

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 996**

51 Int. Cl.:

G01B 17/02 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2011** **E 11832525 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016** **EP 2629051**

54 Título: **Dispositivo y método de medición de espesores**

30 Prioridad:

12.10.2010 JP 2010229943

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

08.04.2016

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (100.0%)
1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku
Tokyo 105-8001, JP

72 Inventor/es:

KURODA, HIDEHIKO;
YAMASHITA, YOSHIHIRO y
SUMITA, AKIO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 565 996 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

Dispositivo y método de medición de espesores

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato de medición de espesores y un método del mismo, que transmite y recibe una onda ultrasónica hacia y desde un objeto a inspeccionar, y mide un espesor del objeto a inspeccionar.

10 Antecedentes de la técnica

En general, en una planta, cada clase de una gran diversidad de tuberías es complicada de instalar. Una técnica de medición de espesores mediante el uso de una onda ultrasónica se conoce bien como una técnica de medición de espesores de estas tuberías. Por ejemplo, en el documento de patente 1 se desvela un aparato de inspección de tuberías provisto de una sonda de ondas ultrasónicas con una superficie exterior de una tubería cubierta con un material de aislamiento térmico. En el aparato de inspección de tuberías, puesto que un dispositivo de inspección está siempre unido al hueco entre la tubería y el material de aislamiento térmico, no es necesario quitar el material de aislamiento térmico de la tubería. Además, el aparato de inspección de tuberías puede usarse para inspeccionar la tubería instalada en la planta incluso en un estado de accionamiento (de trabajo) de la planta.

20 Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

25 Documento de patente 1: solicitud de patente abierta a inspección pública de patente japonesa n.º 11-160295 (JP-A-11-160295).

Descripción de la invención

30 Problemas a resolver por la invención

Si el dispositivo de inspección está unido en la posición entre la tubería y el material de aislamiento térmico, es necesario el trabajo de quitar el material de aislamiento térmico de la tubería antes de una medición de espesor y cubrir la tubería con el material de aislamiento térmico después de la medición de espesor. Mientras tanto, en el aparato de inspección de tuberías desvelado en el documento de patente 1, como el dispositivo de inspección siempre está unido en el hueco entre la tubería y el material de aislamiento térmico, el aparato de inspección de tuberías elimina el trabajo de quitar el material de aislamiento térmico de la tubería y cubrir la tubería con el material de aislamiento térmico. Por lo tanto, el aparato de inspección de tuberías es eficaz.

40 El documento JP-06347249 describe un aparato de medición de espesores que comprende un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas que recibe y transmite una onda ultrasónica desde/hacia una pared de una tubería a inspeccionar, cubierta con un material de aislamiento térmico.

Sin embargo, en el caso en el que el dispositivo de inspección está siempre unido para la medición de espesor de la tubería, puesto que una zona en el material de aislamiento térmico alcanza una alta temperatura, cabe la posibilidad de que se produzca un deterioro por calor del dispositivo de inspección. Si se produce el deterioro por calor del dispositivo de inspección, existe el inconveniente de que el dispositivo de inspección no puede mantener una medición precisa.

50 Teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato de medición de espesores y el método del mismo, que puede medir un espesor de un objeto a inspeccionar con la estabilidad de sensibilidad y la exactitud (precisión) requeridas.

Medios para resolver el problema

55 Los objetivos mencionados anteriormente pueden lograrse de acuerdo con la presente invención con un aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1.

Efecto de la invención

60 El aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención puede medir el espesor del objeto a inspeccionar.

Breve descripción de los dibujos

65 La figura 1 es una vista de configuración que ilustra una primera realización del aparato de medición de

espesores de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 es una vista explicativa que ilustra un ejemplo de forma de onda de recepción de una onda ultrasónica visualizada en un circuito de visualización;

5 La figura 3 es una vista de configuración que ilustra una segunda realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención;

La figura 4 es una vista de configuración que ilustra una tercera realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención; y

La figura 5 es una vista de configuración que ilustra otro ejemplo de la tercera realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención.

10

Realización para llevar a cabo la invención

En lo sucesivo en el presente documento, se describirá la primera, segunda y tercera realización de un aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

15

En cada realización, se explicará una tubería interna-externa o una tubería enterrada (tubería subterránea) instalada en una planta que es un ejemplo de un objeto a inspeccionar del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención. Cabe la posibilidad de que una corrosión acelerada por flujo (FAC) o una erosión por impacto de gotitas de líquido (LDI) provoque un desgaste de la tubería en una superficie interior de la tubería. Puesto que el

20

desgaste de la tubería es una causa de mantenimiento y trabajo de reparación no planificados, en la planta, si el desgaste de la tubería se produce o no es uno de los elementos de inspección importantes.

Con el fin de aumentar (mejorar) la eficiencia térmica evitando una pérdida de calor, la tubería a inspeccionar se cubre con el material de aislamiento térmico. El material de aislamiento térmico es, por ejemplo, un silicato de calcio, un material fibroso tal como una fibra de metal o similares. El material de aislamiento térmico se cubre con una

25

cubierta de material de aislamiento térmico.

Cabe señalar que el objeto a inspeccionar incluye una estructura de planta o similar, así como la tubería.

30

[Primera realización]

La figura 1 es una vista de configuración que ilustra la primera realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención.

35

El aparato de medición de espesores 1 incluye un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, un dispositivo de soporte 11, una placa de calibración 12, un dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13, un dispositivo de aislamiento térmico 15, un dispositivo de entrada-salida (que en lo sucesivo en el presente documento se denominará dispositivo de E/S) 16, un dispositivo de control 17 y un dispositivo de cálculo de espesores 18. En la figura 1, la tubería a inspeccionar 2 y el material de aislamiento térmico

40

3, respectivamente, se ilustran como una vista en sección transversal.

El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 es un transductor acústico electromagnético (EMAT), que es una sonda de ondas ultrasónicas de un tipo electromagnético. El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 genera una onda ultrasónica por medio de una bobina y un imán, emite la onda ultrasónica a la tubería a inspeccionar 2 y recibe una onda de reflexión reflejada desde una superficie interior de la tubería a inspeccionar 2. En concreto, en el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, una corriente de alta frecuencia que fluye en la bobina del mismo induce una corriente de Foucault en la superficie de tubería. Debido a la fuerza de Lorentz generada a partir de la corriente de Foucault inducida y un campo magnético, se genera la onda ultrasónica en una pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2. Además, en el caso el que la onda ultrasónica pasa a través del campo magnético en la pared de tubería, por el contrario, ya que la onda ultrasónica induce una corriente en la bobina, se detecta la onda ultrasónica.

45

50

El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 no necesita un catalizador de contacto y, por lo tanto, evita someterse a la influencia, tal como un estado de unión y un cambio por envejecimiento, del catalizador de contacto, siendo el estado de unión y el cambio por envejecimiento una de las causas del cambio de sensibilidad de la sonda de ondas ultrasónicas general, un estado de superficie de la tubería a inspeccionar 2 o similares. De este modo, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 alcanza una alta estabilidad de la sensibilidad. Además, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 puede recibir y transmitir la onda ultrasónica de una onda longitudinal o una onda transversal de acuerdo con una disposición de la bobina y el imán.

55

60

El dispositivo de soporte 11 soporta el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 desde la superficie exterior de tubería y mantiene un hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y la superficie exterior de tubería. El dispositivo de soporte 11 está configurado por un material tal como el acero que tiene poca influencia por alta temperatura o irradiación.

65

En caso de que el material de aislamiento térmico 3 sea el silicato de calcio, el dispositivo de soporte 11 se fija a una parte cortada que se forma de una manera similar a una forma exterior del dispositivo de soporte 11. Incluso en caso de que el material de aislamiento térmico 3 sea el material fibroso, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 se atrae magnéticamente hacia la tubería a inspeccionar 2 por una operación del imán y se fija de este modo a la tubería a inspeccionar 2. Puesto que el dispositivo de soporte 11 no necesita unirse a la tubería a inspeccionar 2 por medios de unión tales como la adherencia, es fácil unir de manera desmontable el dispositivo de soporte 11 a la tubería a inspeccionar 2.

La placa de calibración 12 es un acero cuyo espesor está predeterminado y es mayor que el espesor (longitud) de una zona muerta del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10. La placa de calibración 12 está configurada por un material tal como el acero que tiene poca influencia por alta temperatura o irradiación, material que es un material similar al del dispositivo de soporte 11. La placa de calibración 12 se coloca en el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y la superficie exterior de tubería, y se usa para calibrar cada tipo de valor establecido del aparato de medición de espesores 1 o un método de determinación de la onda de reflexión.

El dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 es un mecanismo de accionamiento que mueve una posición de la placa de calibración 12 mediante una fuerza mecánica o una fuerza humana. El dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 mueve la placa de calibración 12 entre el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y la superficie exterior de tubería y una posición que es diferente del hueco.

El dispositivo de aislamiento térmico 15 se pone en contacto con una superficie exterior del material de aislamiento térmico 3 en un extremo y se pone en contacto con el dispositivo de soporte 11 en el otro extremo. El dispositivo de aislamiento térmico 15 está construido con un material de alta conductividad térmica como el cobre (Cu), la plata (Ag), el aluminio (Al), el oro (Au) o similares. El dispositivo de aislamiento térmico 15 irradia un calor que se conduce térmicamente desde el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 al dispositivo de soporte 11 hacia el exterior de la tubería a inspeccionar 2.

El dispositivo de E/S 16 es un conector para conectar el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 al dispositivo de control 17. El dispositivo de E/S 16 se proporciona en la superficie exterior del material de aislamiento térmico 3 y se conecta al dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10. El dispositivo de E/S 16 se proporciona en la superficie exterior del material de aislamiento térmico 3 y está configurado para que pueda unirse de manera desmontable con facilidad al material de aislamiento térmico 3.

El dispositivo de control 17 controla el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 a través del dispositivo de E/S 16. El dispositivo de control 17 incluye un circuito de generación de corriente 17a que genera la corriente de alta frecuencia y un circuito de detección de corriente 17b que detecta la corriente de alta frecuencia. El circuito de generación de corriente 17a genera la corriente de valor de corriente y anchura de tiempo (tiempo de duración de pulsos) predeterminados con un intervalo de tiempo predeterminado y transmite la corriente al dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10. El circuito de detección de corriente 17b amplifica la corriente transmitida desde el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, realiza un filtrado de frecuencia en la corriente, y detecta la corriente.

El dispositivo de cálculo de espesores 18 mide un tiempo de propagación de la onda de reflexión reflejada desde la superficie interior de la tubería a inspeccionar 2 y calcula el espesor de tubería de la tubería a inspeccionar 2. El dispositivo de cálculo de espesores 18 incluye un circuito de visualización 18a, un circuito de cálculo 18b, un circuito de memoria 18c.

El circuito de visualización 18a visualiza una forma de onda de recepción de la onda ultrasónica basándose en un valor de corriente detectado por el circuito de detección de corriente 17b. El circuito de visualización 18a es una pantalla analógica, tal como una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT), en la que se escanea una señal de medición en un tiempo de barrido predeterminado, o una pantalla digital en la que se visualiza una señal de cálculo convertida en un valor digital.

El circuito de cálculo 18b determina la onda de reflexión reflejada desde la superficie interior de la tubería a inspeccionar 2 y mide el tiempo de propagación de la onda de reflexión. De este modo, el circuito de cálculo 18b calcula el espesor de la tubería a inspeccionar 2. El circuito de cálculo 18b es un circuito analógico, un circuito digital, tal como una unidad de microprocesador (MPU), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA) o similar, un ordenador personal o similar. El espesor de tubería L puede calcularse a partir de la expresión (1) usando el tiempo de propagación t_L de la onda de reflexión.

[Expresión 1]

$$L = \frac{v \cdot t_L}{2} \dots \dots (1)$$

En el presente documento, “v” es la velocidad del sonido de la onda ultrasónica.

5 El circuito de memoria 18c se construye por una memoria tal como SRAM (memoria estática de acceso aleatorio), DRAM (memoria dinámica de acceso aleatorio), otra memoria semiconductora, un disco duro magnético o un medio de memoria óptica. El valor del espesor de tubería L como un dato digital se almacena en la memoria de circuito 18c.

10 A continuación, se describirán las operaciones del aparato de medición de espesores 1 como la primera realización del aparato de medición de espesores.

15 El dispositivo de control 17 establece una frecuencia y el número de transmisiones por segundo de la onda ultrasónica transmitida y recibida por el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10. El dispositivo de control 17 establece la frecuencia de la onda ultrasónica basándose en una anchura de tiempo de un valor de corriente. Por ejemplo, en el caso en el que se usa la onda ultrasónica cuya frecuencia es 2 MHz, la banda de tiempo del valor de corriente es 0,25 microsegundos (µs). El dispositivo de control 17 establece de manera arbitraria el número de transmisiones por segundo basándose en un intervalo de tiempo en el momento en el que se mide el espesor de tubería L. Por cierto, el dispositivo de control 17 ajusta correctamente el valor de corriente con el fin de que sea posible recibir la onda de reflexión del espesor de tubería, reflejada en la superficie interior de la tubería. Basándose en los valores descritos anteriormente, el dispositivo de control 17 transmite la corriente de alta frecuencia a través del dispositivo de E/S 16. De este modo, la onda ultrasónica se transmite al dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, que siempre está unido a la parte interior del material de aislamiento térmico 3.

30 En las proximidades de la superficie exterior de la pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2, la onda ultrasónica se genera y se propaga a la pared de tubería. Una parte de la onda ultrasónica propagada desde la superficie exterior se refleja en la superficie interior de la pared de tubería. En el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, la onda ultrasónica que regresa a la superficie exterior de la pared de tubería de la onda ultrasónica reflejada en la superficie interior de la pared de tubería se recibe como la corriente de alta frecuencia. La corriente de alta frecuencia se transmite al dispositivo de control 17 a través del dispositivo de E/S 16. Una parte de la onda ultrasónica que regresa a la superficie exterior de la pared de tubería se refleja de nuevo en la superficie exterior de la pared de tubería y, de este modo, se convierte en una onda de reflexión múltiple que se refleja repetidamente en la pared de tubería.

40 El dispositivo de control 17 preestablece una frecuencia de filtrado para seleccionar una frecuencia, de la onda ultrasónica, frecuencia a la que se preestablece y se detecta la corriente de alta frecuencia. En concreto, puesto que puede ajustarse una recepción de sensibilidad en función de un grado de amplificación, el dispositivo de control 17 ajusta el grado de amplificación con el fin de recibir la onda de reflexión que representa el espesor de tubería. El dispositivo de control 17 permite que el circuito de visualización 18a del dispositivo de cálculo de espesores 18 visualice la forma de onda de recepción de la onda ultrasónica detectada por el dispositivo de control 17.

45 La figura 2 es una vista explicativa que ilustra un ejemplo de forma de onda de recepción de la onda ultrasónica visualizada en el circuito de visualización 18a. En concreto, aunque en la figura 2 solo se ilustran ondas de reflexión múltiple en el tiempo de propagación de t₁ a t₃, en realidad, las ondas de reflexión múltiple también se producen después del tiempo de propagación t₃.

50 El dispositivo de cálculo de espesores 18 determina un eco medido, en primer lugar, en un tiempo o un eco de una máxima intensidad como el espesor de tubería. Puesto que un valor máximo, un valor mínimo, un valor umbral establecido o un tiempo de cruce por cero t₁ del eco se convierte en el tiempo de propagación t_L, el dispositivo de cálculo de espesores 18 calcula el espesor de tubería L usando la expresión 1.

55 Los ecos en el tiempo de propagación t₂ y t₃ son, respectivamente, ondas de reflexión múltiple reflejadas repetidamente en el interior de la pared de tubería. Puesto que el dispositivo de cálculo de espesores 18 mejora la precisión para determinar el tiempo de propagación t_L usando las expresiones (2) a (4), como resultado, el espesor de tubería L puede calcularse con una alta precisión.

[Expresión 2]

60

$$t_L = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N i} \dots\dots(2)$$

[Expresión 3]

$$t_L = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{t_i}{i}}{N} \dots\dots(3)$$

5

[Expresión 4]

$$t_L = \frac{\sum_{i=1}^N (t_{i+1} - t_i)}{N} \dots\dots(4)$$

10

El dispositivo de cálculo de espesores 18 obtiene un valor de medición del espesor de tubería L con intervalos de tiempo que están preestablecidos para la medición de espesores y lo almacena en el circuito de memoria 18c en secuencia. El dispositivo de cálculo de espesores 18 realiza una aproximación de funciones basándose en un historial de mediciones de los valores de medición almacenados en el circuito de memoria 18c y predice de este modo un cambio del espesor de tubería. El dispositivo de cálculo de espesores 18 selecciona adecuadamente una función para realizar la aproximación de funciones a partir de una función de potencia de un número, una exponencial, una logarítmica o una lineal. Si se prepara una base de datos que define una relación entre el espesor de tubería L y el historial de mediciones, el dispositivo de cálculo de espesores 18 puede predecir el espesor de tubería L, haciendo referencia a la base de datos.

20

A continuación, se describirán las operaciones de la placa de calibración 12 y el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 del aparato de medición de espesores 1.

25

En el aparato de medición de espesores 1, como el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 está siempre unido a la tubería a inspeccionar 2 y se usa para medir el espesor de tubería a largo plazo, es necesario comprobar la precisión de medición del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10. Por lo tanto, el aparato de medición de espesores 1 calibra la precisión de medición del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 usando la placa de calibración 12 y el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13.

30

El dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 se inserta (se coloca) en el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y la superficie exterior de la tubería a inspeccionar 2. En este caso, como en el caso descrito anteriormente de la medición del espesor de tubería de la tubería a inspeccionar 2, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 transmite la onda ultrasónica a la placa de calibración 12 y, a continuación, recibe la onda de reflexión reflejada desde la placa de calibración 12. El dispositivo de cálculo de espesores 18 calcula el espesor de la placa de calibración 12.

40

El dispositivo de cálculo de espesores 18 compara un valor de medición de la placa de calibración 12 y un espesor real de la placa de calibración 12 que se establece de manera preliminar. Cuando los dos valores obtenidos por comparación son diferentes uno de otro, el dispositivo de cálculo de espesores 18 calibra parámetros tales como el valor establecido del dispositivo de control 17, el método de determinación de la onda de reflexión o similares, para usar la medición de espesor de la tubería a inspeccionar 2.

45

Como se ha descrito anteriormente, incluso si el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 se coloca en la parte interior del material de aislamiento térmico 3 a largo plazo, por medio de la placa de calibración 12 y el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13, el aparato de medición de espesores 1 puede recibir de manera estable la onda de reflexión que representa el espesor de tubería.

50

Por cierto, la comprobación y la calibración de la precisión de medición pueden realizarse por el usuario (hombre) o el aparato de medición de espesor 1 (máquina). Especialmente, cuando el aparato de medición de espesores 1 acciona el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13, es decir, el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 ajusta automáticamente la posición de la placa de calibración 12, el aparato de medición

de espesores 1 puede comprobar la precisión de medición, incluso en un estado en el que la planta está funcionando.

5 De acuerdo con el aparato de medición de espesores 1 y el método del mismo, como la primera realización de la presente invención, puesto que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 puede estar siempre unido a la parte interna del material de aislamiento térmico 3 con una estabilidad de alta sensibilidad del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, el espesor de tubería L puede calcularse según sea necesario. Además, puesto que se hace innecesario un trabajo de instalación y un trabajo de demolición, de un instrumento tal como el material de aislamiento térmico 3, un andamio o similar, el aparato de medición de espesores 1 puede medir de manera eficiente el espesor de tubería.

15 Además, mediante el uso de la placa de calibración 12 y el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13, el aparato de medición de espesores 1 puede calibrar el valor establecido necesario (tal como la velocidad de la onda ultrasónica, un método de determinación de la onda de reflexión o similares) para calcular el espesor de tubería L. Como resultado, incluso en el caso en el que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 se instala en la parte interior del material de aislamiento térmico 3 a largo plazo, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 puede recibir de manera estable la onda de reflexión que representa el espesor de tubería.

20 Además, el deterioro por calor del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 debido a que se alcanza una alta temperatura en la parte interior del material de aislamiento térmico 3 se considera como una de las causas por las que se necesita calibrar el dispositivo de control 17 o el dispositivo de cálculo de espesores 18. Mientras tanto, el dispositivo de aislamiento térmico 15 puede irradiar el calor que se conduce térmicamente del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 al dispositivo de soporte 11 hacia el exterior de la tubería a inspeccionar 2. El aparato de medición de espesores 1 puede reducir el número de calibraciones del dispositivo de control 17 o del dispositivo de cálculo de espesores 18, debido a que se alcanza una alta temperatura en la parte interior del material de aislamiento térmico 3. Aún más, el aparato de medición de espesores 1 puede recibir de manera estable la onda de reflexión que representa el espesor de tubería.

30 Además, puesto que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 está siempre unido a la parte interior del material de aislamiento térmico 3, el aparato de medición de espesores 1 puede predecir el espesor de tubería basándose en el historial de mediciones del valor de medición del espesor de tubería, medido de manera continua, y realizar la medición del espesor de tubería a largo plazo.

35 Además, el dispositivo de soporte 11 soporta de manera integral el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y el material de aislamiento térmico 3 sin unirse a la parte de contacto entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 y la tubería a inspeccionar 2 por medio de una unión fuerte tal como la adherencia o similares. Por lo tanto, con respecto a la tubería a inspeccionar 2, la instalación y la retirada del aparato de medición de espesores 1 pueden ser fáciles.

40 [Segunda realización]

45 La figura 3 es una vista de configuración que ilustra una segunda realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención. En la figura 3, la tubería a inspeccionar 2 y el material de aislamiento térmico 3, respectivamente, se ilustran como una vista en sección transversal.

50 El aparato de medición de espesores 101 incluye un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110, un dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111, un dispositivo de fijación 112, el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13, el dispositivo de E/S 16, el dispositivo de control 17, y el dispositivo de cálculo de espesores 18.

55 El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 es una sonda de ondas ultrasónicas que incluye un vibrador de ondas ultrasónicas que está configurado por un elemento piezoeléctrico. El vibrador de ondas ultrasónicas está configurado por un material tal como el titanato zirconato piezoeléctrico (PZT), titanato de bismuto, titanato de litio, fosfato de galio (GaPO₄) o similares, que tiene una propiedad de resistencia térmica. El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 difiere del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10, en vista de la necesidad del dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 como el catalizador de contacto.

60 El dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 se inserta en un hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y la superficie exterior de tubería y transmite la onda ultrasónica. El dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 está configurado por un metal blando que puede transmitir la onda ultrasónica, tal como níquel (Ni), oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), aluminio (Al), o similares. En el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110, puesto que el metal blando se usa como el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 evita someterse a la influencia, tal como el estado de unión y el cambio por envejecimiento, del catalizador de contacto, el

estado de superficie de la tubería a inspeccionar 2 o similares. En el presente documento, para la sonda de ondas ultrasónicas cuyo líquido se usa como el catalizador de contacto, el estado de unión y el cambio por envejecimiento se convierten en una causa del cambio de sensibilidad. Por lo tanto, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 alcanza una alta estabilidad de la sensibilidad.

5 El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 genera la onda ultrasónica por la vibración del elemento piezoeléctrico aplicado con la tensión de alta frecuencia y propaga la onda ultrasónica desde la superficie exterior de la tubería a inspeccionar 2 al interior de la tubería a inspeccionar 2 a través del dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111. Por el contrario, en el caso en el que el elemento piezoeléctrico recibe la vibración de la
10 onda ultrasónica, el elemento piezoeléctrico genera la tensión de alta frecuencia. De este modo, el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 detecta la onda ultrasónica.

La placa de calibración 12 se coloca en el hueco entre el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 y la superficie exterior de tubería y se usa para la calibración de cada tipo de parámetro del aparato de medición de espesores 101. El dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13 mueve la placa de calibración 12.

El dispositivo de fijación 112 (el dispositivo de soporte) soporta el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 desde la superficie exterior de la tubería. El dispositivo de fijación 112 se fija al material de aislamiento térmico 3 y mantiene el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y la superficie exterior de tubería. El dispositivo de fijación 112 fija el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 en el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y la superficie exterior de tubería. Como es el caso con el dispositivo de soporte 11, el dispositivo de fijación 112 está configurado por un material, tal como el acero, que tiene poca influencia por alta temperatura o irradiación. En el caso en el que el material de aislamiento térmico 3 es el material fibroso, el dispositivo de fijación 112 se fija a la cubierta de material de aislamiento térmico 3a cuya intensidad es más fuerte que la del material de aislamiento térmico 3.

El dispositivo de fijación 112 ajusta el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y la superficie exterior de tubería. De este modo, puesto que se garantiza un carácter de contacto entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 y un carácter de contacto entre el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 y la superficie exterior de la tubería a inspeccionar 2, la onda ultrasónica se transmite con eficacia. Puesto que el dispositivo de fijación 112 fija de manera integral el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y el material de aislamiento térmico 3, se hace fácil unir el aparato de medición de espesores 101 a la parte interior del material de aislamiento térmico 3 y retirar (desmontar) el aparato de medición de espesores 101 de la parte interior del material de aislamiento térmico 3.

Además, el dispositivo de fijación 112 ajusta el hueco entre el dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas 111 y la superficie exterior de la tubería, y coloca la placa de calibración 12.

40 El dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 genera una fuerza electromotriz en función de un calentamiento o una vibración, de la tubería a inspeccionar 2, o una luz irradiada desde un dispositivo de iluminación (fuente de luz) alrededor del dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119. El dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 está configurado por un elemento de conversión luz-electricidad, un elemento de conversión calor-electricidad, o el elemento piezoeléctrico. El dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 genera una parte o la totalidad de la fuente de alimentación que es necesaria para el accionamiento (funcionamiento) del dispositivo de control 17 o el dispositivo de cálculo de espesores 18. Es decir, en el caso en el que el dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 genera la fuerza electromotriz basándose en la luz irradiada por el dispositivo de iluminación, que es un dispositivo emisor de luz (LED) usado como un dispositivo de iluminación interior, el dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 puede generar una fuerza electromotriz que es mayor que una fuerza electromotriz generada por un dispositivo de iluminación distinto del LED. En caso de usar el LED como la fuente de luz, el dispositivo de control 17 o el dispositivo de cálculo de espesores 18 pueden transmitir una información realizando una modulación de frecuencia (FM) o una modulación de amplitud (AM).

A continuación, se describirán las operaciones del aparato de medición de espesores 101 como la segunda realización del aparato de medición de espesores y el método de medición del mismo. Por cierto, en lo que se refiere a las operaciones de la segunda realización del aparato de medición de espesores y el método de medición del mismo, se han omitido (no se describen) las descripciones duplicadas con las del aparato de medición de espesores 1.

60 El dispositivo de control 17 establece la frecuencia y el número de transmisiones por segundo de la onda ultrasónica. Basándose en estos valores establecidos, el dispositivo de control 17 aplica la corriente de alta frecuencia al dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 a través del dispositivo de E/S 16. La onda ultrasónica se transmite desde el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 a la parte interior de la tubería a inspeccionar 2. Una parte de la onda ultrasónica transmitida a la parte interior de la tubería a inspeccionar 2 se refleja en la superficie interior de la pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2. Una parte de la onda de reflexión reflejada en la superficie interior de la pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2 regresa a

la superficie exterior de la pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2. La onda de reflexión que regresa a la superficie exterior de la pared de tubería de la tubería a inspeccionar 2 alcanza una tensión de alta frecuencia en el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110. La tensión de alta frecuencia se transmite al dispositivo de control 17 a través del dispositivo de E/S 16. Una parte de la onda ultrasónica se refleja de nuevo en la superficie exterior de la pared de tubería y, de este modo, se convierte en una onda de multi-reflexión que se refleja repetidamente en la pared de tubería.

El dispositivo de control 17 realiza el filtrado de frecuencias, la amplificación y la detección, de la tensión de alta frecuencia. El dispositivo de cálculo de espesores 18 obtiene una forma de onda de recepción, como la misma forma de onda de recepción ilustrada en la figura 2, basándose en la tensión de alta frecuencia. El dispositivo de cálculo de espesores 18 puede calcular el espesor de tubería L basándose en la expresión (1) descrita anteriormente usando el tiempo de propagación t_L calculado por el dispositivo de cálculo de espesores 18.

El dispositivo de control 17 y el dispositivo de cálculo de espesores 18 usan la fuerza electromotriz generada por el dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 como una parte o la totalidad de la fuente de alimentación. Por lo tanto, incluso si el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 se coloca en la parte interior del material de aislamiento térmico 3 a largo plazo, el aparato de medición de espesores 101 puede recibir de manera estable la onda de reflexión que representa el espesor de tubería.

De acuerdo con el aparato de medición de espesores 101 y el método del mismo como la segunda realización de la presente invención, además de los efectos de la primera realización de acuerdo con la presente invención, puesto que la fuerza electromotriz generada por el dispositivo de generación de fuerza electromotriz 119 puede usarse como la fuente de alimentación, el espesor de tubería puede medirse de manera estable.

Además, como el dispositivo de fijación 112 puede fijar de manera integral el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas 110 y el material de aislamiento térmico 3, se hace fácil unir el aparato de medición de espesores 101 a la tubería a inspeccionar 2 y retirar (desmontar) el aparato de medición de espesores 101 de la tubería a inspeccionar 2.

[Tercera realización]

La figura 4 es una vista de configuración que ilustra una tercera realización del aparato de medición de espesores de acuerdo con la presente invención. Se omiten las descripciones con respecto a los componentes correspondientes a la primera o la segunda realización de los aparatos de medición de espesores.

El aparato de medición de espesores 201 incluye un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210, un dispositivo de conexión 211, un dispositivo de selección 212, el dispositivo de control 17, un dispositivo de cálculos estadísticos 218 y un dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219. En el aparato de medición de espesores 201 ilustrado como la tercera realización de la presente invención en la figura 4, se han omitido (no se ilustran) la placa de calibración 12 y el dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración 13.

Los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 son una pluralidad de dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas. El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 es igual que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 10 como un medio de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas de la primera realización de acuerdo con la presente invención. El número de dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 no está limitado. El dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210, cuyo número es igual al número que se requiere para medir el espesor de la tubería a inspeccionar 2, se une a la parte de medición requerida para medir el espesor de la tubería a inspeccionar 2.

El dispositivo de conexión 211 (el dispositivo de soporte) pone en contacto una pluralidad de dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 con la tubería a inspeccionar 2 en una dirección circunferencial y una dirección axial de la tubería a inspeccionar 2 y soporta el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 desde la superficie exterior de la tubería en el mismo caso que el dispositivo de fijación 112 que se ha descrito anteriormente. El dispositivo de conexión 211 se fija al material de aislamiento térmico 3 y mantiene el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 y la superficie exterior de tubería. En concreto, el dispositivo de conexión 211 está configurado por unos elementos de fijación 211a como la pluralidad de medios de fijación y un alambre delgado 211b para fijar a la tubería a inspeccionar 2 en la dirección circunferencial y la dirección axial de la tubería a inspeccionar 2. El dispositivo de conexión 211 está configurado por un material tal como un metal blando o similar, material que tiene poca influencia por alta temperatura o irradiación.

En concreto, como se ilustra en la figura 5, una forma de la sección transversal del dispositivo de conexión 211 puede ser de forma circular.

El dispositivo de selección 212 selecciona el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que va a accionarse (ponerse en funcionamiento) de cada uno de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210. El dispositivo de selección 212 se pone en contacto con el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 en un extremo y está configurado por un circuito de contacto (circuito de punto de contacto o circuito de punto de no contacto) que puede seleccionar individualmente de entre los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 mediante una operación manual o una operación mecánica. En el otro extremo del dispositivo de selección 212, el dispositivo de selección 212 se pone en contacto con el dispositivo de control 17 y el dispositivo de cálculos estadísticos 218.

El dispositivo de cálculos estadísticos 218 mide el tiempo de propagación de la onda de reflexión múltiple recibida por el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 seleccionado por el dispositivo de selección 212 y calcula el espesor de tubería de la tubería a inspeccionar 2 sometiendo los valores de medición al proceso de cálculos estadísticos. El dispositivo de cálculos estadísticos 218 incluye un circuito de visualización 218a y un circuito de cálculo aritmético y procesamiento estadístico 218b. El circuito de cálculo aritmético y procesamiento estadístico 218b es un circuito analógico, un circuito digital tal como MPU, ASIC, FPGA o similares, un ordenador personal o similares. El circuito de cálculo aritmético y procesamiento estadístico 218b determina la onda de reflexión múltiple, mide cada tiempo de propagación, somete el valor de medición al proceso de cálculos estadísticos usando las expresiones mencionadas anteriormente (2) a (4) y la siguiente expresión (5), y calcula de este modo el espesor de tubería L.

[Expresión 5]

$$t_L = \sum_{i=1}^N \frac{(t_{i+1} + t_i)}{2N} \dots \dots (5)$$

El dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219 mide el tiempo de propagación de la onda de reflexión múltiple recibida por el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 seleccionado arbitrariamente por el dispositivo de selección 212 y calcula una distribución de espesores de la tubería a inspeccionar 2. El dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219 incluye un circuito de visualización estereoscópica 219a y un circuito de predicción 219b. El circuito de visualización estereoscópica 219a correlaciona la parte de medición medida por cada dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 con el espesor de tubería en cada parte de medición, y visualiza de manera estereoscópica la parte de medición y el espesor de tubería de la misma. El circuito de visualización estereoscópica 219a es una pantalla bidimensional para visualizar de manera individual como en una pantalla tridimensional, un proyector para visualizar realmente una imagen tridimensional o un dispositivo de realidad virtual. El circuito de predicción 219b realiza un proceso de interpolación usando el valor de medición del espesor de tubería o calcula una curva aproximada, y de este modo estima el espesor de tubería en una parte distinta de la parte de medición. El circuito de predicción 219b es un circuito analógico, un circuito digital tal como MPU, ASIC, FPGA o similares, un ordenador personal o similares.

A continuación, se describirán las operaciones del aparato de medición de espesores 201 como la tercera realización del aparato de medición de espesores y el método de medición del mismo. Por cierto, en lo que se refiere a las operaciones de la tercera realización del aparato de medición de espesores y el método de medición del mismo, se han omitido (no se describen) las descripciones duplicadas con las de los aparatos de medición de espesores 1 y 101.

El dispositivo de control 17 establece la frecuencia y el número de transmisiones por segundo de la onda ultrasónica. El dispositivo de selección 212 selecciona el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que va a accionarse (ponerse en funcionamiento). Al igual que la operación descrita en la primera realización, el dispositivo de cálculos estadísticos 218 calcula el espesor de tubería L basándose en la expresión 1 mencionada anteriormente.

Mediante la disposición del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 en la parte de medición requerida, como el aparato de medición de espesores 201 no necesita mover el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210, el aparato de medición de espesores 201 puede medir de manera eficiente el espesor de tubería L en la parte de medición a medir.

El dispositivo de cálculos estadísticos 218 establece el valor umbral de intensidad I_L ilustrado en la figura 2 y determina la multi-reflexión que se refleja repetidamente en la pared de tubería. El dispositivo de cálculos estadísticos 218 mejora estadísticamente la precisión del tiempo de propagación t_L basándose en la pluralidad del tiempo de propagación t_i y las expresiones (2) a (5). De este modo, el espesor de tubería L se calcula con una alta precisión y estabilidad basándose en la expresión (1).

Después de que el dispositivo de selección 212 calcula el espesor de tubería L usando el dispositivo de

transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 seleccionado por el dispositivo 212, el dispositivo de selección 212 selecciona secuencialmente el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que se pone en el estado de accionamiento. El dispositivo de cálculos estadísticos 218 calcula el espesor de tubería L en cada parte de medición.

5 Por cierto, cuando el dispositivo de control 17 y el dispositivo de cálculos estadísticos 218 se instalan en correspondencia con el número de dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210, el aparato de medición de espesores 201 permite que el dispositivo de selección 212 seleccione cada uno de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 y se accionen
10 simultáneamente. De este modo, el aparato de medición de espesores 201 puede medir conjuntamente el espesor en la parte de medición requerida y calcular simultáneamente el espesor de tubería L.

Cada valor de medición de cada punto de medición se visualiza de manera estereoscópica por el dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219. Puesto que el dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219
15 realiza el proceso de interpolación usando el valor de medición del espesor de tubería o calcula una curva aproximada y también estima el espesor de tubería en una parte distinta de la parte de medición, el dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219 puede visualizar de manera estereoscópica un objeto del que se mide el espesor de tubería. Puesto que el objeto del que se mide el espesor de tubería se visualiza de manera estereoscópica, el operario puede conocer rápidamente el espesor de tubería en la parte de medición arbitraria.

20 La parte de medición (monitor) puede limitarse a una parte curva, una parte estrangulada (contracción), una parte que tiene muchas variedades de espesor de acuerdo con el historial de mediciones anteriores, o similares. En este caso, en el momento en el que la planta está en un estado de funcionamiento o un estado de parada, el aparato de medición de espesores 201 permite que el dispositivo de selección 212 seleccione el dispositivo de
25 transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que transmite a la parte de monitor limitada, permite que el dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219 visualice de manera estereoscópica el espesor de tubería y puede visualizar el historial del valor de medición. El operario puede conocer rápidamente el espesor de tubería en la parte de monitor que está limitada y el historial de mediciones.

30 Mientras tanto, si hay una parte que tiene una pequeña diversidad de espesores teniendo en cuenta la medición, el aparato de medición de espesores 201 puede disminuir el número de partes de medición excluyendo la parte que tiene algunas variedades de espesor de la parte de medición.

35 En el presente documento, como el aparato de medición de espesores 201 incluye el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 y el dispositivo de cálculo de distribución de espesores 219, el aparato de medición de espesores 201 puede alcanzar la siguiente operación y efectuarla.

40 En primer lugar, el aparato de medición de espesores 201 selecciona arbitrariamente el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210, para la transmisión y la recepción, seleccionado por el dispositivo de selección 212, y puede medir el espesor de tubería por un método de dos sondas. La medición por el método de dos sondas puede aumentar el número de partes de medición de la tubería a inspeccionar 2. Mientras tanto, en el caso en el que el número de puntos de medición esté establecido, el aparato de medición de espesores 201 puede disminuir el número de dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210.

45 En segundo lugar, el aparato de medición de espesores 201 selecciona arbitrariamente el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 y calcula una velocidad de flujo en cada parte de medición usando una técnica tal como un método de diferencia de tiempo de propagación, un método de correlación o similares. Al usar el resultado del cálculo de la velocidad de flujo, el aparato de medición de espesores 201 puede
50 establecer la parte de medición en la que la velocidad de flujo es alta como la parte de monitor. La razón por la que la parte de medición en la que la velocidad de flujo es alta puede establecerse como la parte de monitor es que la diversidad de espesores de tubería se somete a la influencia de la velocidad de flujo en la parte interior de la tubería.

55 El método de diferencia de tiempo de propagación consiste en calcular una velocidad de flujo de la onda ultrasónica, basándose en una diferencia entre un tiempo de propagación de la onda ultrasónica transmitida en una dirección desde una parte ascendente a una parte descendente y un tiempo de propagación de la onda ultrasónica transmitida en una dirección desde la parte descendente a la parte ascendente, usando un par de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210. El método de correlación consiste en calcular una velocidad de flujo de la onda ultrasónica, basándose en la distancia entre una parte ascendente y una parte
60 descendente. La parte ascendente y la parte descendente son partes en las que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 recibe la onda ultrasónica que se somete a una modulación provocada por un flujo en la tubería. En el método de correlación, la distancia entre la parte ascendente y la parte descendente se calcula en función de los tiempos de propagación en la parte ascendente y la parte descendente.

65 En tercer lugar, el aparato de medición de espesores 201 permite que el dispositivo de transmisión/recepción de

ondas ultrasónicas electromagnético 210 esté siempre unido a la parte de medición y mida el espesor de tubería a largo plazo. Por lo tanto, el aparato de medición de espesores 201 puede comprobar de manera arbitraria la precisión de medición de cada dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210. Específicamente, el aparato de medición de espesores 201 selecciona el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que cumple la precisión de medición requerida y mide el espesor de tubería como la parte de referencia. A continuación, el aparato de medición de espesores 201 selecciona una combinación de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210 que transmite la onda ultrasónica que se propaga de manera oblicua en la pared de tubería a la tubería y puede medir el espesor en la parte de referencia. A continuación, usando el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético seleccionado 210, el aparato de medición de espesores 201 mide el espesor en la parte de referencia. En el caso en el que los dos valores son diferentes, se calibra el parámetro, tal como el valor establecido del dispositivo de control 17, o similares. Al usar el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 que está calibrado, puede cumplirse la precisión de medición requerida.

El aparato de medición de espesores 201 puede comprobar la exactitud de medición realizando repetidamente la operación de calibración con respecto a cada uno de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnéticos 210. Por lo tanto, incluso en el caso en el que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 se coloca en la parte interior del material de aislamiento térmico 3 a largo plazo, el aparato de medición de espesores 201 puede recibir de manera estable la onda de reflexión que representa el espesor de tubería. Por cierto, el aparato de medición de espesores 201 puede comprobar la precisión de medición, independientemente de si la planta se acciona o no.

De acuerdo con el aparato de medición de espesores 201 y el método del mismo, además de los efectos de las realizaciones primera y segunda de acuerdo con la presente invención, puesto que no es necesario mover un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210, puede medirse el espesor de tubería en la parte de medición a medir. Por lo tanto, el aparato de medición de espesores 201 y el método del mismo pueden medir de manera eficaz el espesor de tubería.

Además, en el caso en el que el aparato de medición de espesores 201 selecciona el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 y somete al dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético 210 a un accionamiento simultáneo, el aparato de medición de espesores 201 puede medir conjuntamente el espesor en la parte de medición requerida y calcular simultáneamente el espesor de tubería.

Además, puesto que el aparato de medición de espesores 201 visualiza de manera estereoscópica un resultado del cálculo, tal como el valor de medición del espesor de tubería en cada parte de medición, el valor de la estimación obtenida realizando el proceso de interpolación o calculando en función de la curva aproximada, o similares, el operario puede conocer o estimar rápidamente el espesor de tubería.

Aunque algunas realizaciones de la presente invención se describen en la presente memoria descriptiva, estas realizaciones se describen simplemente como ejemplos y no pretenden limitar el alcance de la invención. Pueden hacerse diversas omisiones, sustituciones, y cambios sin alejarse del alcance de la invención. Estas realizaciones y modificaciones de la misma se incluyen dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Números de referencia

- 1, 101, 201...aparato de medición de espesores
- 2...tubería a inspeccionar
- 3...material de aislamiento térmico
- 3a...cubierta de material de aislamiento térmico
- 10...dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético
- 11...dispositivo de soporte
- 12...placa de calibración
- 13...dispositivo de ajuste de posición de placa de calibración
- 15...dispositivo de radiación térmica
- 16...dispositivo de E/S
- 17...dispositivo de control
- 17a...circuito de generación de corriente
- 17b...circuito de detección de corriente
- 18...dispositivo de cálculo de espesores
- 18a...circuito de visualización
- 18b...circuito de cálculo
- 18c...circuito de memoria
- 110...dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas
- 111...dispositivo de transmisión de ondas ultrasónicas

- 112...dispositivo de fijación (dispositivo de soporte)
- 119...dispositivo de generación de energía
- 210...dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas electromagnético
- 211...dispositivo de conexión
- 5 211a...elemento de fijación
- 211b...alambre delgado
- 212...dispositivo de selección
- 218...dispositivo de cálculos estadísticos
- 218a...circuito de visualización
- 10 218b...circuito de cálculo de cálculo aritmético y procesamiento estadístico
- 219...dispositivo de cálculo de distribución de espesores
- 219a...circuito de visualización estereoscópica
- 219b...circuito de predicción

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de medición de espesores (1; 101; 201) que comprende:
 - 5 un dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas (10; 110; 210) que recibe y transmite una onda ultrasónica desde/hacia una pared de una tubería (2) a inspeccionar, cubierto con un material de aislamiento térmico (3);
 - un dispositivo de soporte (11; 112; 211) que soporta el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas desde una superficie exterior de la tubería a inspeccionar;
 - 10 un dispositivo de cálculo de espesores (18; 218) que mide un tiempo de propagación de la onda ultrasónica recibida y transmitida por el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas y calcula un espesor de la tubería a inspeccionar;
 - una placa de calibración (12) cuyo espesor está predeterminado y es mayor que el espesor de una zona muerta del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas; y
 - 15 un dispositivo de ajuste de placa de calibración (13) que mueve la placa de calibración entre una posición dentro de un hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas y la superficie exterior de la tubería a inspeccionar y una posición que es diferente del hueco.

- 20 2. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de soporte está fijado al material de aislamiento térmico.

3. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas incluye un transductor acústico electromagnético.

- 25 4. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas incluye una sonda de ondas ultrasónicas que incluye un vibrador de ondas ultrasónicas.

- 30 5. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de radiación térmica del que un extremo está en contacto con una superficie exterior del material de aislamiento térmico y el otro extremo está en contacto con el dispositivo de soporte, en donde el dispositivo de radiación térmica irradia un calor generado a partir del dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas a través del dispositivo de soporte.

- 35 6. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una pluralidad de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas se unen a las partes requeridas de la tubería a inspeccionar.

- 40 7. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un dispositivo de procesamiento estadístico que mide el espesor de la tubería a inspeccionar calculando estadísticamente una pluralidad de valores de medición obtenidos por la pluralidad de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas.

- 45 8. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un dispositivo de cálculo de distribución de espesores que calcula una distribución de espesores basándose en una pluralidad de valores de medición obtenidos por la pluralidad de los dispositivos de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas.

- 50 9. El aparato de medición de espesores de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de generación de fuerza electromotriz que genera una energía eléctrica a partir de al menos uno de entre un calentamiento, una vibración y una luz, y suministra la energía eléctrica a al menos el dispositivo de cálculo de espesores.

- 55 10. Un método de medición de espesores, mediante el uso de un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método las siguientes etapas:
 - medir el espesor de la tubería a inspeccionar mediante el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas, el dispositivo de soporte y el dispositivo de cálculo de espesores;
 - colocar la placa de calibración en el hueco entre el dispositivo de transmisión/recepción de ondas ultrasónicas y la superficie exterior de la tubería; y
 - 60 calibrar un parámetro para usar en la medición de espesor de la tubería a inspeccionar midiendo un espesor de la placa de calibración y comparando un resultado de medición del espesor de la placa de calibración con el espesor de la placa de calibración que está predeterminado.

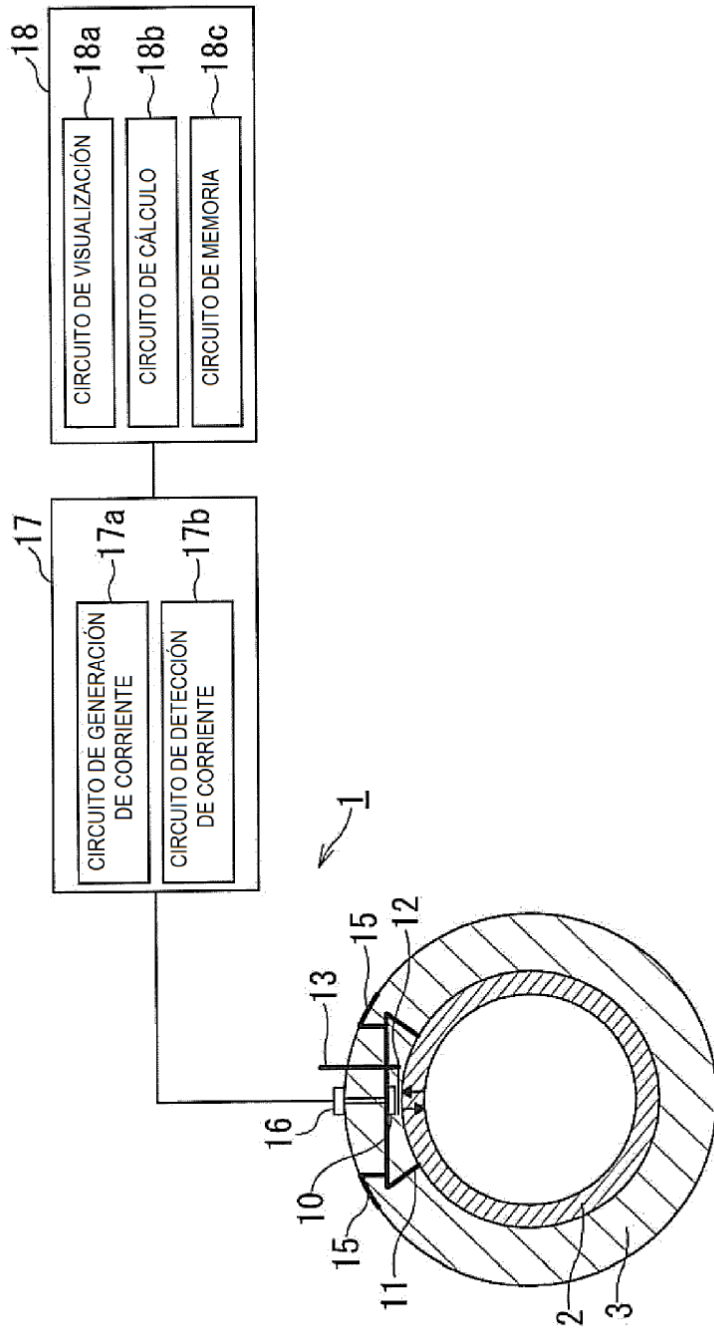


FIG. 1

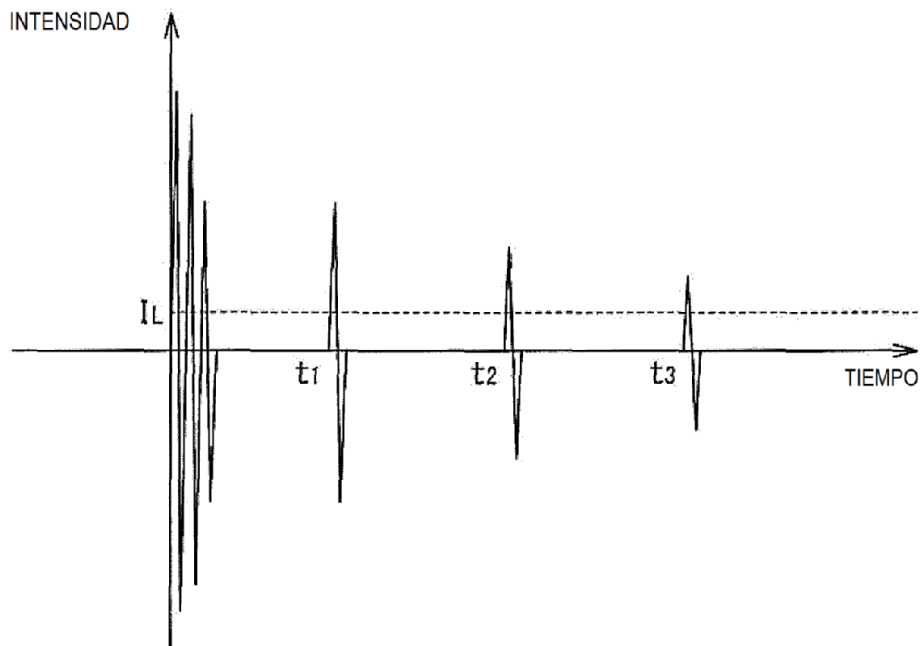


FIG. 2

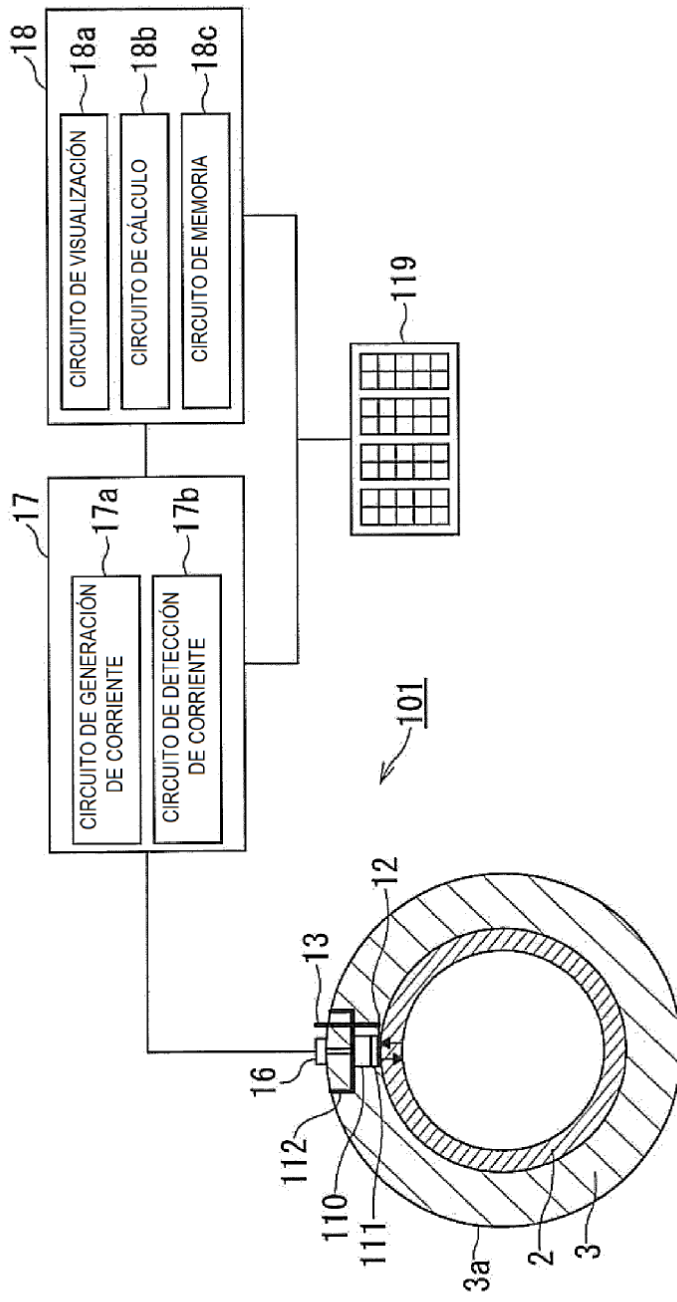


FIG. 3

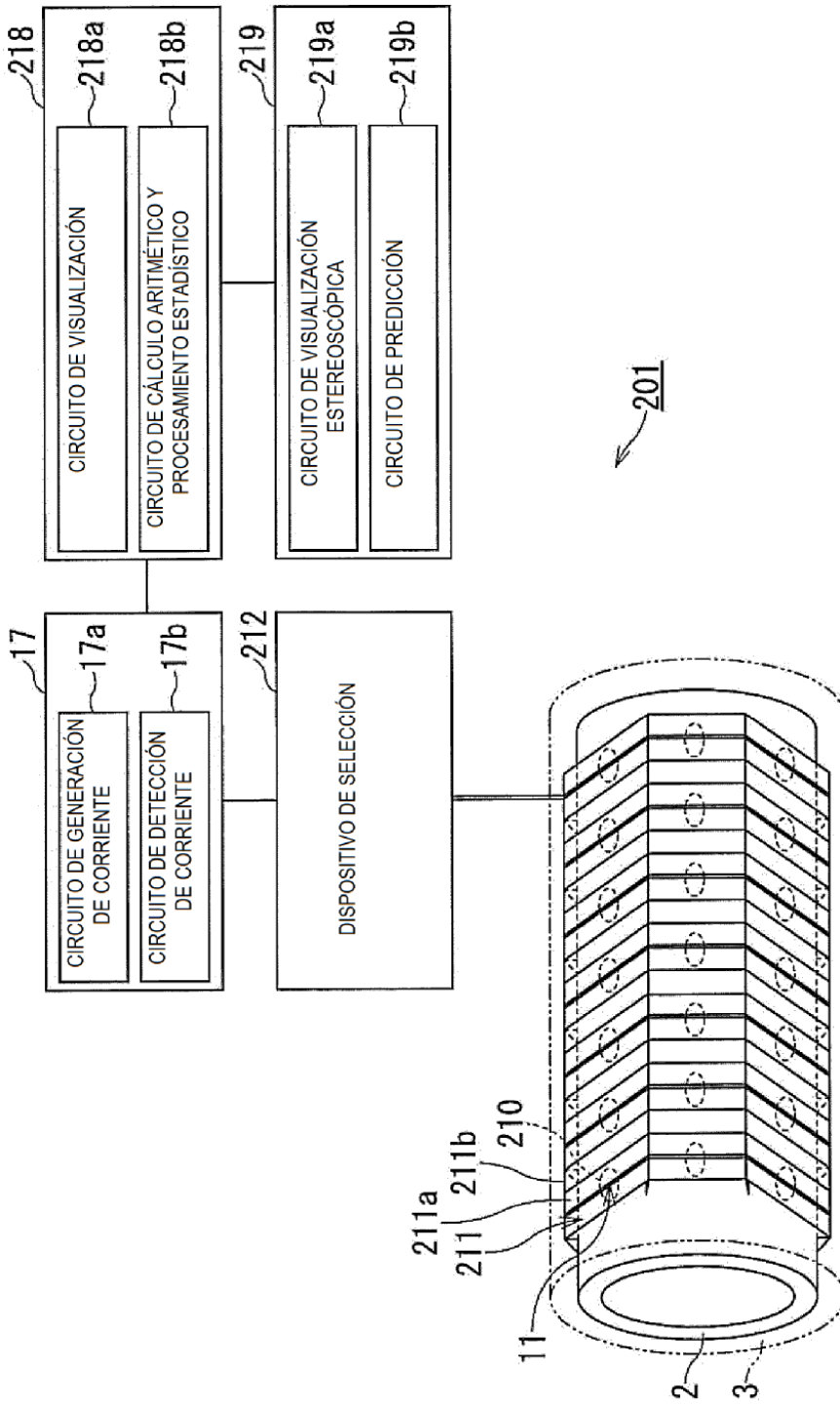


FIG. 4

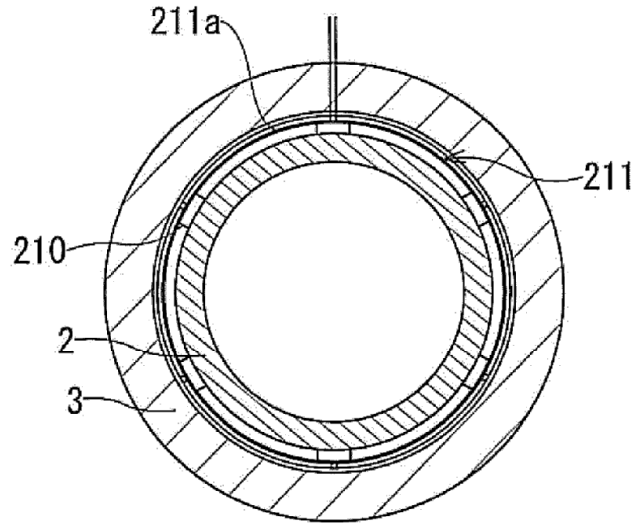


FIG. 5