nivel de eco de superficie con un nivel establecido en cada periodo de transmisión de repetición.

65

Aún adicionalmente, el documento JP 2011-153974 AA divulga la medición de un grosor de tubería que puede detectar la inclinación del grosor. Las enseñanzas consideran específicamente unos medios de archivo de matriz

para almacenar datos de grosor como elementos de matriz correspondientes.

Sumario

5 Problema técnico

Mientras tanto, dependiendo de la forma de un defecto, puede no haber ningún eco de defecto presente y el propio eco de fondo puede fluctuar. En tal caso, el método de detección de defectos por ultrasonidos descrito en el documento de patente 1 adquiere una imagen bidimensional en la que longitudes de trayectoria de haz se alinean en la posición detectada del eco de fondo para detectar un defecto bajo la superficie en las proximidades de la superficie. Sin embargo, con la imagen bidimensional, dado que se hace referencia a la posición detectada del eco de fondo, no puede detectar un defecto que está en la superficie interna de la tubería metálica. Además, cuando las ondas de ultrasonidos incidentes se dispersan en el fondo y el propio eco de fondo es débil, la propia detección de eco de fondo es difícil aunque se intente aplicar el método descrito en el documento de patente 1, y por tanto no resulta viable alinear las longitudes de trayectoria de haz en la posición detectada de los ecos de fondo. Por consiguiente, la detección de defectos en la superficie interna de las tuberías metálicas tales como tuberías de acero tiene que basarse en una inspección visual.

A la vista de las situaciones anteriores, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un método de detección de defectos por ultrasonidos, un aparato de detección de defectos por ultrasonidos y un método de fabricación de tuberías que sean capaces de detectar incluso un defecto de mella o un defecto poco profundo en una forma solapada que surgen en la superficie interna de una tubería metálica tal como una tubería de acero.

25 Solución al problema

Para resolver el problema anteriormente descrito y lograr el objetivo, se proporciona el objeto de la reivindicación 1 de método y la reivindicación 3 de aparato independientes. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones adicionales preferidas.

30 Efectos ventajosos de la invención

Según la invención, se calculan una longitud de trayectoria hasta recibir una señal de eco a partir de una superficie interna del producto de acero y una tasa de cambio de la longitud de trayectoria basándose en datos de forma de onda de la señal de eco adquiridos mientras una tubería metálica y una sonda de ultrasonidos se mueven una con respecto a la otra, y basándose en la longitud de trayectoria y la tasa de cambio de la longitud de trayectoria, se detecta un defecto en la superficie interna. Por consiguiente, puede detectarse incluso un defecto de mella o un defecto poco profundo en una forma solapada que surge en la superficie interna de la tubería metálica tal como una tubería de acero.

40 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra la configuración de un aparato de detección de defectos por ultrasonidos según una primera realización.

45 La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por un procesador en la primera realización.

La figura 3 es un diagrama que ilustra un ejemplo de datos de ultrasonidos almacenados en una memoria de onda.

50 La figura 4 incluye diagramas que ilustran longitud de trayectoria de haz, tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y resultado de detección de defectos obtenidos basándose en los datos de ultrasonidos ilustrados en la figura 3.

55 La figura 5 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una presentación de tipo B cerca de un eco de fondo en una porción de defecto.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por un procesador según una segunda realización.

60 La figura 7 incluye diagramas que ilustran altura de eco, longitud de trayectoria de haz, tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y resultado de detección de defectos obtenidos basándose en los datos de ultrasonidos ilustrados en la figura 3 en la segunda realización.

65 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por un procesador según una tercera realización.

La figura 9 es un diagrama que ilustra un ejemplo de datos de ultrasonidos al que se aplica la tercera realización.

La figura 10 es un diagrama para explicar un umbral para detectar eco de fondo en la tercera realización.

5 La figura 11 incluye diagramas que ilustran los cambios en la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz con respecto a defectos cuando se cambian los umbrales ilustrados en la figura 10.

La figura 12 es un diagrama esquemático que ilustra una condición de detección de defectos por ultrasonidos con respecto a un defecto en una forma solapada.

10 La figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por un procesador según una cuarta realización.

15 La figura 14 incluye diagramas que ilustran una condición de detección de un defecto en una forma solapada en la cuarta realización.

La figura 15 es un diagrama que ilustra un ejemplo de método de fabricación de tuberías que incluye un procedimiento de inspección al que se aplican los métodos de detección de defectos por ultrasonidos en las realizaciones primera a cuarta.

20 **Descripción de realizaciones**

Con referencia a los dibujos adjuntos, a continuación se describe un método de detección de defectos por ultrasonidos, un aparato de detección de defectos por ultrasonidos y un método de fabricación de tuberías que son realizaciones a modo de ejemplo.

Primera realización

30 La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra la configuración de un aparato de detección de defectos por ultrasonidos según una primera realización. Tal como se ilustra en la figura 1, la primera realización es una situación para detectar un defecto BW que está presente en una superficie B interna de una tubería 1 de acero como tubería metálica que es un objeto de ensayo. El defecto BW incluye un defecto de mella mediante incrustación de contaminantes en el laminado y un defecto poco profundo en una forma solapada. Cerca de una superficie S externa de la tubería 1 de acero, se proporciona una sonda 2 de ultrasonidos que transmite y recibe señales de ultrasonidos.

35 La tubería 1 de acero y la sonda 2 de ultrasonidos se mueven una con respecto a la otra alrededor de la tubería 1 de acero de una manera en espiral. En el movimiento relativo, puede hacerse rotar y moverse la tubería 1 de acero mientras que la sonda 2 de ultrasonidos está fija, puede hacerse que la sonda 2 de ultrasonidos de vueltas y se mueva alrededor de la tubería 1 de acero mientras la tubería 1 de acero está fija, o pueden moverse tanto la tubería 1 de acero como la sonda 2 de ultrasonidos.

40 Un controlador 3 de ultrasonidos controla la transmisión y recepción de señales de ultrasonidos mediante la sonda 2 de ultrasonidos, y emite las señales de ultrasonidos recibidas a un paso dado a un convertidor 4 A/D. El convertidor 4 A/D convierte las señales de ultrasonidos recibidas que son señales analógicas en una señal digital y la emite a un procesador 10. La señal de ultrasonidos analógica en este caso es una señal de RF recibida tal cual o es una señal detectada por el controlador 3 de ultrasonidos, y son datos de presentación de tipo A que se trazan con información de tiempo (distancia) como eje de las abscisas e información de amplitud de señal como eje de las ordenadas. El convertidor 4 A/D tiene una frecuencia de muestreo y resolución suficientes para muestrear los datos de presentación de tipo A.

50 El procesador 10 incluye una memoria 11 de onda, una unidad 12 de análisis de señal, un detector 13 de defectos, una unidad 14 de entrada/salida y un controlador 15. La memoria 11 de onda, bajo el control del controlador 15, contiene los datos de presentación de tipo A de la tubería 1 de acero para una sección designada que incluye toda la longitud de la misma o una zona específica de la misma como datos de presentación de tipo B (véase la figura 3). Los datos de presentación de tipo B se trazan con la dirección (una distancia de movimiento) como eje de las abscisas y la distancia de señal de ultrasonidos en la dirección de transmisión y recepción como eje de las ordenadas, y se trazan como un tomograma. Por consiguiente, la memoria de onda tiene una capacidad que puede contener los datos de presentación de tipo B para toda la longitud o una sección designada de la tubería 1 de acero.

55 Por ejemplo, cuando se realiza detección de defectos en una tubería de acero de 20 milímetros de grosor y 10 metros de longitud con ultrasonidos de 5 megahercios a un paso de 1 milímetro, una frecuencia de muestreo es de 25 megahercios (periodo de muestreo = 0,04 μ s), se necesita que el tiempo de conversión A/D sea de 10 μ s como una vez y media el grosor, se mide una forma de onda en 250 puntos (10 μ s/0,04 μ s=250), y se obtiene como resultado 10.000 formas de onda de pulso para toda la longitud (cuando se inspecciona no de una manera en espiral sino de manera lineal en la dirección longitudinal). En este caso, se necesita que la memoria 11 de onda tenga una capacidad de memoria que pueda almacenar en la misma datos bidimensionales de 250 x 10.000 puntos.

65 Con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la figura 2, a continuación se describe un procedimiento para un

procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por el procesador 10 en la primera realización. El controlador 15 adquiere en primer lugar datos de ultrasonidos (datos de presentación de tipo B) de una sección designada recibidos a partir del convertidor 4 A/D, y los almacena en la memoria 11 de onda en secuencia (etapa S101).

5 La unidad 12 de análisis de señal calcula una longitud de trayectoria de haz de cada una de las formas de onda de pulso a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S102). La longitud de trayectoria de haz es una distancia que puede obtenerse desde el momento en el que se recibe un eco ES de superficie reflejado a partir de la superficie S externa de la tubería 1 de acero hasta que se recibe un eco EB de fondo reflejado a partir de la superficie B interna de la tubería 1 de acero (véanse las figuras 1 y 3). Cuando se contiene la distancia entre la sonda 2 de ultrasonidos y la superficie S externa de la tubería 1 de acero, el eco ES de superficie puede sustituirse por la ubicación de aparición (tiempo de aparición) de un pulso transmitido, y la longitud de trayectoria puede obtenerse como el tiempo desde este tiempo de aparición hasta que se recibe el eco EB de fondo. La longitud de trayectoria de cada pulso obtenido es tal como se ilustra en la figura 4(d). La posición de detección del eco EB de fondo puede ser una posición de pico del eco de fondo o una posición del mismo para atravesar un umbral dado.

Después, la unidad 12 de análisis de señal calcula una cantidad de cambio en la longitud de trayectoria de haz con respecto a una cantidad de movimiento relativo entre la tubería 1 de acero y la sonda 2 de ultrasonidos, más específicamente, una tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz (etapa S103). Por ejemplo, la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz puede obtenerse a partir de la siguiente expresión 1:

$$\text{Tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz} = (\text{longitud de trayectoria de haz} - \text{longitud de trayectoria de haz de un pulso previo}) / \text{cantidad de movimiento de un pulso}$$

25 Las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz obtenidas son tal como se ilustra en la figura 4(e).

Posteriormente, tal como se ilustra en la figura 4, el detector 13 de defectos determina si hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual a, o menor que, un umbral DB (véase la figura 4(d)), o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual a, o mayor que, un umbral DC (véase la figura 4(e)) (etapa S104). Si el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC, está presente (Sí en la etapa S104), el detector 13 de defectos determina que está presente un defecto en el punto (ubicación) en el que se cumple esta condición (etapa S105). Mientras tanto, si el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC, no está presente (No en la etapa S104), el detector 13 de defectos determina que no está presente ningún defecto en la sección designada (etapa S106).

Después, el detector 13 de defectos determina si está presente una sección designada posterior (etapa S107). Si está presente una sección designada posterior (Sí en la etapa S107), el detector 13 de defectos vuelve al procedimiento en la etapa S101 para realizar el procedimiento anteriormente descrito en la sección designada posterior, y si no está presente una sección designada posterior (No en la etapa S107), el detector 13 de defectos termina el presente procedimiento. La unidad 14 de entrada/salida es una unidad que emite el resultado de detección del detector 13 de defectos, y es una unidad en la que se realizan diversas entradas de operaciones necesarias para el procesador 10.

Determinar si la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, es adecuado para detectar un mal grosor de pared de la tubería 1 de acero, y determinar si el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC, es adecuado para detectar un punto en el que está ubicada una fluctuación inclinada del grosor de pared. El uso de tal longitud de trayectoria de haz y tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz puede detectar con precisión mellas mediante incrustación de contaminantes en el laminado y defectos poco profundos en una forma solapada.

La figura 4 ilustra el resultado de las longitudes de trayectoria de haz y las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz obtenido a partir de los datos de ultrasonidos ilustrados en la figura 3 almacenados en la memoria 11 de onda. La figura 4 ilustra el resultado obtenido con una longitud de medición de 500 milímetros como sección designada, y se determina que están presentes defectos en las zonas E1 y E2. De hecho, en las zonas E1 y E2, tal como se ilustra en la figura 4(b), hay defectos presentes con una profundidad de 0,4 milímetros o más. La figura 4(a) ilustra una vista en planta de un defecto, y la figura 4(b) ilustra una vista en sección transversal de la tubería 1 de acero. La figura 4(c) ilustra una altura de eco que es una amplitud máxima del eco EB de fondo para referencia.

Segunda realización

La tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es un tipo de procesamiento diferencial, y por tanto puede emitir un valor grande debido a la influencia de ruido. Mientras tanto, en una porción de defecto, dado que una superficie de defecto está inclinada con respecto a la superficie de fondo, la altura de eco que es una amplitud máxima del eco

EB de fondo disminuye drásticamente. Por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 5, el eco EB de fondo desaparece en una porción en la que está presente un defecto, y aparece un eco 21 débil antes del eco EB de fondo (en la dirección de longitud de trayectoria más corta (dirección hacia arriba en la figura 5)). Por tanto, aunque es preferible realizar la detección de defectos teniendo en cuenta la altura de eco, la altura de eco fluctúa debido a la condición de un medio de contacto entre la sonda 2 de ultrasonidos y la tubería 1 de acero, por ejemplo. Por consiguiente, es preferible tomar una conjunción lógica de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y la altura de eco para complementar la debilidad de ambas para mejorar la precisión de la detección de defectos. En una segunda realización, el procedimiento de detección de defectos se realiza teniendo en cuenta la altura de eco en el procedimiento de determinación de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz realizado en el procedimiento en la primera realización. En este caso, el umbral DC para el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz se vuelve más estricto (más pequeño) que un umbral DC2.

Con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la figura 6, a continuación se describe el procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por el procesador 10 en la segunda realización. El controlador 15, al igual que el de la primera realización, adquiere en primer lugar datos de ultrasonidos (datos de presentación de tipo B) de una sección designada recibidos a partir del convertidor 4 A/D, y los almacena en la memoria 11 de onda en secuencia (etapa S201).

Después, la unidad 12 de análisis de señal calcula las alturas de eco de los ecos EB de fondo en la sección designada a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S202). Además, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la primera realización, calcula las longitudes de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S203, y calcula las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S204.

Después, tal como se ilustra en la figura 7, el detector 13 de defectos determina si hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual a, o menor que, un umbral DB (véase la figura 7(d)), o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual a, o mayor que, un umbral DC2 (véase la figura 7(e)) y la altura de eco es igual a, o menor que, un umbral DA (véase la figura 7(c)) (etapa S205). El umbral DC2 en este caso es un valor menor que el del umbral DC tal como se describió anteriormente. Cuando el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC, y la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA, está presente (Sí en la etapa S205), el detector 13 de defectos determina que está presente un defecto en el punto (ubicación) en el que se cumple esta condición (etapa S206). Mientras tanto, cuando el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2, y la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA, no está presente (No en la etapa S205), el detector 13 de defectos determina que no está presente ningún defecto en la sección designada (etapa S207). En los datos de presentación de tipo B ilustrados en la figura 7, se determina que los defectos están presentes en dos puntos de las zonas E11 y E12.

Después, el detector 13 de defectos determina si está presente una sección designada posterior (etapa S208). Si está presente una sección designada posterior (Sí en la etapa S208), el detector 13 de defectos vuelve al procedimiento en la etapa S201 para realizar el procedimiento anteriormente descrito en la sección designada posterior, y si no está presente una sección designada posterior (No en la etapa S208), el detector 13 de defectos termina el presente procedimiento.

En la segunda realización, no sólo se toma la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz sino la conjunción lógica de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y la altura de eco, y por tanto puede realizarse una detección de defectos más precisa. Específicamente, las zonas E11 y E12 ilustradas en la figura 7 se detectan en intervalos más amplios que las zonas E1 y E2 ilustradas en la figura 4.

Tercera realización

Aunque la posición de detección del eco EB de fondo puede ser o bien una posición de pico del eco de fondo o bien la posición del mismo para atravesar un umbral dado en las realizaciones primera y segunda, el umbral dado es preferiblemente más pequeño de modo que la posición de detección del eco EB de fondo puede detectarse incluso con un eco de fondo débil. Por consiguiente, en la tercera realización, el umbral para detectar el eco EB de fondo se establece a un valor que está ligeramente por encima de un valor de ruido máximo.

Con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la figura 8, a continuación se describe el procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por el procesador 10 en la tercera realización. El controlador 15, al igual que el de la segunda realización, adquiere en primer lugar datos de ultrasonidos (datos de presentación de tipo B) de una sección designada recibidos a partir del convertidor 4 A/D, y los almacena en la memoria 11 de onda en secuencia (etapa S301).

Después, la unidad 12 de análisis de señal analiza el nivel de ruido a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S302). Específicamente, se obtiene un valor máximo del ruido. El

objeto de análisis del nivel de ruido es una zona en la que no está presente ninguna señal de eco, y son los datos de ultrasonidos de una zona EN ilustrada en la figura 9, por ejemplo. Posteriormente, la unidad 12 de análisis de señal determina el umbral para detectar ecos de fondo basándose en el nivel de ruido analizado (etapa S303). Aunque el umbral normal es un umbral L1 relativamente grande tal como se ilustra en la figura 10, el umbral determinado en este caso se determina como umbral L2 que está ligeramente por encima de un nivel LN de ruido. Tal como se ilustra en la figura 10, el eco de fondo se detecta en un punto PI cuando el umbral L1 normal es el umbral, y se detecta en un punto P2 ligeramente por encima del nivel de ruido cuando el umbral L2 es el umbral. Como consecuencia, puede detectarse incluso un eco de fondo débil.

Después, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la segunda realización, calcula las alturas de eco de los ecos EB de fondo en la sección designada a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S304). Además, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la segunda realización, calcula las longitudes de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S305, y calcula las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S306.

Después, el detector 13 de defectos, al igual que el de la segunda realización, determina si hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA (etapa S307). El umbral DC2 en este caso es un valor menor que el del umbral DC tal como se describió anteriormente. Cuando el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA, está presente (Sí en la etapa S307), el detector 13 de defectos determina que está presente un defecto en el punto (ubicación) en el que se cumple esta condición (etapa S308). Mientras tanto, cuando el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA, no está presente (No en la etapa S307), el detector 13 de defectos determina que no está presente ningún defecto en la sección designada (etapa S309).

Después, el detector 13 de defectos determina si está presente una sección designada posterior (etapa S310). Si está presente una sección designada posterior (Sí en la etapa S310), el detector 13 de defectos vuelve al procedimiento en la etapa S301 para realizar el procedimiento anteriormente descrito en la sección designada posterior, y si no está presente una sección designada posterior (No en la etapa S310), el detector 13 de defectos termina el presente procedimiento.

En la tercera realización, se tiene en cuenta el nivel de ruido y se detecta el eco de fondo mediante el umbral L2 que está ligeramente por encima del nivel de ruido, y por tanto puede detectarse un defecto para el que el eco de fondo es débil.

Por ejemplo, en los datos de ultrasonidos ilustrados en la figura 9, aunque los ecos de fondo de los defectos 31 y 32 son pequeños, dado que se usa el umbral L2 pequeño para detectar los ecos de fondo en tales defectos 31 y 32, incluso los defectos 31 y 32 que no pueden detectarse con el umbral L1 grande como la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz ilustrada en la figura 11(b), se detectan los defectos 31 y 32 en las zonas E31 y E32 correspondientes a los defectos 31 y 32, respectivamente, como la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz ilustrada en la figura 11(d). Los defectos 31 y 32 son defectos artificiales de forma redondeada que tienen un diámetro de 6 milímetros y 4 milímetros, respectivamente, con una profundidad del 5 por ciento formados mediante mecanizado por descarga eléctrica. Además, aunque hay una porción en la que la altura de eco del eco de fondo está moderadamente elevada en una porción de sonido ilustrada en la figura 9, no se encuentra un cambio grande en la porción de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz correspondiente a la porción de sonido, tal como se ilustra en la figura 11, y por tanto no se determina como defecto.

Cuarta realización

En las realizaciones segunda y tercera anteriores, se toma la conjunción lógica de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y la altura de eco para realizar la detección de defectos. Dependiendo de la influencia de un defecto de mella o un defecto en una forma solapada que surge en la superficie interna de la tubería 1 de acero, puede haber un caso en el que el defecto no puede detectarse aunque se aplique el método en las realizaciones segunda o tercera. Por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 12, cuando está presente un defecto BW1 en forma solapada tal como una marca de solapamiento y un defecto de gripado en la superficie interna de la tubería 1 de acero, ha habido casos de no determinarse como defecto aunque se tome la conjunción lógica de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz y la altura de eco porque la posición en la que la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA, y la posición en la que el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC o DC2, están ligeramente desviadas una con respecto a la otra. Específicamente, en la figura 12, en el lado de punta del defecto BW1 en forma solapada que se irradia con un haz SB1 de ultrasonidos, la superficie del mismo está inclinada, y por tanto la altura de eco disminuye. Mientras tanto, en el lado de porción de base del defecto BW1 en forma solapada que se irradia con un haz SB3 de ultrasonidos, el

grosor de pared de la tubería 1 de acero cambia drásticamente, y por tanto la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz aumenta. Más específicamente, dado que la posición en la que la altura de eco es igual al, o menor que el, umbral DA (posición irradiada con el haz SB1 de ultrasonidos) y la posición en la que el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC o DC2 (posición irradiada con el haz SB3 de ultrasonidos) son diferentes, puede haber un caso en el que el defecto BW1 en forma solapada no puede detectarse como defecto dado que no se cumple la condición de detección de defectos.

Por consiguiente, en una cuarta realización, cuando el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC o DC2 en el procedimiento realizado en las realizaciones segunda y tercera, se tienen en cuenta las alturas de eco dentro de un intervalo de búsqueda, que está preestablecido con la posición de esta detección como punto de referencia, para realizar la detección de defectos.

Con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la figura 13, a continuación se describe el procedimiento para un procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos realizado por el procesador 10 en la cuarta realización. El controlador 15, al igual que el de la segunda realización, adquiere en primer lugar datos de ultrasonidos (datos de presentación de tipo B) de una sección designada recibida a partir del convertidor 4 A/D, y los almacena en la memoria 11 de onda en secuencia (etapa S401).

Después, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la tercera realización, analiza el nivel de ruido a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S402). La unidad 12 de análisis de señal determina adicionalmente el umbral para detectar ecos de fondo basándose en el nivel de ruido analizado (etapa S403). Después, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la segunda realización, calcula las alturas de eco de los ecos EB de fondo en la sección designada a partir de los datos de ultrasonidos almacenados en la memoria 11 de onda (etapa S404). Además, la unidad 12 de análisis de señal, al igual que la de la segunda realización, calcula las longitudes de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S405, y calcula las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz en la sección designada en la etapa S406.

Después, el detector 13 de defectos, al igual que el de la segunda realización, determina si hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y las alturas de eco dentro de un intervalo W de búsqueda preestablecido con la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz que es igual al, o mayor que el, umbral DC2 como punto de referencia son iguales al, o menores que el, umbral DA (etapa S407). Cuando no se realiza el procedimiento de análisis del nivel de ruido en la etapa S402 al igual que el de la segunda realización, el detector 13 de defectos determina, en la etapa S407, si hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC y las alturas de eco dentro del intervalo W de búsqueda preestablecido con la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz que es igual al, o mayor que el, umbral DC como punto de referencia son iguales al, o menores que el, umbral DA.

Si el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y las alturas de eco dentro del intervalo W de búsqueda preestablecido con la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz que es igual al, o mayor que el, umbral DC2 como punto de referencia son iguales al, o menores que el, umbral DA, está presente (Sí en la etapa S407), el detector 13 de defectos determina que está presente un defecto en el punto (ubicación) en el que se cumple esta condición (etapa S408). Mientras tanto, cuando el punto en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y las alturas de eco dentro del intervalo W de búsqueda preestablecido con la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz que es igual al, o mayor que el, umbral DC2 como punto de referencia son iguales al, o menores que el, umbral DA, no está presente (No en la etapa S407), el detector 13 de defectos determina que no está presente ningún defecto en la sección designada (etapa S409).

Después, el detector 13 de defectos determina si está presente una sección designada posterior (etapa S410). Si está presente una sección designada posterior (Sí en la etapa S410), el detector 13 de defectos vuelve al procedimiento en la etapa S401 para realizar el procedimiento anteriormente descrito en la sección designada posterior, y si no está presente una sección designada posterior (No en la etapa S410), el detector 13 de defectos termina el presente procedimiento.

La figura 14 incluye diagramas que ilustran un ejemplo de detección de defectos al que se aplicó la cuarta realización. En la figura 14, el eje de las abscisas representa números de forma de onda en el orden de exploración. Aunque la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz ilustrada en la figura 14(b) es igual al, o mayor que el, umbral DC2 en el número de forma de onda 371, la altura de eco en el número de forma de onda 371 ilustrada en la figura 14(a) no es igual al, o menor que el, umbral DA, y por tanto cuando se aplican las realizaciones segunda o tercera anteriores, no se detecta como defecto. Además, aunque la altura de eco ilustrada en la figura 14(a) es igual al, o menor que el, umbral DA en el número de forma de onda 370, la tasa de cambio de longitud de trayectoria de

haz ilustrada en la figura 14(b) en el número de forma de onda 370 no es igual al, o mayor que el, umbral DC2, y por tanto no se detecta como defecto. En cambio, en la cuarta realización, con el número de forma de onda 371 para el que la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2, como referencia y dos puntos antes y después del punto de referencia en la dirección de exploración, más específicamente, un total de cinco puntos como intervalo W de búsqueda preestablecido, se busca la altura de eco. Como resultado, las alturas de eco de los números de forma de onda 370 y 369 son iguales al, o menores que el, umbral DA, y por tanto se determina que está presente un defecto en el número de forma de onda 371.

En la cuarta realización, se determina que está presente un defecto cuando hay un punto presente en el que la longitud de trayectoria de haz es igual al, o menor que el, umbral DB, o el valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz es igual al, o mayor que el, umbral DC2 y las alturas de eco dentro del intervalo W de búsqueda preestablecido con la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz que es igual al, o mayor que el, umbral DC o DC2 como punto de referencia son iguales al, o menores que el, umbral DA. Por tanto, puede detectarse con alta precisión un defecto tal como un defecto en una forma solapada, que puede provocar que difieran ligeramente, que la posición de la altura de eco sea igual al, o menor que el, umbral DA y la posición del valor absoluto de la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz sea igual al, o mayor que el, umbral DC o el umbral DC2.

Primera modificación

Aunque la unidad 12 de análisis de señal calcula la tasa de cambio de longitud de trayectoria de haz mediante la expresión 1 en las realizaciones primera a cuarta anteriores, no se limita a esto. Por ejemplo, suponiendo que las longitudes de trayectoria de haz en la sección designada son una señal unidimensional, la señal unidimensional se filtra a través de un filtro de paso bajo para obtener una señal retirada en la que se retiran cambios inclinados, y el resultado de restar la señal retirada a partir de la señal unidimensional (longitudes de trayectoria de haz) puede calcularse como las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz. Además, puede usarse un filtro de paso alto en lugar del filtro de paso bajo. En este caso, la señal filtrada a través del propio filtro de paso alto se calcula como las tasas de cambio de longitud de trayectoria de haz.

Segunda modificación

En una segunda modificación, los métodos de detección de defectos por ultrasonidos ilustrados en las realizaciones primera a cuarta anteriores se aplican a un método de fabricación de tuberías metálicas tales como la tubería 1 de acero. Por ejemplo, los métodos de detección de defectos por ultrasonidos se aplican en un procedimiento de inspección en el método de fabricación de tubos de acero sin costuras (tuberías de acero sin costuras) ilustrado en la figura 15. En cuanto a los tubos de acero sin costuras, por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 15, en primer lugar se calientan planchas de acero redondas tales como palanquillas como materiales en un horno de solera rotatorio (procedimiento de calentamiento: ST1), y después se conforman para dar un material de tubo hueco mediante un elemento de perforación (procedimiento de perforación: ST2). Después se lamina el material de tubo hueco mediante un molino de mandril para reducir el diámetro externo y el grosor del mismo, y se conforma para dar un material de tubo alargado (procedimiento de laminado: ST3). Después se recalienta el material de tubo alargado en un horno de recalentamiento (procedimiento de recalentamiento: ST4) y se conforma para dar una dimensión de acabado mediante un elemento de reducción por estiramiento, y después de pasar a través de enfriamiento, enderezado y corte, se completa el laminado en caliente (procedimiento de conformado: ST5). Después de eso, mediante un procedimiento de refinado (ST6) y un procedimiento de inspección (ST7), se obtienen tubos de acero sin costuras que son los productos acabados finales. En el procedimiento de inspección, se realizan una inspección visual, una inspección de grosor de pared, una inspección de defectos y otras, y en la inspección de defectos, se aplican los métodos de detección de defectos por ultrasonidos comentados en las realizaciones primera a cuarta anteriores.

Tercera modificación

Aunque el procedimiento de detección de defectos debe realizarse después de adquirirse los datos de ultrasonidos para cada sección designada de, por ejemplo, 500 milímetros, en las realizaciones primera a cuarta anteriores, no se limita a esto. Por ejemplo, realizando el procedimiento de detección de defectos en un número dado de datos de ultrasonidos, por ejemplo, los datos de ultrasonidos de cada cinco puntos consecutivos en la dirección de exploración, puede realizarse un procedimiento de detección casi en tiempo real. En este caso, la detección de defectos puede realizarse cada vez que se adquieren los datos de ultrasonidos para cinco puntos usando los datos de ultrasonidos de los cinco puntos, o la detección de defectos puede realizarse cada vez que se adquieren los datos de ultrasonidos para un punto usando los datos de ultrasonidos para cinco puntos desplazados en un punto.

Los elementos constituyentes respectivos en las realizaciones primera a cuarta y las modificaciones primera a tercera anteriores pueden combinarse según resulte apropiado.

Lista de signos de referencia

ES 2 785 074 T3

	1	tubería de acero
	2	sonda de ultrasonidos
5	3	controlador de ultrasonidos
	4	convertidor A/D
10	10	procesador
	11	memoria de onda
	12	unidad de análisis de señal
15	13	detector de defectos
	14	unidad de entrada/salida
20	15	controlador
	ES	eco de superficie
	EB	eco de fondo
25	S	superficie externa
	B	superficie interna
30	BW, 31, 32	defecto
	DA, DB, DC, DC2, L1, L2	umbral
	LN	nivel de ruido

REIVINDICACIONES

1. Método de detección de defectos por ultrasonidos para detectar un defecto (BW) en una superficie (B) interna de una tubería (1) metálica usando ondas de ultrasonidos, comprendiendo el método de detección de defectos por ultrasonidos:

una etapa de contención de forma de onda (S101) para adquirir y contener datos de forma de onda de una señal de eco cuando una sonda (2) de ultrasonidos que genera señales de ultrasonidos hacia la superficie (B) interna y la tubería (1) metálica se mueven una con respecto a la otra;

una etapa de análisis de señal (S102, S103) para calcular una longitud de trayectoria hasta recibir una señal de eco a partir de la superficie (B) interna y una tasa de cambio de la longitud de trayectoria basándose en los datos de forma de onda contenidos, en el que la longitud de trayectoria de haz se obtiene desde un momento en el que se recibe un eco de superficie reflejado a partir de una superficie (S) externa de dicha tubería (1) metálica hasta que se recibe un eco de fondo reflejado a partir de dicha superficie (B) interna, y en el que la tasa de cambio de la longitud de trayectoria es con respecto a una cantidad de dicho movimiento relativo de dicha sonda (2) de ultrasonidos y dicha tubería (1) metálica; y

una etapa de detección de defectos (S105) para detectar un defecto (BW) en la superficie (B) interna basándose en la longitud de trayectoria y la tasa de cambio de la longitud de trayectoria,

en el que la etapa de análisis de señal calcula además una altura de la señal de eco a partir de la superficie (B) interna basándose en los datos de forma de onda contenidos, y

en el que la etapa de detección de defectos (S105) determina que está presente un defecto (BW) en una porción que cumple una primera condición en la que la longitud de trayectoria es igual a, o menor que, un umbral (DB) de longitud de trayectoria dado, con respecto a una porción que no cumple la primera condición, la etapa de detección de defectos determina que está presente un defecto en la porción que no cumple la primera condición cuando la porción que no cumple la primera condición cumple una segunda condición en la que la tasa de cambio de la longitud de trayectoria es igual a, o mayor que, un umbral (DC2) de tasa de cambio de longitud de trayectoria dado y la altura de la señal de eco a partir de la superficie interna dentro de un intervalo (W) de búsqueda preestablecido con respecto a una posición de la tasa de cambio de la longitud de trayectoria que es igual al, o mayor que el, umbral (DC2) de tasa de cambio de longitud de trayectoria dado como posición de referencia es igual a, o menor que, un umbral (DA, S407) de altura dado, y la etapa de detección de defectos (BW) determina que no está presente ningún defecto (BW) en una porción que no cumple ninguna de las condiciones primera y segunda.

2. Método de detección de defectos por ultrasonidos según la reivindicación 1, en el que la etapa de análisis de señal analiza un nivel de ruido de componentes de ruido en una porción en la que no está presente ninguna señal de eco basándose en los datos de forma de onda contenidos, determina un umbral para detectar una señal de eco basándose en el resultado de análisis, y detecta la señal de eco basándose en el umbral determinado para calcular la longitud de trayectoria.

3. Aparato de detección de defectos por ultrasonidos para detectar un defecto (BW) en una superficie (B) interna de una tubería (1) metálica usando ondas de ultrasonidos, comprendiendo el aparato de detección de defectos por ultrasonidos:

una unidad (11) de contención de forma de onda que adquiere y contiene datos de forma de onda de una señal de eco cuando una sonda de ultrasonidos que genera señales de ultrasonidos hacia la superficie interna y la tubería (1) metálica se mueven una con respecto a la otra;

una unidad (12) de análisis de señal que calcula una longitud de trayectoria hasta recibir una señal de eco a partir de la superficie (B) interna y una tasa de cambio de la longitud de trayectoria basándose en los datos de forma de onda contenidos, en el que la longitud de trayectoria de haz se obtiene desde un momento en el que se recibe un eco de superficie reflejado a partir de una superficie (S) externa de dicha tubería (1) metálica hasta que se recibe un eco de fondo reflejado a partir de dicha superficie (B) interna, y en el que la tasa de cambio de la longitud de trayectoria es con respecto a una cantidad de dicho movimiento relativo de dicha sonda (2) de ultrasonidos y dicha tubería (1) metálica; y

una unidad (13) de detección de defectos que detecta un defecto (BW) en la superficie (B) interna basándose en la longitud de trayectoria y la tasa de cambio de la longitud de trayectoria,

en el que la unidad (12) de análisis de señal calcula además una altura de la señal de eco a partir de la superficie (B) interna basándose en los datos de forma de onda contenidos, y

- 5 en el que la unidad (13) de detección de defectos determina que está presente un defecto (BW) en una porción que cumple una primera condición en la que la longitud de trayectoria es igual a, o menor que, un umbral (DB) de longitud de trayectoria dado, con respecto a una porción que no cumple la primera condición, determinando la unidad (13) de detección de defectos que está presente un defecto en la porción que no cumple la primera condición cuando la porción que no cumple la primera condición cumple una segunda condición en la que la tasa de cambio de la longitud de trayectoria es igual a, o mayor que, un umbral (DC2) de tasa de cambio de longitud de trayectoria dado y la altura de la señal de eco a partir de la superficie interna dentro de un intervalo (W) de búsqueda preestablecido con respecto a una posición de la tasa de cambio de la longitud de trayectoria que es igual al, o mayor que el, umbral (DC2) de tasa de cambio de longitud de trayectoria dado como posición de referencia es igual a, o menor que, un umbral de altura dado (DA), y la unidad (13) de detección de defectos determina que no está presente ningún defecto (BW) en una porción que no cumple ninguna de las condiciones primera y segunda.
- 10
- 15 4. Aparato de detección de defectos por ultrasonidos según la reivindicación 3, en el que la unidad de análisis de señal analiza un nivel de ruido de componentes de ruido en una porción en la que no está presente ninguna señal de eco basándose en los datos de forma de onda contenidos, determina un umbral para detectar una señal de eco basándose en el resultado de análisis, y detecta la señal de eco basándose en el umbral determinado para calcular la longitud de trayectoria.
- 20 5. Método de fabricación de tuberías metálicas en el que se realiza al menos un procedimiento de calentamiento, un procedimiento de perforación, un procedimiento de laminado, un procedimiento de recalentamiento, un procedimiento de conformado y un procedimiento de inspección en un material metálico para fabricar una tubería (1) metálica, en el que el procedimiento de inspección comprende un método de detección de defectos por ultrasonidos según las reivindicaciones 1 ó 2.
- 25

FIG.1

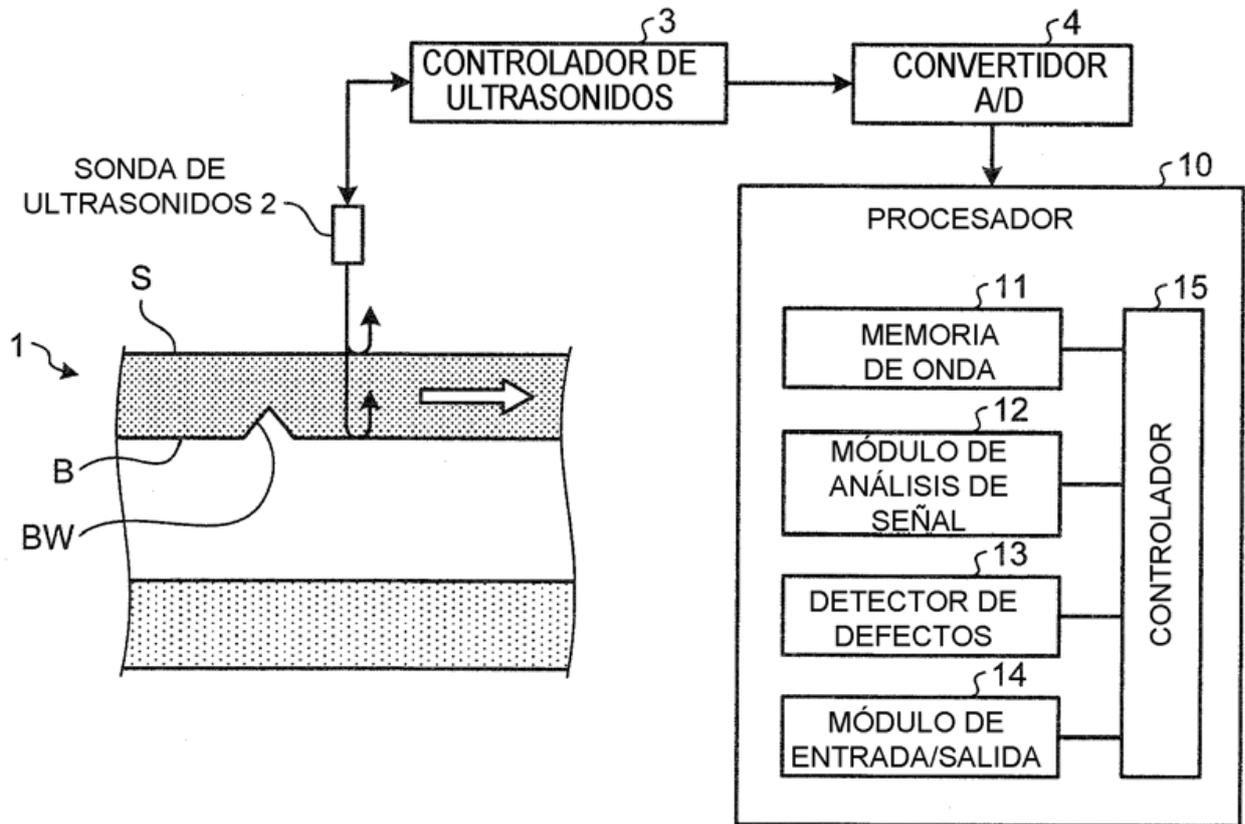


FIG.2

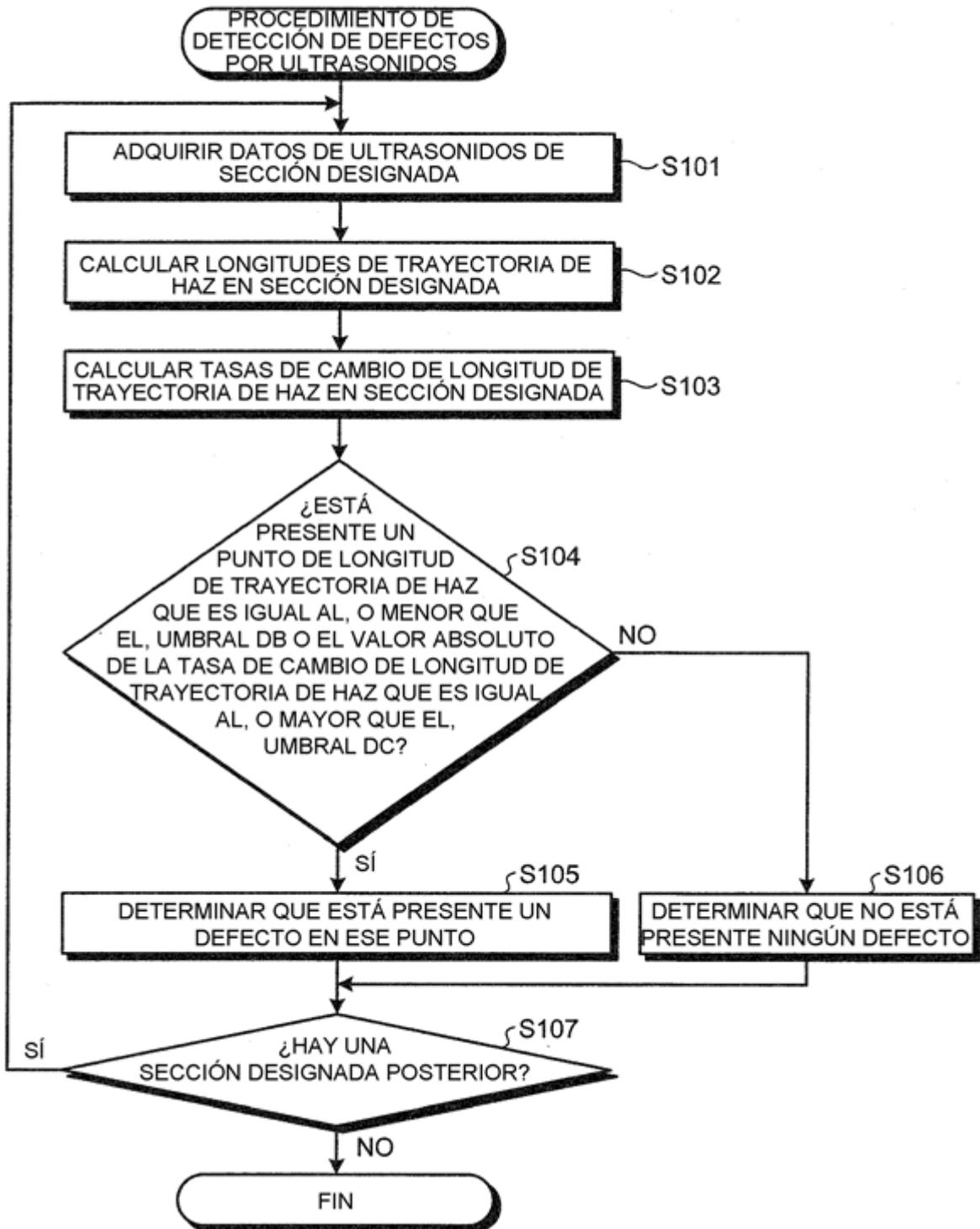


FIG.3

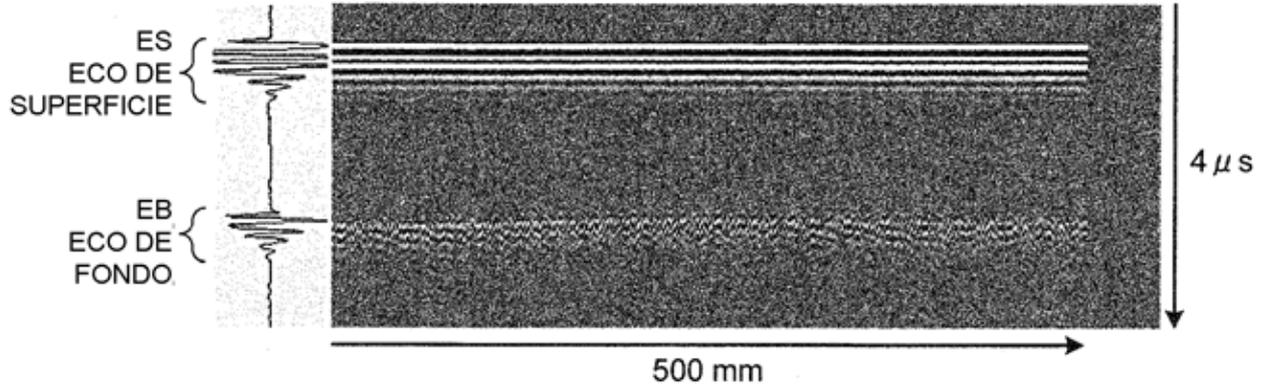
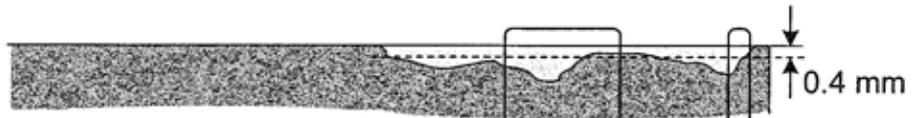


FIG.4

(a) VISTA EN PLANTA



(b) VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL



(c) ALTURA DE ECO (%)

(d) LONGITUD DE TRAYECTORIA DE HAZ (mm)

(e) TASA DE CAMBIO DE LONGITUD DE TRAYECTORIA DE HAZ (mm/mm)

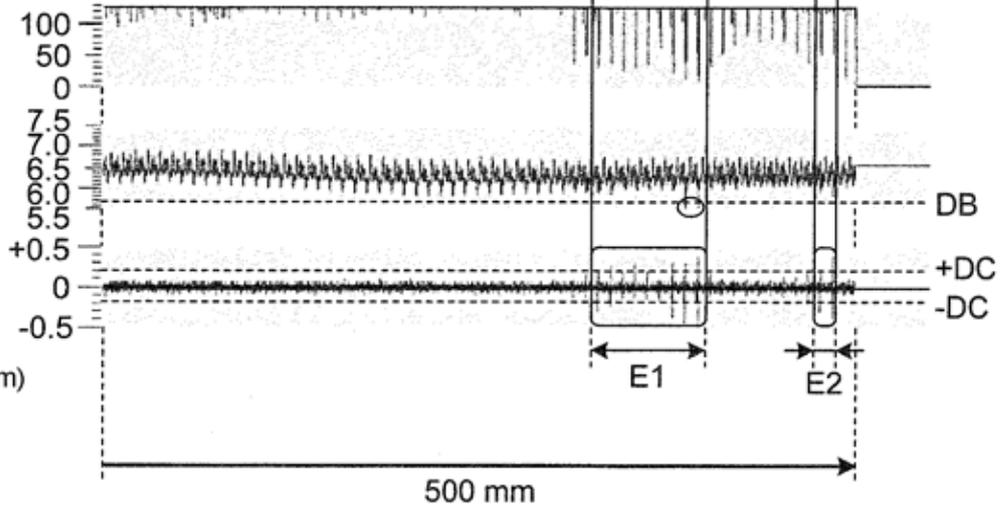


FIG.5

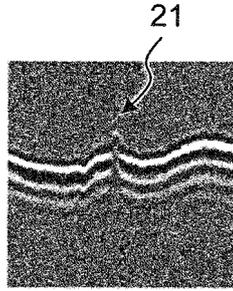


FIG.6

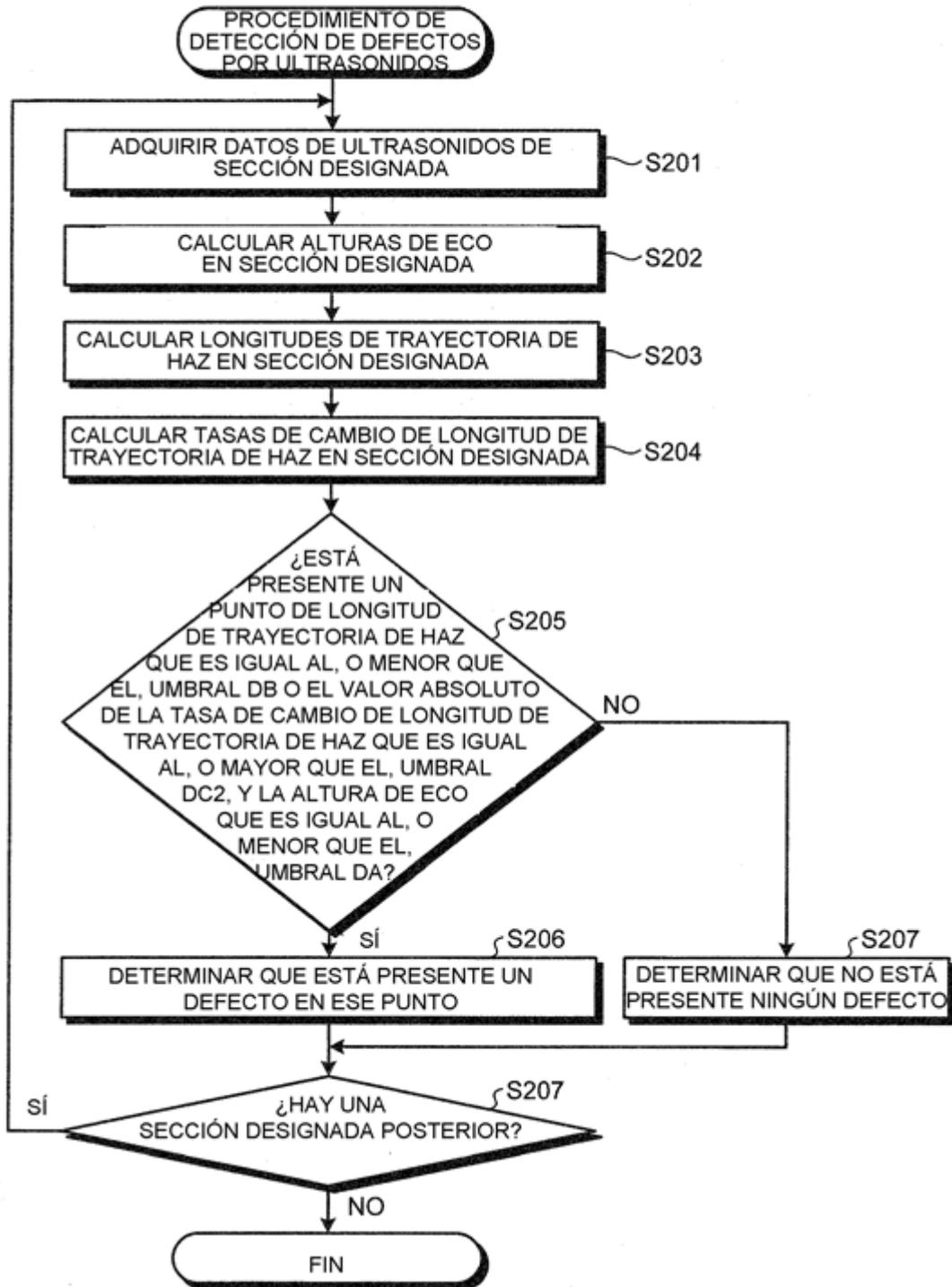
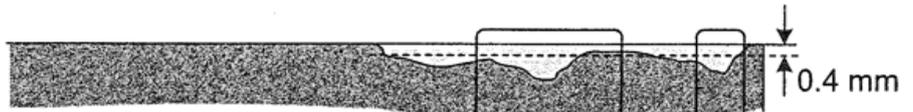


FIG.7

(a) VISTA EN PLANTA



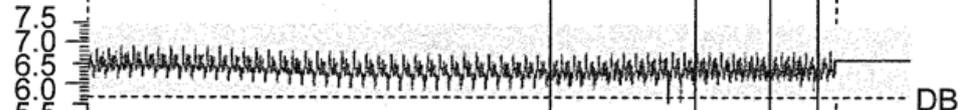
(b) VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL



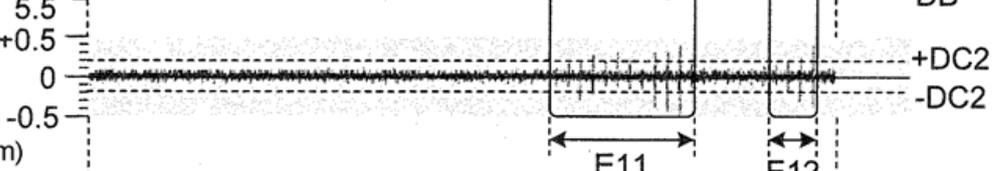
(c) ALTURA DE ECO (%)



(d) LONGITUD DE TRAYECTORIA DE HAZ (mm)



(e) TASA DE CAMBIO DE LONGITUD DE TRAYECTORIA DE HAZ (mm/mm)



E11 E12

500 mm

FIG.8

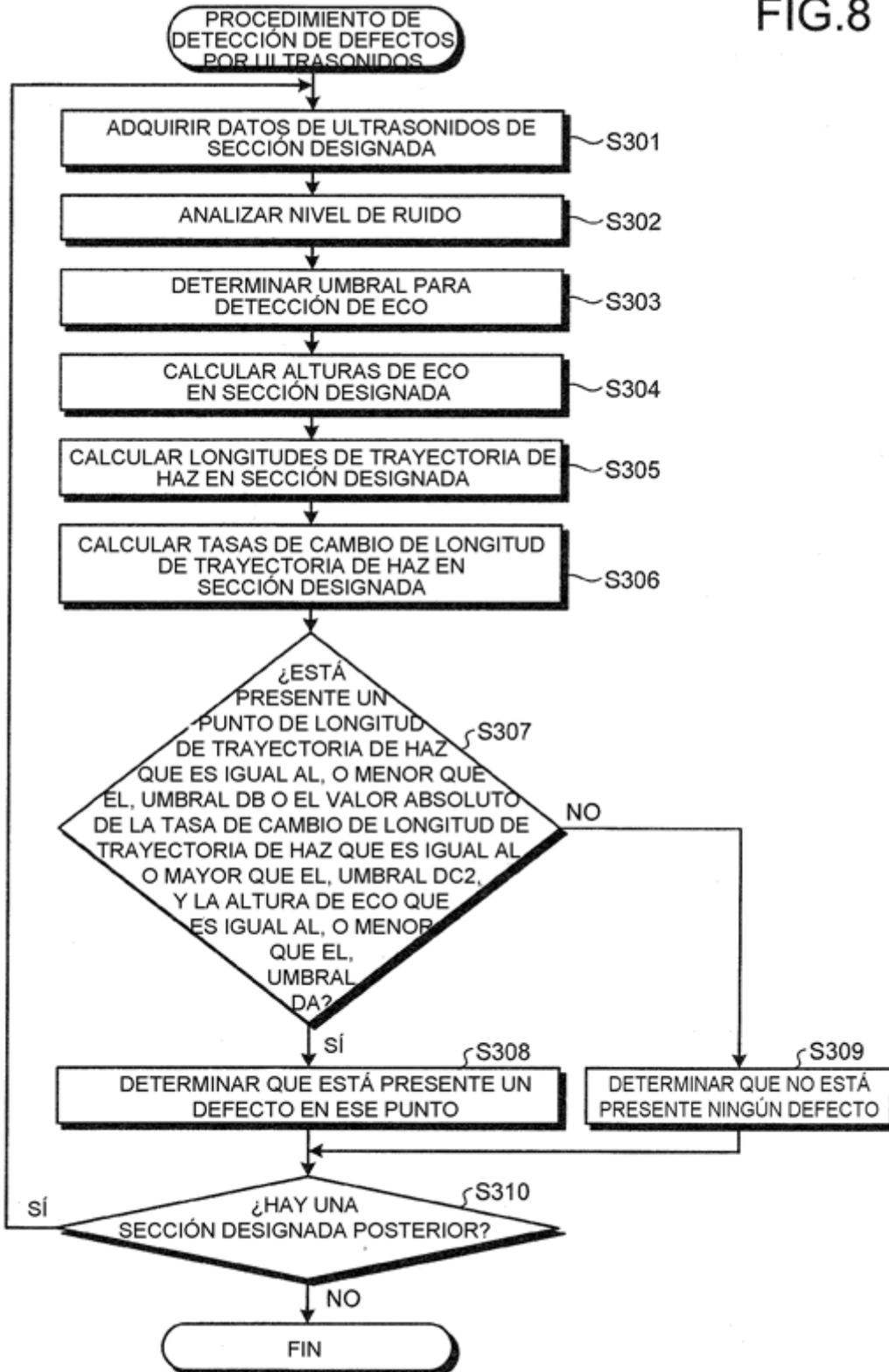


FIG.9

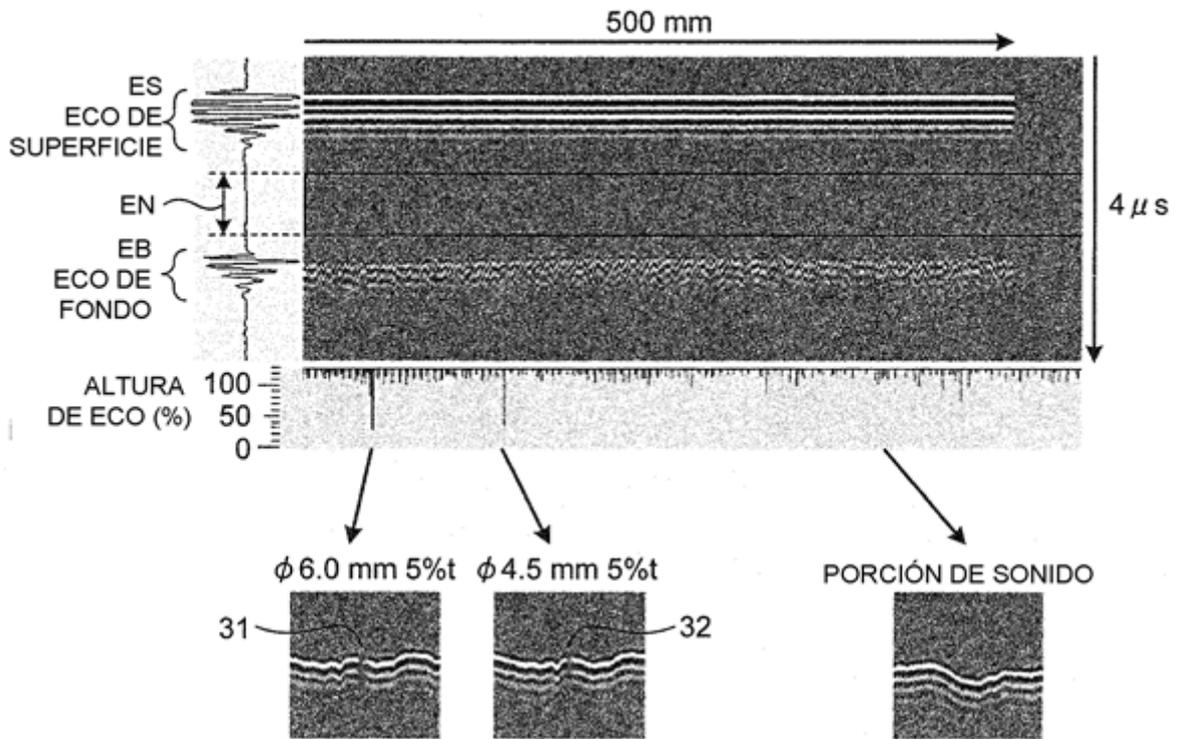


FIG.10

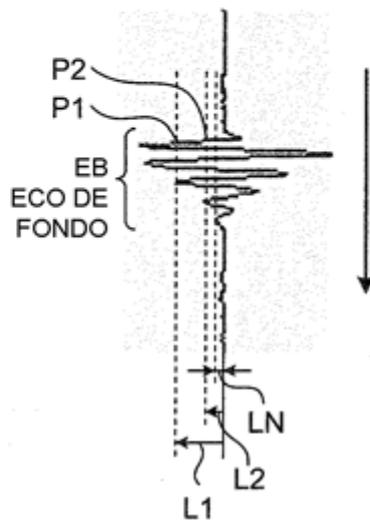


FIG.11

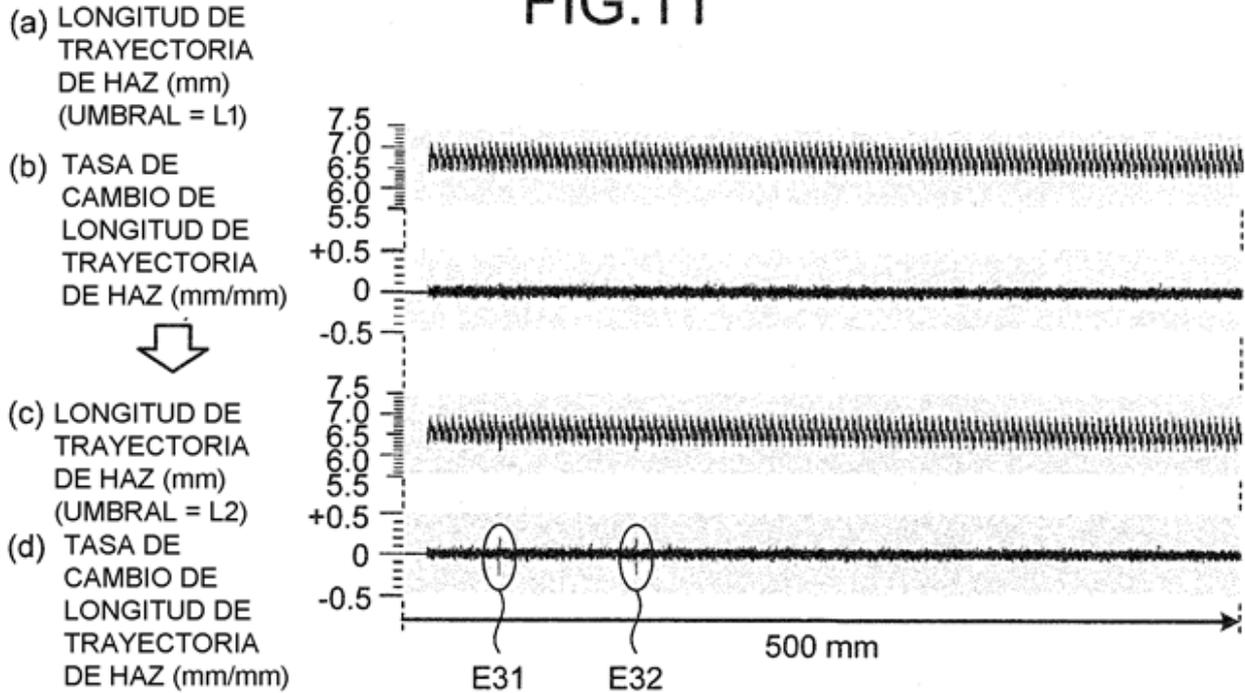


FIG.12

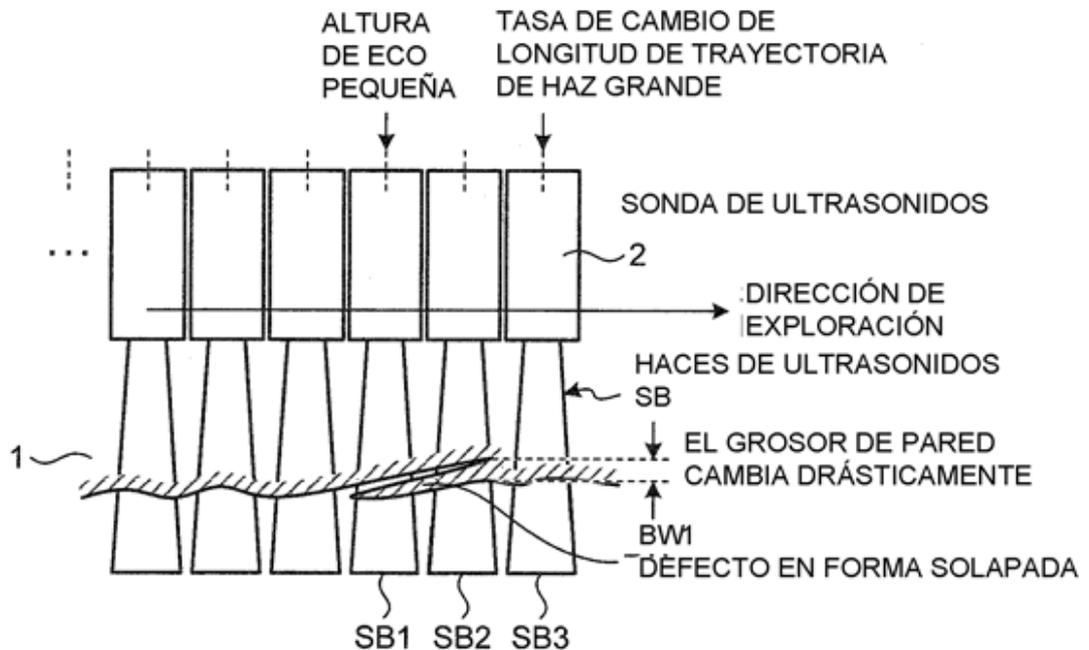


FIG.13

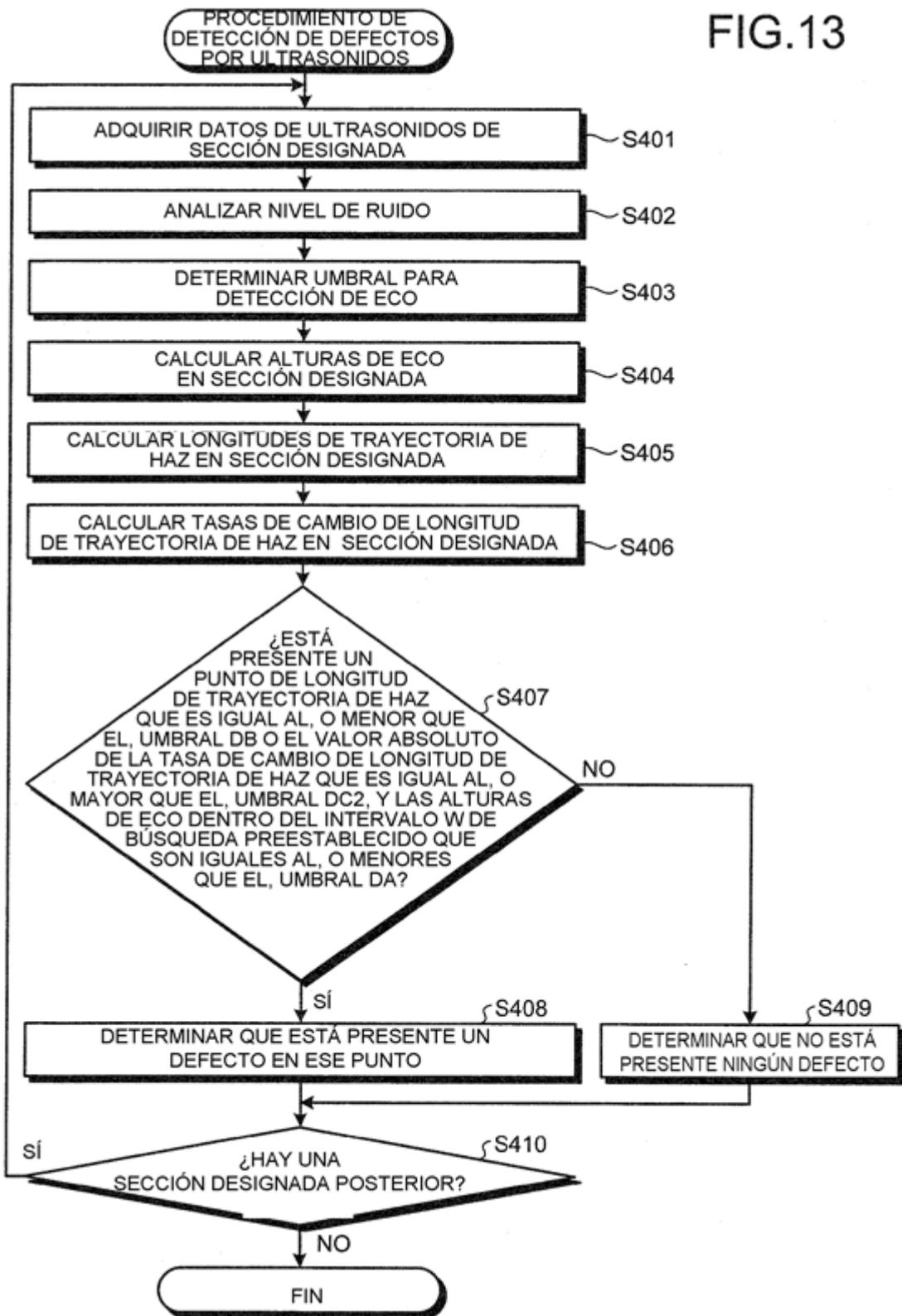


FIG.14

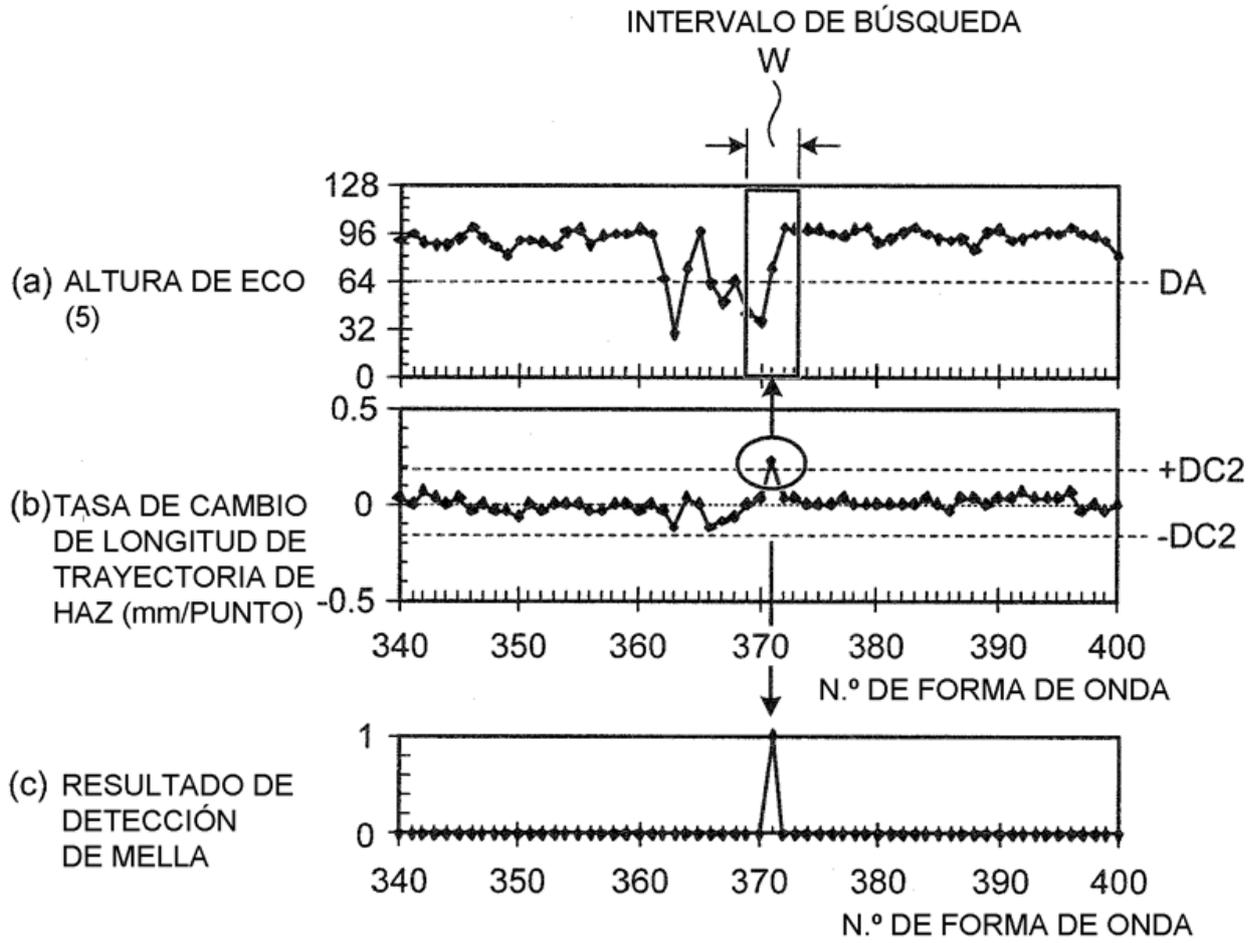


FIG.15

