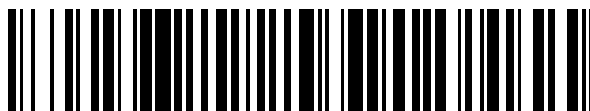


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 971**

51 Int. Cl.:

G01N 29/06 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/26 (2006.01)

G01N 29/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2014** **E 14196078 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 2881734**

54 Título: **Dispositivo de prueba por ultrasonidos de álabe de turbina y procedimiento de prueba del mismo**

30 Prioridad:

03.12.2013 JP 2013250498

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

20.02.2019

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (100.0%)
1-1, Shibaura 1-Chome Minato-Ku
Tokyo 105-8001, JP**

72 Inventor/es:

**YAMAMOTO, SETSU;
MIURA, TAKAHIRO;
SEMBOSHI, JUN;
OCHIAI, MAKOTO;
MURAKAMI, MASATO;
NOMURA, HIROSHI y
FUCHI, TAKUYA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 700 971 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 de prueba por ultrasonidos de álabe de turbina y procedimiento de prueba del mismo

Campo de la invención

5 Una forma de realización de la presente invención se refiere a una tecnología de prueba de un álabe de turbina por medio de una prueba de detección de defectos por ultrasonidos.

Descripción de la técnica relacionada

Una prueba de detección de defectos por ultrasonidos es una tecnología para la comprobación no destructiva de la solidez de una superficie y una porción interior de un material estructural y es una tecnología de prueba indispensable en diversos campos.

10 En una prueba de detección de defectos por ultrasonidos con disposición en fases (PAUT, por su sigla en inglés), el tiempo de oscilación (tiempo de retardo) de cada uno de elementos piezoeléctricos de pequeño tamaño dispuestos en plural se desplaza, se transmiten las ondas de ultrasonido que tienen una forma de onda arbitraria y se reciben las ondas de eco.

15 La prueba de detección de defectos por ultrasonidos con disposición en fases (PAUT) puede manejar objetos de prueba con formas complicadas y es ampliamente utilizada desde el punto de vista de la reducción en el número de procesos de trabajo en comparación con una sonda monocular que puede transmitir las ondas de ultrasonido solamente en un ángulo predeterminado.

20 Las turbinas tales como generadores de potencia de gran tamaño y similares por medio de energía térmica y energía nuclear tienen una estructura en la que un extremo de base de un álabe del rotor está fijado a un rotor de gran tamaño.

Los defectos tales como el agrietamiento por fatiga o el agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC, por su sigla en inglés) provocado por el funcionamiento a largo plazo de la turbina afectan en gran medida la seguridad y existe una demanda por su detección temprana y fiable.

25 Un álabe de gran tamaño montado en una última etapa de un rotor de gran tamaño está formado con una porción de extremo de base del álabe de gran tamaño que tiene una forma de horquilla, insertado en una periferia exterior de una rueda del rotor que se extiende y tiene una forma de brida a partir de un vástago del rotor y se fija por medio de un pasador.

30 En el álabe de turbina fijado al igual que con anterioridad, existe la preocupación de que se produzcan defectos de manera concentrada alrededor de un orificio pasante situado en una periferia más exterior de la rueda del rotor, y se requiere una prueba fiable de la posición.

En una prueba generalmente llevada a cabo después de haber sido llevado a cabo hasta el momento, todos los álabes de la turbina se retiran de las tecnologías de ensayo del rotor y la superficie, tales como MT (prueba de partículas magnéticas) y PT (prueba de penetración) se aplican a cada uno de ellos con el fin de garantizar la fiabilidad de la prueba.

35 Sin embargo, si se aplican tales tecnologías de prueba de las superficies, se necesita mucho tiempo para su inspección, y puede preocupar la aparición de nuevas inconformidades provocadas por el desmontaje, lo cual implica varias desventajas.

Por lo tanto, se propone un procedimiento para las pruebas del álabe de turbina en un estado fijado (por ejemplo, la Patente Japonesa Núm. 4694576).

40 En la tecnología de la técnica anterior en la que los elementos piezoeléctricos dispuestos en plural en un sensor de detección de defectos por ultrasonidos con disposición en fases son puestos en contacto directamente con una porción de la superficie de un álabe de turbina todavía en el estado fijado, dado que la mayor porción de la porción de la superficie del álabe de turbina expuesta en el estado fijado es curva, un punto con el que el sensor se puede poner en contacto es limitado, lo que es un problema.

45 La presencia de una porción plana y lisa sobre la superficie del álabe de turbina está limitada a una porción de lengüeta o similares.

Si un punto incidente de las ondas de ultrasonido se limita a tal porción plana y lisa, un intervalo de alcance de las ondas de ultrasonido es en gran medida limitado, y la prueba en toda la región alrededor del orificio pasante descrito con anterioridad no se puede llevar a cabo de manera suficiente.

50 Además, en la tecnología de la técnica anterior en la que una estructura de soporte de la pluralidad de elementos piezoeléctricos que transmiten/reciben las ondas de ultrasonido se hace flexible y se pone en

contacto con los elementos piezoeléctricos a una porción de la curvatura en la superficie del álabe de turbina con el fin de manejar la forma curva, se necesita producir una sonda de sensor que tenga una estructura específica, y es difícil poner tal sensor de la sonda en contacto con un punto estrecho y pequeño en el álabe de turbina, lo que también es un problema.

5 Sumario de la invención

Una forma de realización de la presente invención se llevó a cabo en vista de estas circunstancias, y un objeto de la presente invención es permitir la detección de defectos en un estado en el que el álabe de turbina está fijado al rotor.

10 Se reconoce que la Patente EP2546641A desvela un dispositivo para probar un álabe de turbina que comprende un medio elástico no compresivo y una sonda de matriz piezoeléctrica.

La invención se encuentra en el dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en corte parcial de un rotor de la turbina;

15 La Fig. 2 es una vista en perspectiva con una muesca parcial que ilustra un estado fijado entre un álabe de turbina y una rueda de turbina;

La Fig. 3 es una vista ampliada parcial que ilustra un estado en el que el álabe de turbina y la rueda de turbina se encuentran separados;

20 Las Figs. 4A y 4B son esquemas generales que ilustran un estado instalado de un dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención;

Las Figs. 5A y 5B son vistas explicativas de un procedimiento de transmisión de ultrasonidos del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con cada una de las formas de realización;

Las Figs. 6A y 6B son vistas explicativas de un procedimiento de transmisión de ultrasonidos del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con cada una de las formas de realización;

25 La Fig. 7 es un gráfico de ondas de eco detectadas;

La Fig. 8 es una imagen de visualización de un resultado de detección de defectos por ultrasonidos;

La Fig. 9 es una vista en corte vertical que ilustra el estado instalado de un dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención;

30 La Fig. 10 es una vista desde arriba que ilustra el estado instalado del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con la segunda forma de realización;

Las Figs. 11A y 11B son vistas explicativas de un procedimiento de instalación del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con la segunda forma de realización;

Las Figs. 12A, 12B, y 12C son vistas en corte vertical que ilustran una variación del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con la segunda forma de realización;

35 Las Figs. 13A y 13B son vistas generales que ilustran un estado instalado de un dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención; y

La Fig. 14 es un diagrama de flujo para explicar una operación del dispositivo de prueba del álabe de turbina de acuerdo con cada una de las formas de realización.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

40 Antes de la explicación de un dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con formas de realización de la presente invención, se explicará un rotor de la turbina 10 sobre la base de las Figs. 1 a 3.

Como se ilustra en la Fig. 1, en el rotor de la turbina 10, se extiende una rueda del rotor 12 que tiene una forma de brida a partir de una superficie circunferencial de un vástago 11 que gira alrededor de un eje. Las ruedas del rotor 12 están dispuestas en plural a intervalos en una dirección axial Z del vástago 11 (no se muestran).

45 En una periferia exterior de esta rueda del rotor 12, una pluralidad de álabes de turbina 13 están insertados en una dirección radial Y, y se encuentran fijados de manera mecánica por medio de pasadores 14 (véase la Fig. 2 en su caso).

Como resultado, se puede evitar la eliminación del álabe de turbina 13 provocada por una fuerza centrífuga de rotación.

En general, una etapa posterior del rotor de la turbina 10 de una turbina de baja presión está diseñada con un gran radio de rotación y, por lo tanto, recibe una gran carga centrífuga durante el funcionamiento.

- 5 Como resultado, la alta tensión en promedio y la tensión local se aplican a una porción fijada entre la rueda del rotor 12 y el álabe de turbina 13, y dado que está bajo un entorno de un vapor a alta temperatura, el agrietamiento por corrosión bajo tensión puede progresar con facilidad.

Como se ilustra en la Fig. 3, una porción de fijación 15 está formada en un extremo de base del álabe de turbina 13.

- 10 A continuación, en una porción de borde periférica de la rueda del rotor 12, una pared 16 que forma un rebaje enganchada con la porción de fijación 15 del álabe de turbina está provista de un extremo distal dirigido a la dirección radial Y alrededor de una periferia.

- 15 En la porción de fijación 15 del álabe de turbina y la pared 16 de la rueda del rotor, se proporcionan orificios pasantes 17 y 18 para la penetración de los pasadores 14 en un estado en el que ambos están acoplados entre sí.

En la porción de fijación 15 del álabe de turbina, una pluralidad de porciones de proyección 15a y 15b, en la que cada una tiene una forma de horquilla, está dispuesta en una fila en una dirección del grosor (dirección del eje del vástago Z) de la rueda del rotor 12.

- 20 Las porciones de proyección 15a situadas en ambos lados en estas porciones de proyección 15a y 15b se extienden a una dirección circunferencial de la rueda del rotor 12 únicamente por un medio paso con respecto a la porción de proyección 15b situada en un lado central.

La Fig. 4A es una vista de esquema que ilustra un estado instalado de un dispositivo de prueba 30 del álabe de turbina de la dirección del eje de rotación Z, y la Fig. 4B es una vista de esquema vista desde una superficie lateral del mismo.

- 25 Como se ilustra en la Fig. 4A, se proporcionan orificios pasantes semicirculares 17a a través de los cuales los pasadores 14a han de ser penetrados de forma que formen un par en ambos extremos laterales de las porciones de proyección 15a en ambos lados. Un orificio pasante circular 17b a través del cual se penetra el pasador 14 está provisto en un centro de la porción de proyección 15b en un lado central.

- 30 Como se ilustra en la Fig. 4B, en un lado de una dirección del eje del vástago Z en las partes superiores de las porciones de proyección 15a en ambos lados, se proporciona una porción de lengüeta 21 acoplada con una muesca 19 (Fig. 3) en un extremo superior de una pared externa de la rueda del rotor 12.

Una porción cuya forma se cambia de manera continua desde una superficie de extremo superior de la porción de fijación 15 del álabe de turbina a una elevación de un cuerpo del álabe de turbina se conoce como una plataforma 22.

- 35 Esta plataforma 22 tiene una estructura de superficie curvada en la que una superficie de extremo superior de una porción de lengüeta 21 tiene un plano pero su inclinación se incrementa de manera gradual hacia el cuerpo del álabe de turbina.

- 40 De acuerdo con el dispositivo de prueba 30 del álabe de turbina de acuerdo con esta forma de realización, las periferias de los orificios pasantes semicirculares 17a en las porciones de proyección 15a en ambos lados de la porción de fijación 15 son los principales objetos de prueba.

(Primera forma de realización)

- 45 Como se ilustra en las Figs. 4, el dispositivo de prueba 30 del álabe de turbina de acuerdo con una primera forma de realización no de acuerdo con la invención (de aquí en adelante se denomina simplemente como "dispositivo de prueba 30") incluye un medio elástico no compresivo 31 para ser puesto en contacto cercano con la plataforma 22 del álabe de turbina 13 en un estado fijado al rotor de la turbina 10 (Fig. 1), una sonda 33 que tiene elementos piezoeléctricos 32 dispuestos en una matriz y transmite las ondas de ultrasonido hacia la porción de fijación 15 del álabe de turbina 13 a través del medio elástico 31 y recibe las ondas de eco, y una porción de visualización (no se muestra) para la obtención de imágenes de una región interna de la porción de fijación 15 sobre la base de las ondas de eco y la representación de un defecto 35 (Figs. 5) que está presente en el mismo.

- 50 Una sonda de matriz en la que los elementos piezoeléctricos 32 están dispuestos en dos dimensiones se ejemplifica como la sonda 33, pero no hay ninguna limitación particular, y se emplean sondas generales para la detección de defectos por ultrasonidos.

En este caso, el elemento piezoeléctrico 32 tiene un efecto piezoeléctrico para la conversión reversible de las ondas de ultrasonido y una señal eléctrica y está formada por un material cerámico, polimérico o compuesto.

5 Por medio de la oscilación de los elementos piezoeléctricos 32 dispuestos en una matriz con un retardo de tiempo adecuado añadido, una dirección de transmisión o una posición focal de las ondas de ultrasonido pueden ser controladas.

10 Las ondas de ultrasonido transmitidas al igual que con anterioridad se propagan a través de un interior de la porción de fijación 15 del álabe de turbina 13 a través del medio elástico 31 y si hay un defecto tal como un agrietamiento (incluyendo agrietamiento por fatiga, agrietamiento por corrosión bajo tensión, defectos artificiales tales como hendiduras EDM rectangulares, elípticas y triangulares y similares) o una inclusión, las ondas de ultrasonido se reflejan.

Las ondas de eco reflejadas se propagan por el interior de la porción de fijación 15 y son recibidas por el elemento piezoeléctrico 32 a través del medio elástico 31.

15 Un procedimiento de transmisión/recepción de las ondas de ultrasonido y ondas de eco en la sonda 33 incluye un tipo de exploración de sector para escanear electrónicamente en una forma de ventilador por medio de la variación de un ángulo de detección de defectos de las ondas de ultrasonido, un tipo de exploración lineal para escanear de manera electrónica en una forma de paralelogramo por medio de la fijación del ángulo de detección de defectos de las ondas de ultrasonido, Enfoque de Profundidad Dinámica (DDF, por su sigla en inglés) por medio de la variación de una profundidad focal en la conformidad con una región a medir, la Difracción del Tiempo de Vuelo (TOFD, por su sigla en inglés) por medio de la división del grupo de elementos piezoeléctricos en los que para la transmisión de ondas de ultrasonido y aquellos para la recepción de ondas de eco y similares, pero no son limitantes en particular y se emplean procedimientos generales para la detección de defectos por ultrasonidos.

El procedimiento de detección de defectos por ultrasonidos de agrietamientos (defecto 35) que ocurren en el orificio pasante semicircular 17a de la porción de proyección 15a se explicará sobre la base de las Figs. 5 y 6.

25 La Fig. 5A ilustra un caso en el que el defecto 35 avanza en una dirección X perpendicular a una dirección radial del rotor. En este caso, se puede emplear tal procedimiento, en el que los grupos de elementos piezoeléctricos comunes son asignados para la transmisión de ondas de ultrasonido y para la recepción de ondas de eco, y las ondas de ultrasonido se hacen entrar sustancialmente de manera inmediata por encima del defecto 35.

30 De manera alternativa, como se ilustra en la Fig. 5B, si el defecto 35 progresa desde debajo del orificio pasante 17a, aquellos para la transmisión de ondas de ultrasonido son asignados al grupo de elementos piezoeléctricos en una dirección diagonal, mientras que aquellos para la recepción de ondas de eco son asignados al grupo de elementos piezoeléctricos en un lado opuesto de forma que los ángulos de flexión de las ondas de ultrasonido y las ondas de eco se vuelvan grandes. Como resultado, se mejora la sensibilidad de detección del defecto 35.

35 La Fig. 6A ilustra un caso en el que el defecto 35 avanza en diagonal hacia abajo. En este caso, el grupo de elementos piezoeléctricos presente en la dirección diagonal se asigna en común para la transmisión de ondas de ultrasonido y para la recepción de ondas de eco, en el que se puede mejorar la sensibilidad de detección del defecto 35.

40 La Fig. 6B ilustra un caso en el que el defecto 35 avanza en diagonal hacia arriba. En este caso, el grupo de elementos piezoeléctricos presente en una dirección radial Y se asigna en común para la transmisión de ondas de ultrasonido y para la recepción de ondas de eco, en el que se puede mejorar la sensibilidad de detección del defecto 35.

45 Como se describió con anterioridad, por medio del cambio del grupo de elementos piezoeléctricos a ser asignados para la transmisión de ondas de ultrasonido y para la recepción de ondas de eco, se puede detectar con alta sensibilidad el defecto 35 que tiene varias posiciones y direcciones de progreso.

El medio elástico 31 no tiene compresibilidad, es capaz de ser deformado elásticamente de manera manual con facilidad y es para acoplar acústicamente una superficie de la sonda 33 en un lado del elemento piezoeléctrico 32 de la sonda 33 y la plataforma 22 del álabe de turbina 13, de forma que no se forme ningún hueco.

50 Dado que el medio elástico 31 no es compresivo, no cambia las velocidades de propagación de las ondas de ultrasonido y sus ondas de eco.

Como el medio elástico 31, se pueden citar el hidrogel, el caucho con menos amortiguación ultrasónica, el konjac y similares, por ejemplo, pero el medio elástico 31 no está limitado en particular a estos ejemplos.

Por otra porción, el medio elástico 31 es para cambiar la forma en cierto grado por una fuerza de presión y, por

lo tanto, no es en particular necesario formar el medio elástico conforme a una forma de un objeto de prueba.

Sin embargo, por medio de la formación de la forma del medio elástico 31 con el fin de convertirse en una forma inversa de la plataforma 22 para ser puestos en contacto cercano, se puede esperar un alto efecto de contacto cercano.

- 5 Con el fin de mejorar el contacto cercano en respectivas superficies de contacto de la sonda 33, el medio elástico 31, y la plataforma 22, se puede utilizar un medio de contacto líquido de acuerdo con lo necesario.

Se pueden citar tales medios de contacto que incluyen agua, glicerina, aceite de máquina, aceite de ricino y similares, por ejemplo, pero no están en particular limitados, y se emplean medios generales para la detección de defectos por ultrasonidos con baja volatilidad.

- 10 Una porción de control (no se muestra) a la que la sonda 33 está conectada a través de un cable calcula el tiempo de retardo de las ondas de ultrasonido transmitidas desde los respectivos elementos piezoeléctricos 32, en conformidad con la curvatura de una forma de la superficie de la plataforma 22 registrada de antemano.

A continuación, las ondas de ultrasonido se transmiten desde la sonda 33 instalada en una posición predeterminada de acuerdo con este tiempo de retardo, y las ondas de eco recibidas se sintetizan de acuerdo con este tiempo de retardo.

- 15 Como resultado, la región interna de la porción de fijación 15 inmediatamente por debajo de la plataforma 22 se refleja, y se muestra el defecto 35 que está presente en el mismo.

Un gráfico en la Fig. 7 ilustra las ondas de eco detectadas por la porción de control (no se muestra).

- 20 Cuando la prueba de detección de defectos por ultrasonidos se ha de llevar a cabo a través del medio elástico 31, una pluralidad de múltiples ondas reflejadas *a* (*a*₁, *a*₂, *a*₃, *a*₄) desde la superficie de la plataforma que corresponde al medio elástico 31 se puede detectar distinta de las ondas de eco *b* desde el interior de la porción de fijación 15 del álabe de turbina.

Por lo tanto, un grosor o una tasa de amortiguación de propagación del medio elástico 31 se ajusta de forma que las múltiples ondas reflejadas *a* generadas entre la sonda 33 y la plataforma 22 no se superpongan a las ondas de eco *b* de la región interna de la porción de fijación 15.

Al incrementar la tasa de amortiguación de propagación del medio elástico 31, las múltiples ondas reflejadas *a* pueden ser amortiguadas, y se suprime la superposición en las ondas de eco *b* desde la región interna de la porción de fijación 15.

- 30 De manera alternativa, se calcula una relación de velocidad de propagación de la onda de ultrasonido entre los materiales del medio elástico 31 y el álabe de turbina 13, y se establece el espesor del medio elástico 31 de forma que se desvíe de un valor obtenido por medio de la multiplicación de una distancia desde la superficie de la plataforma 22 al orificio pasante 17 por esta relación de velocidad de propagación. Como resultado, se puede evitar la superposición de múltiples ondas reflejadas *a* y las ondas de eco *b*.

Como resultado, se puede reconocer con precisión el defecto 35 presente dentro de la porción de fijación 15 del álabe de turbina.

La Fig. 8 ilustra la región interna de la porción de proyección 15a reflejada sobre la base de las ondas de eco *b* en la porción de visualización.

Una imagen es un resultado de la exploración del sector de la porción de proyección 15a, y se observan un eco de defecto 36 derivado del defecto 35 presente en el mismo o un eco 37 derivado del orificio pasante 17.

- 40 Como se describió con anterioridad, las ondas de ultrasonido pueden escanear de manera tridimensional una dirección de eje de la turbina, una dirección circunferencial, y una dirección del centro del rotor y, por lo tanto, se hace posible la detección de defectos de toda una región de la región interna de la porción de proyección 15a.

(Segunda forma de realización)

- 45 El dispositivo de prueba 30 de un álabe de turbina de acuerdo con una segunda forma de realización se explicará sobre la base de las Figs. 9 a 12. En estas figuras, las porciones que tienen configuraciones o funciones comunes a las de la Fig. 4 se indican por medio de los mismos números de referencia y se omitirá la explicación duplicada.

50 El dispositivo de prueba 30 en la segunda forma de realización además incluye una porción de sujeción 40 para sujetar un estado en el que la sonda 33 se pone en contacto con el medio elástico 31 y este medio elástico 31 está en contacto cercano con la plataforma 22.

- Esta porción de sujeción 40 tiene una cámara de alojamiento 43 para el alojamiento de la sonda 33 y el medio elástico 31 y la puesta en contacto cercano del medio elástico 31 con la plataforma 22 desde una porción de abertura, un primer miembro de soporte 41 que se extiende en la dirección radial Y del rotor de la turbina 10 desde esta cámara de alojamiento 43 y el soporte al álabe de turbina 13, un segundo miembro de soporte 42 que se extiende en la dirección del eje de rotación Z del rotor de la turbina 10 de la cámara de alojamiento 43 y el soporte al álabe de turbina 13, y una unidad de ajuste de la posición 46 para ajustar una posición de la sonda 33 en esta cámara de alojamiento 43.
- El primer miembro de soporte 41 se extiende en la dirección radial Y del rotor de la turbina 10 de la cámara de alojamiento 43 y soporta una superficie de la porción de lengüeta 21. Este primer miembro de soporte 41 regula una posición de la porción de sujeción 40 en la dirección del eje de rotación Z.
- Por otra porción, en un extremo de base del primer miembro de soporte 41, se proporciona una pieza en forma de gancho 45 que se extiende en una dirección de la plataforma 22. Esta pieza en forma de gancho 45 regula una posición de la porción de sujeción 40 en la dirección radial Y.
- El segundo miembro de soporte 42 se extiende en la dirección del eje de rotación Z del rotor de la turbina 10 de la cámara de alojamiento 43 y soporta una superficie rebajada del álabe de turbina 13 (véase la Fig. 10).
- Este segundo miembro de soporte 42 tiene una pieza en forma de gancho 47 enganchada por una porción ascendente del álabe de turbina 13. Dado que las formas de las porciones ascendentes del álabe de turbina 13 son diferentes de un lado de una entrada de vapor y un lado de una salida de vapor, el segundo miembro de soporte 42 tiene que ser diseñado conforme a cada uno de ellos.
- La cámara de alojamiento 43 se proporciona con la unidad de ajuste de la posición 46 para ajustar la posición de la sonda 33 a ser alojada. Esta unidad de ajuste de la posición 46 fija la sonda 33 en una posición predeterminada en colaboración con una unidad de empuje 44. Si bien no se muestra, un orificio en el que se inserta un cable se puede conectar a la sonda 33 está previsto en la cámara de alojamiento 43.
- La cámara de alojamiento 43 está configurada de forma que el medio elástico 31 esté en contacto con una pared interna de la cámara de alojamiento 43, excepto la porción de abertura en la que el medio elástico 31 está en contacto cercano con la plataforma 22 y una porción en contacto con la sonda 33.
- Como se ilustra en la Fig. 11, se podría proporcionar un miembro de alivio 48 en la pared interna de esta cámara de alojamiento 43 de forma que el medio elástico 31 esté en contacto uniforme con la pared interna de la cámara de alojamiento 43.
- Un procedimiento de instalación del dispositivo de prueba 30 sujetado por la porción de sujeción 40 se explicará sobre la base de la Fig. 11.
- Como se ilustra en la Fig. 11A, la posición de la sonda 33 se ajusta de acuerdo con lo apropiado, y el medio elástico 31 está alojado en la cámara de alojamiento 43.
- En primer lugar, la superficie rebajada del álabe de turbina 13 está soportada por el segundo miembro de soporte 42 e hizo un primer punto de referencia, y se determina una posición circunferencial. Posteriormente, el primer miembro de soporte 41 se presiona sobre una superficie de esquina de la porción de lengüeta 21, y se determinan las posiciones de la dirección radial Y, y la dirección del eje de rotación Z (Fig. 11B).
- El medio elástico 31 tiene que llenar una trayectoria de propagación de ultrasonidos entre la sonda 33 y la plataforma 22 sin un hueco.
- Además, dado que el medio elástico 31 no es compresivo, preferentemente tiene un tamaño tal que un exceso de volumen no rebose de un volumen interno de la cámara de alojamiento 43 en un estado en el que la porción de sujeción 40 está instalada en el álabe de turbina 13.
- La Fig. 12 ilustra una variación de una forma del miembro de alivio 48.
- En la Fig. 11, la forma del miembro de alivio 48 es elíptica, pero como se ilustra en las Figs. 12A, 12B, y 12C, la forma del miembro de alivio 48 puede ser rectangular, triangular, u ondulada.
- La forma del miembro de alivio 48 no está en particular limitada a condición de que el medio elástico 31 empujado hacia fuera en un interior de la cámara de alojamiento 43 se llene sin desbordamiento o un hueco cuando la porción de sujeción 40 está unida al álabe de turbina 13.
- Por medio del empleo de la porción de sujeción 40 al igual que con anterioridad, el dispositivo de prueba 30 puede ser instalado y posicionado con buena reproducibilidad con respecto a un gran número de álabes de turbina 13 previstos radialmente en la dirección circunferencial de la rueda del rotor 12.

(Tercera forma de realización)

El dispositivo de prueba 30 de un álabe de turbina de acuerdo con una tercera forma de realización no de acuerdo con la invención se explicará sobre la base de las Figs. 13A y 13B.

5 El dispositivo de prueba 30 de un álabe de turbina de acuerdo con la tercera forma de realización además incluye una unidad de magnetización 49 para magnetizar un cuerpo magnético, y el medio elástico 31 se mezcla con partículas magnéticas.

En estas figuras, las porciones que tienen configuraciones o funciones comunes a las de la Fig. 4 se indican por medio de los mismos números de referencia y se omitirá la explicación duplicada.

10 Las partículas del cuerpo magnético para ser mezcladas en el medio elástico 31 incluyen partículas de hierro y similares, pero se pueden utilizar las magnetizadas por la unidad de magnetización 49 de acuerdo con lo apropiado.

La concentración de las partículas del cuerpo magnético para ser mezcladas será un grado tal que la elasticidad del medio elástico 31 no se pierda y su tamaño de grano será tal que las partículas no se conviertan en una fuente de dispersión de las ondas de ultrasonido.

15 La unidad de magnetización 49 se lleva a cabo por medio de un electroimán o un imán permanente.

Por medio de la disposición de los dos postes de la unidad de magnetización 49 en las posiciones que intercalan el medio elástico 31, el álabe de turbina 13 y el medio elástico 31 pueden estar ambos magnetizados, y se puede mejorar el contacto cercano entre los dos.

20 La unidad de magnetización 49 puede estar dispuesta en la porción de sujeción 40 (Fig. 9), y una porción o la totalidad de la porción de sujeción 40 puede estar constituida por un cuerpo magnético.

25 Un procedimiento de prueba del álabe de turbina de acuerdo con cada una de las formas de realización se explicará sobre la base de un diagrama de flujo en la Fig. 14. En primer lugar, el tiempo de oscilación (tiempo de retardo) de cada uno de los elementos piezoeléctricos 32 se calcula de acuerdo con una condición de detección de defectos (S11). La sonda 33 se instala en la plataforma 22 del álabe de turbina mientras que intercala el medio elástico 31, se ajustan las posiciones, y se transmiten las ondas de ultrasonido (S12, S13, S14).

30 Si por lo menos una cualquiera de la intensidad del eco desde la superficie de la plataforma y la intensidad del eco desde el orificio pasante 17 no ha alcanzado un valor especificado (S15, S16: No), la sensibilidad de detección de un eco de defecto es baja y se sospecha el contacto defectuoso del medio elástico 31, la sonda 33 y la plataforma 22 y por lo tanto, se ajusta de nuevo un estado de contacto entre ellos (S13).

Por otra porción, si una posición del eco del orificio pasante 17 no está dentro de un intervalo predeterminado (S17: No), existe una preocupación de que una posición de ajuste de la sonda 33 se desplace, y por lo tanto, el ajuste de posicionamiento se hace de nuevo (S13). De manera alternativa, se puede ajustar el tiempo de retardo.

35 Cuando el valor especificado de la intensidad del eco y el intervalo de la posición del eco satisface las condiciones predeterminadas (S15, S16, S17: Sí), una imagen de la región interna de la porción de fijación 15 se forma en la base de las ondas de eco (S18). A continuación, se determina si el defecto 35 está presente en esta imagen o no (S19).

40 Entonces, la sonda 33 se retira (S20) y se instala en la plataforma 22 del álabe de turbina posterior y el trabajo descrito con anterioridad se repite (S21; No), y finaliza la prueba para todos los álabes de turbina en el estado fijado al rotor de la turbina (S21; Sí FIN).

45 De acuerdo con el dispositivo de prueba del álabe de turbina de por lo menos una forma de realización descrita con anterioridad, por medio de la instalación de la sonda en la plataforma del álabe de turbina a través del medio elástico, una prueba de detección de defectos se puede hacer con facilidad en un estado en el que la porción de fijación con el rotor está fijada al hacer que las ondas de ultrasonido entren en la superficie de curvatura del álabe de turbina.

50 Algunas formas de realización de la presente invención se explican, pero estas formas de realización se presentan como ejemplos y no están destinadas a limitar un alcance de la invención. Estas formas de realización se pueden poner en práctica en otras diversas formas y son capaces de diversas omisiones, sustituciones, cambios y combinaciones dentro de un intervalo que no salga de una esencia de la invención. Estas formas de realización y sus variaciones están incluidas en el alcance de la invención y también se incluyen en un alcance de la invención descrito en las reivindicaciones y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de prueba (30) de un álabe de turbina (13) que comprende:
- 5 un medio elástico no compresivo (31) puesto en contacto cercano con una plataforma (22) del álabe de turbina, siendo la plataforma del álabe de turbina una porción cuya forma cambia de manera continua desde una superficie del extremo superior de una porción de fijación (15) a una elevación de un cuerpo del álabe de turbina;
- 10 una sonda (33) que tiene elementos piezoeléctricos (32) dispuestos en una matriz, la sonda está configurada para transmitir las ondas de ultrasonido hacia la porción de fijación del álabe de turbina a través del medio elástico y para recibir ondas de eco; una porción de sujeción que comprende una cámara de alojamiento y una porción de abertura, la cámara de alojamiento aloja la sonda y el medio elástico, y el medio elástico alojado en la cámara está configurado para ponerse en contacto cercano con la plataforma en la porción de abertura;
- y una porción de visualización para la obtención de imágenes de una región interna de la porción de fijación sobre la base de las ondas de eco y la representación de las mismas.
- 15 2. El dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la porción de sujeción comprende:
- un primer miembro de soporte que se extiende en una dirección radial del rotor de la turbina desde la cámara de alojamiento y que soporta el álabe de turbina;
- 20 un segundo miembro de soporte que se extiende en una dirección del eje de rotación del rotor de la turbina desde la cámara de alojamiento y que soporta el álabe de turbina; y
- una unidad de ajuste de la posición para ajustar una posición de la sonda en la cámara de alojamiento.
3. El dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio elástico tiene una forma inversa a la plataforma para ser puesto en contacto cercano.
- 25 4. El dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que además comprende:
- una unidad de magnetización para magnetizar un cuerpo magnético, en la que
- el medio elástico se mezcla con partículas del cuerpo magnético.
- 30 5. El dispositivo de prueba de un álabe de turbina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- un espesor o una tasa de amortiguación de propagación del medio elástico se ajusta con el fin de evitar que múltiples ondas reflejadas generadas entre la sonda y la plataforma se superpongan a las ondas de eco procedentes de una región que incluye la porción de fijación.
6. Un procedimiento de prueba de un álabe de turbina, que comprende las etapas de:
- 35 proporcionar una porción de sujeción que comprende una cámara de alojamiento y una porción de abertura, la cámara de alojamiento aloja una sonda en la que los elementos piezoeléctricos están dispuestos en una matriz y un medio elástico no compresivo,
- 40 instalar la porción de sujeción en el álabe de turbina, en la que la cámara de alojamiento está configurada para llevar el medio elástico no compresivo hacia un contacto cercano con una plataforma del álabe de turbina en la abertura, siendo la plataforma del álabe de turbina una porción cuya forma cambia de manera continua desde una superficie del extremo superior de una porción de fijación a una elevación de un cuerpo del álabe de turbina;
- transmitir ondas de ultrasonido desde la sonda hacia la porción de fijación del álabe de turbina a través del medio elástico;
- 45 recibir ondas de eco a partir de las ondas de ultrasonido transmitidas por los elementos piezoeléctricos dispuestos en la sonda; y
- formar imágenes de una región interna de la porción de fijación sobre la base de las ondas de eco.

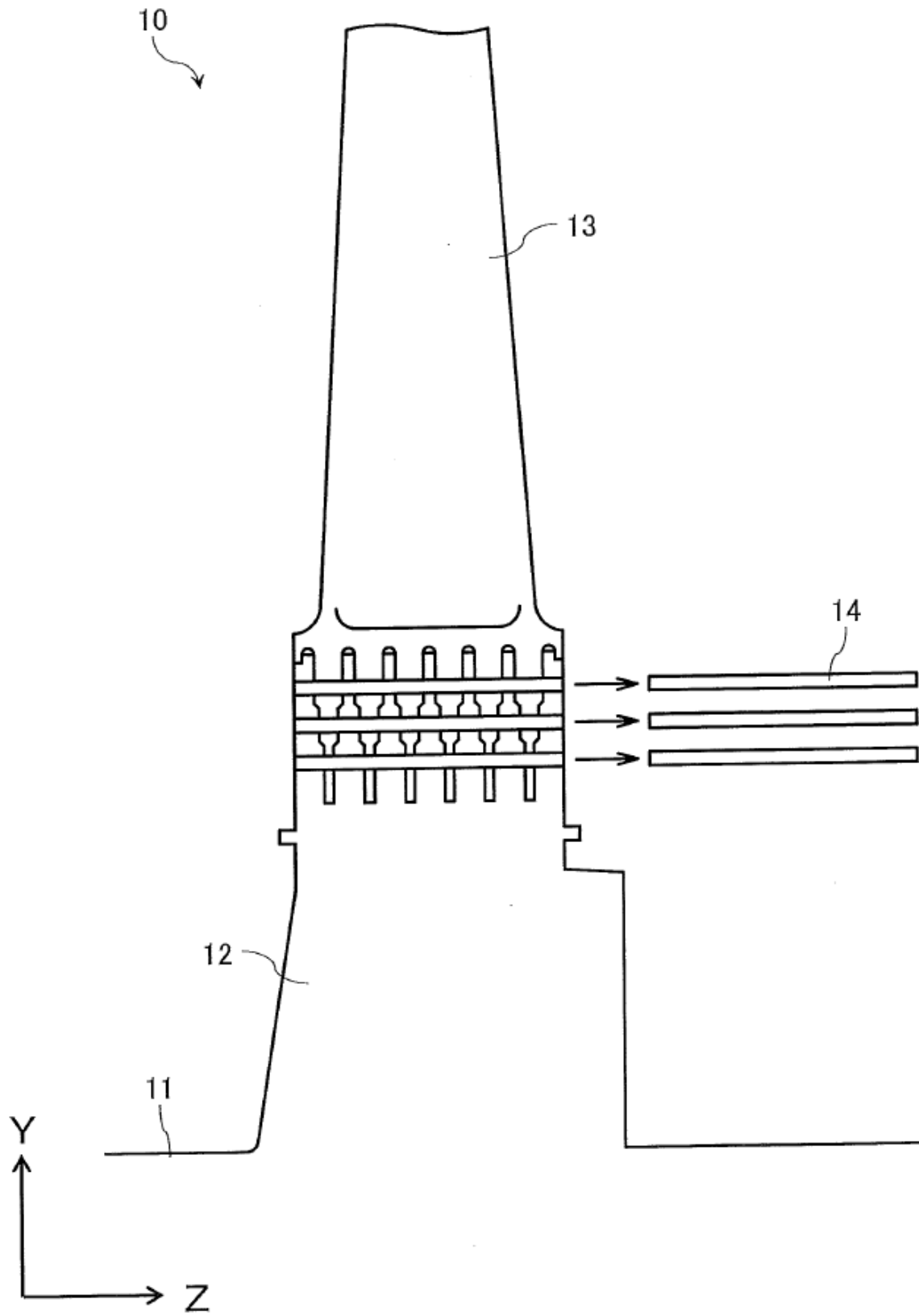


FIG. 1

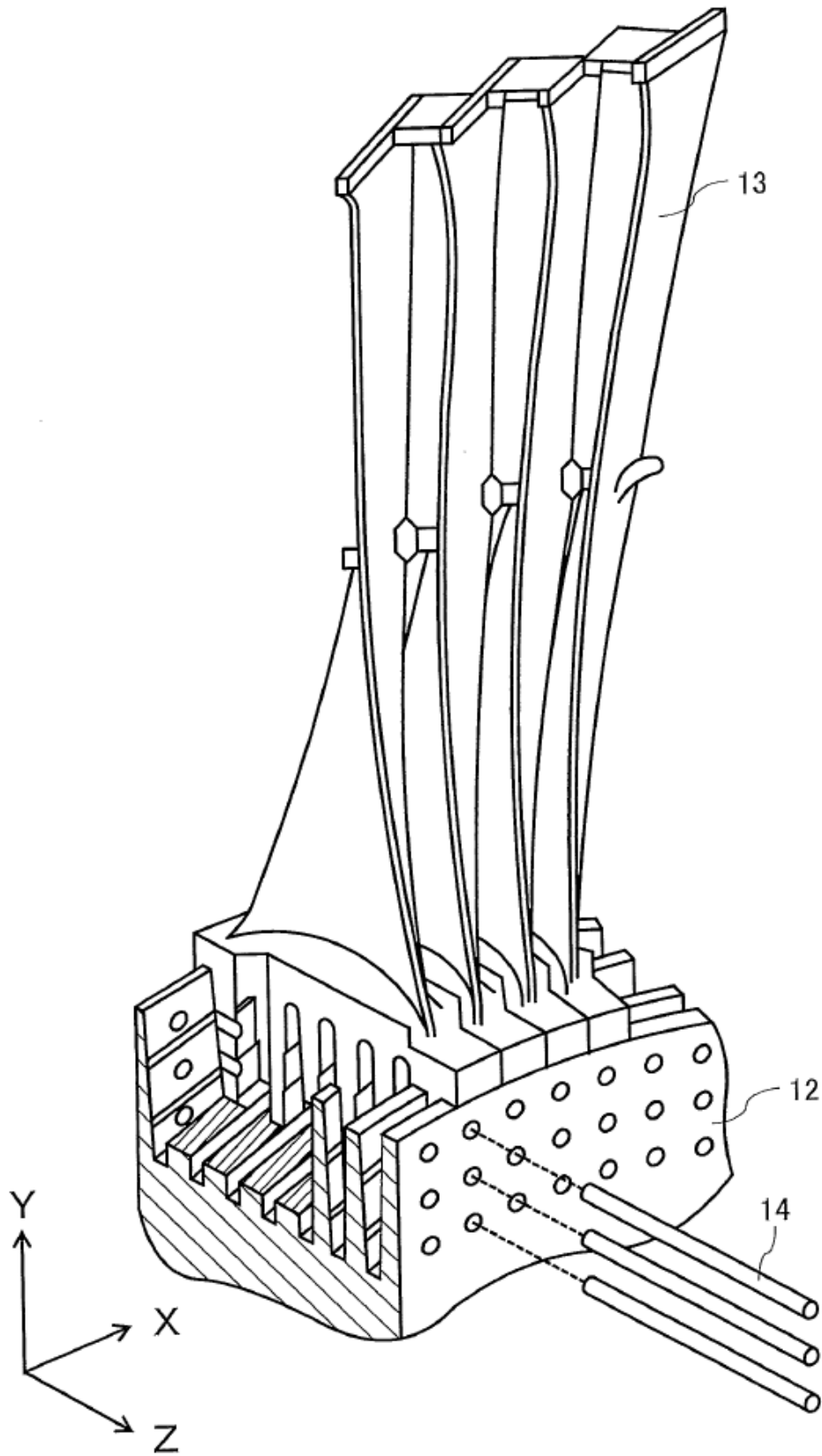


FIG. 2

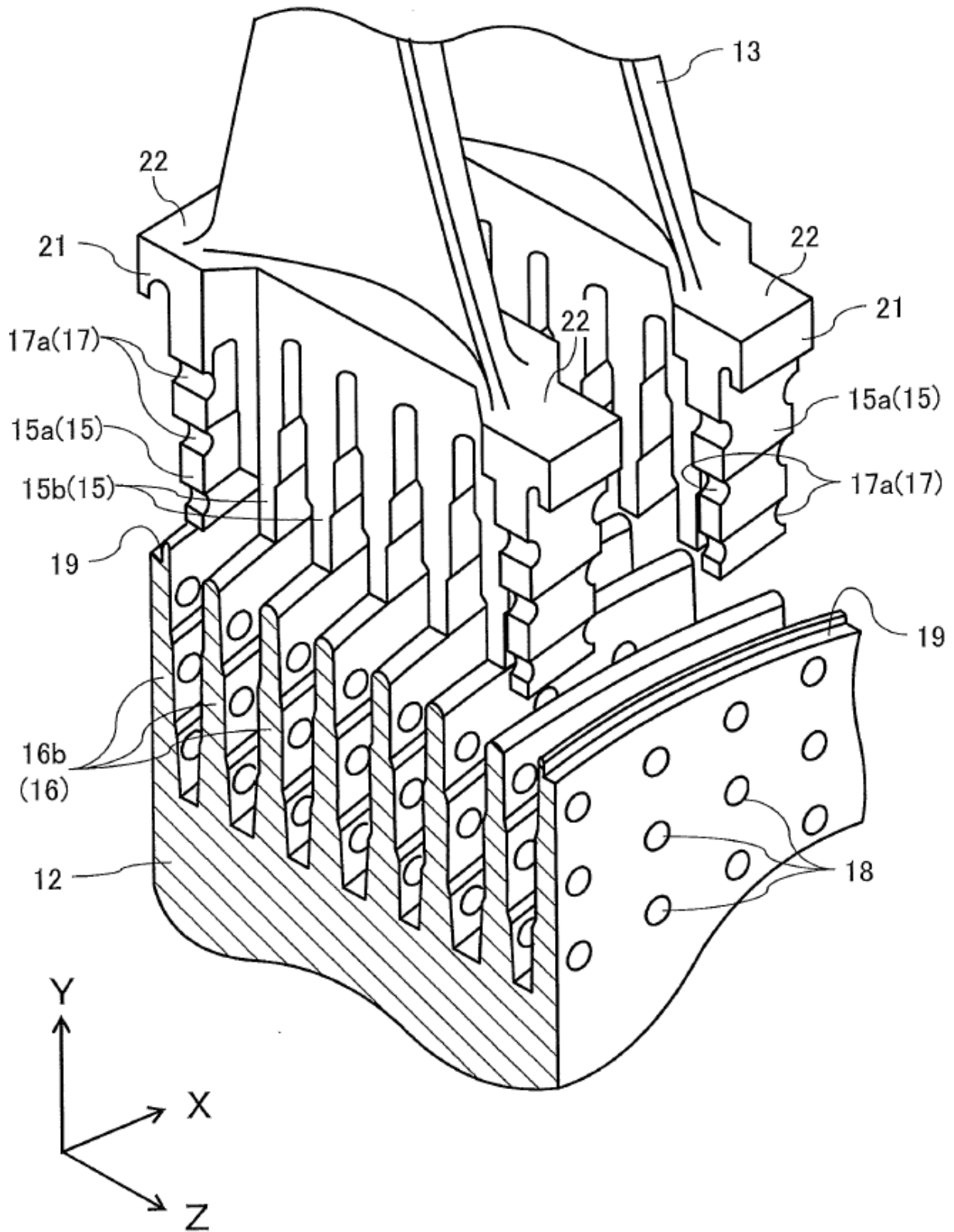


FIG. 3

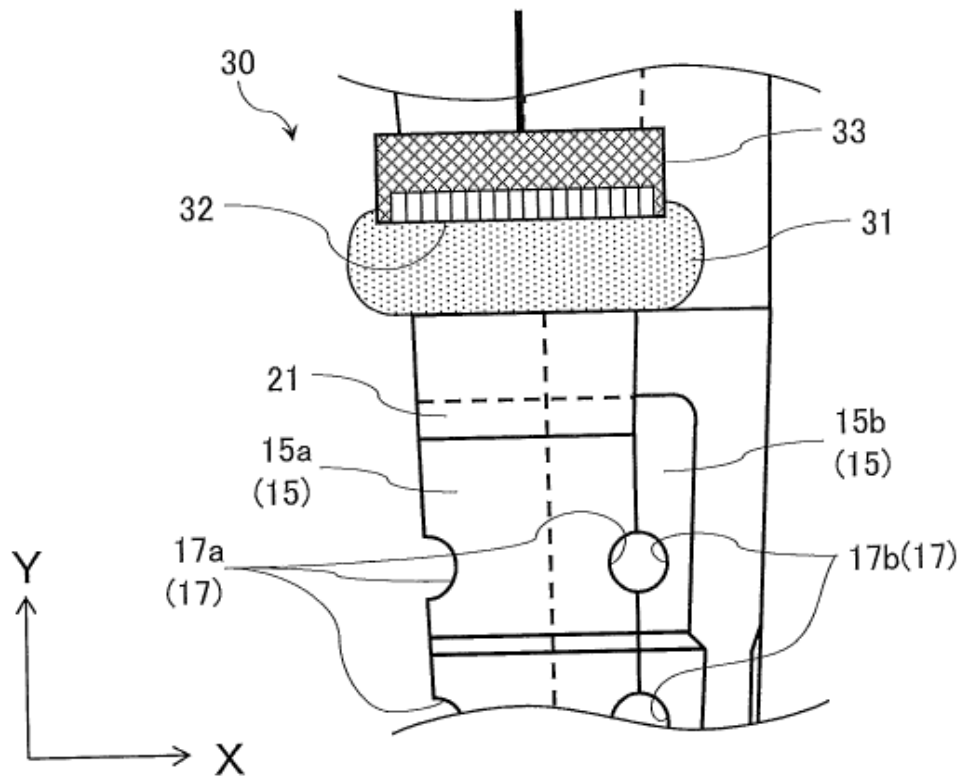


FIG. 4A

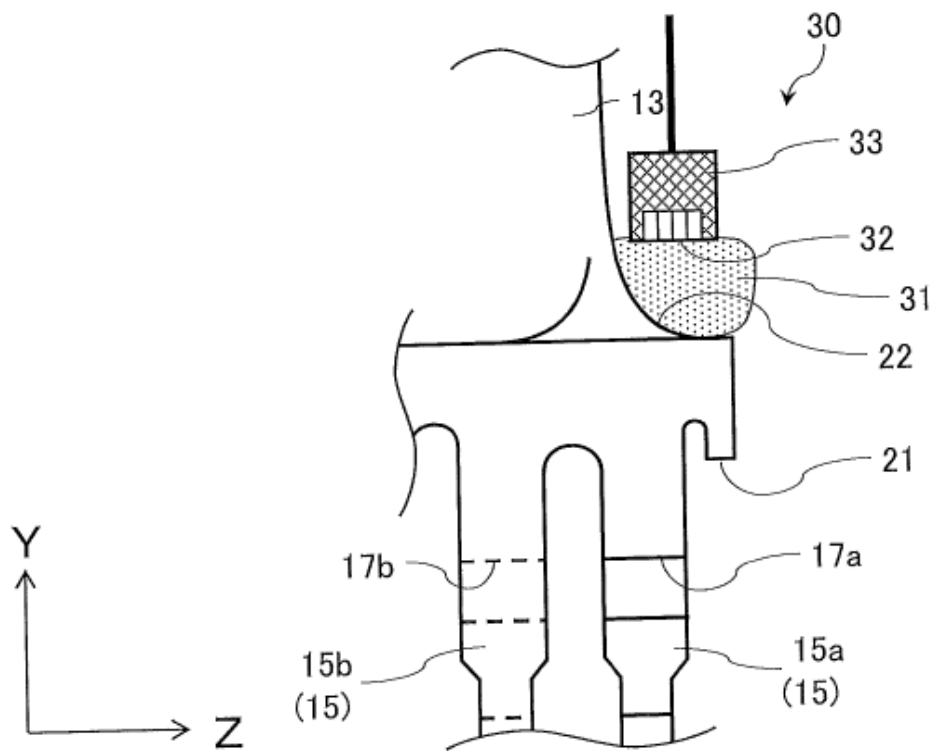


FIG. 4B

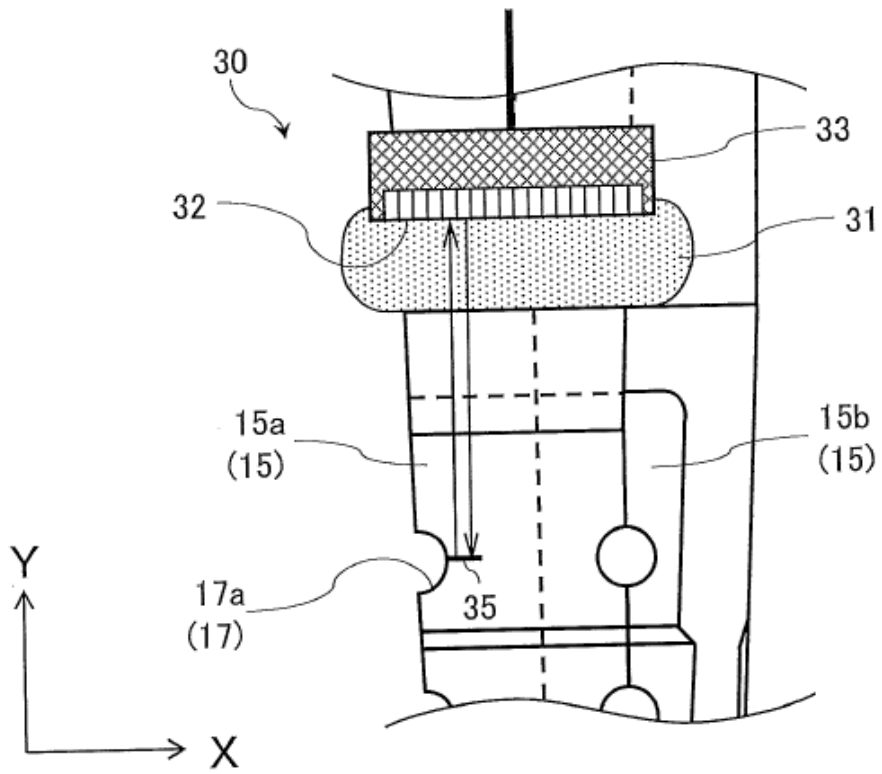


FIG. 5A

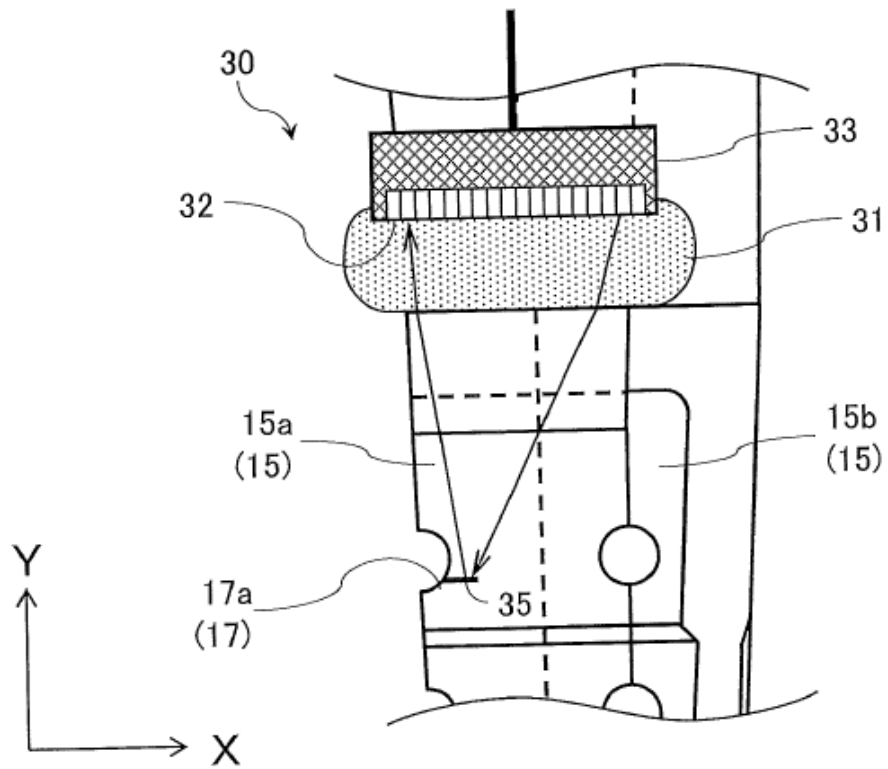


FIG. 5B

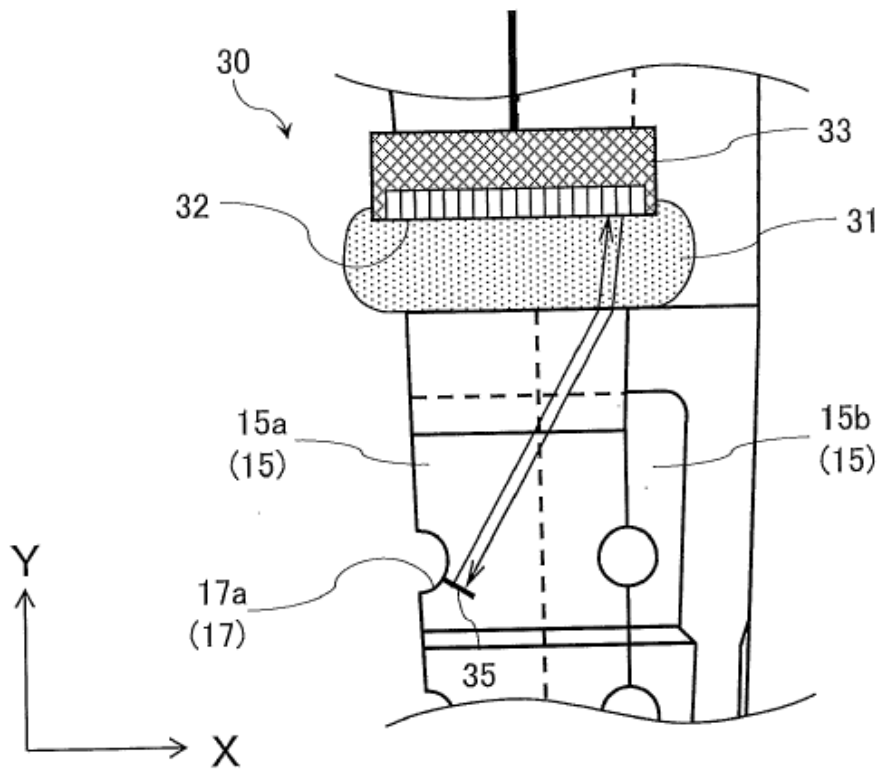


FIG. 6A

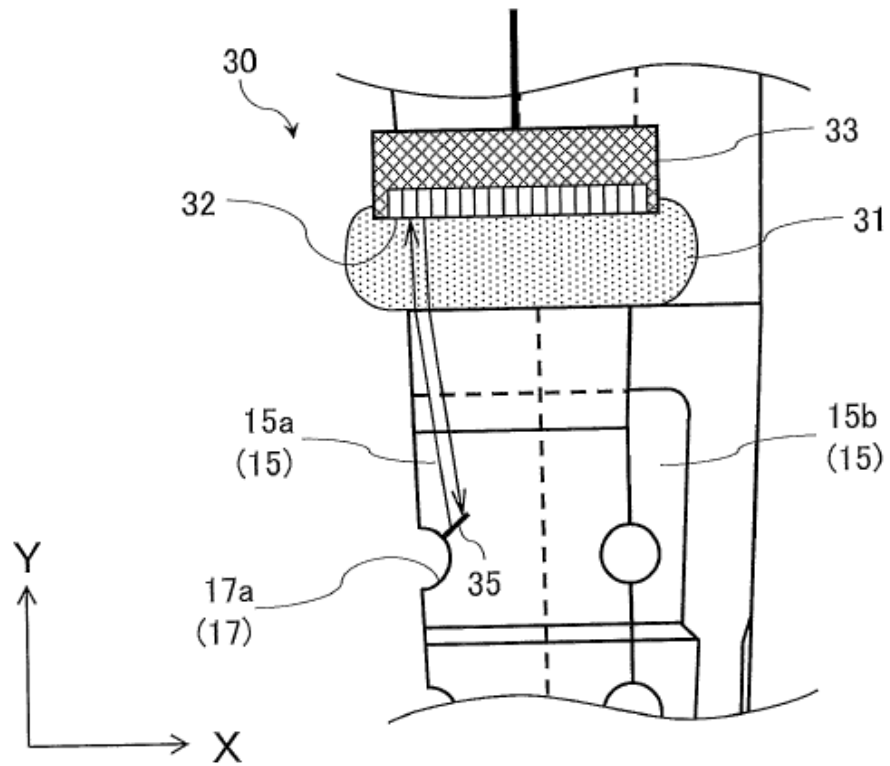


FIG. 6B

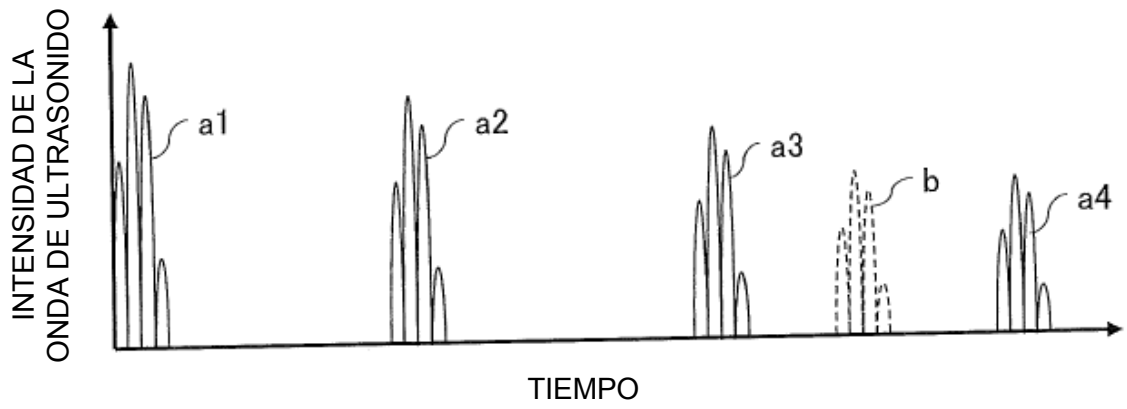


FIG. 7

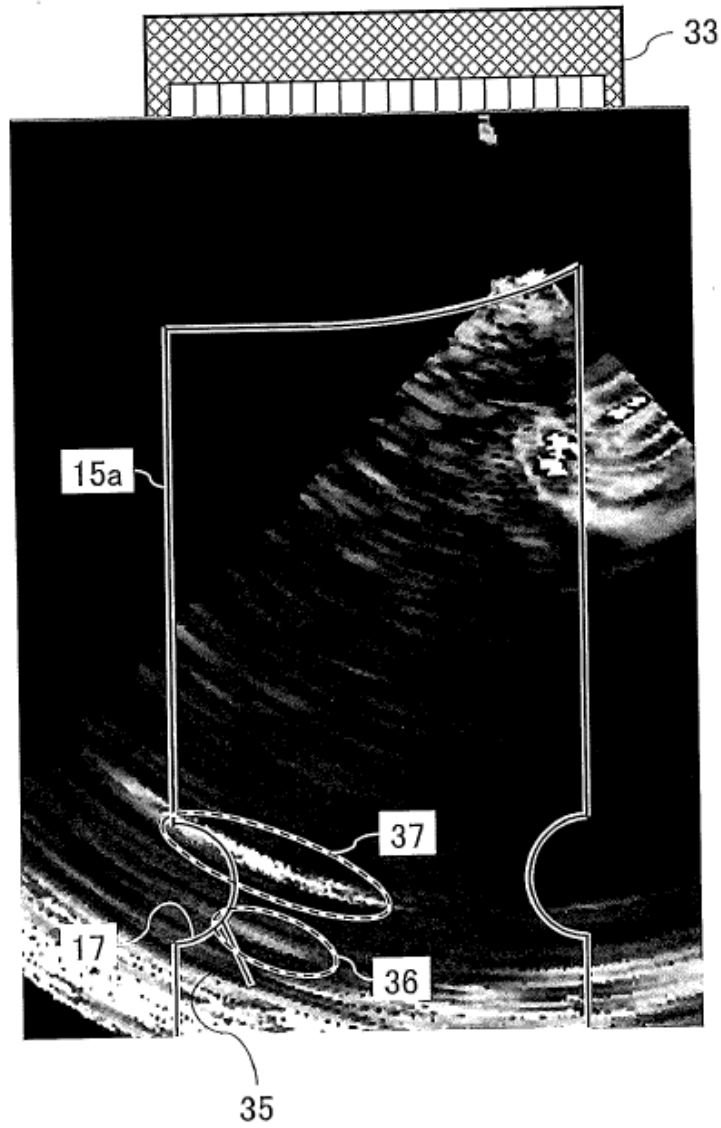


FIG. 8

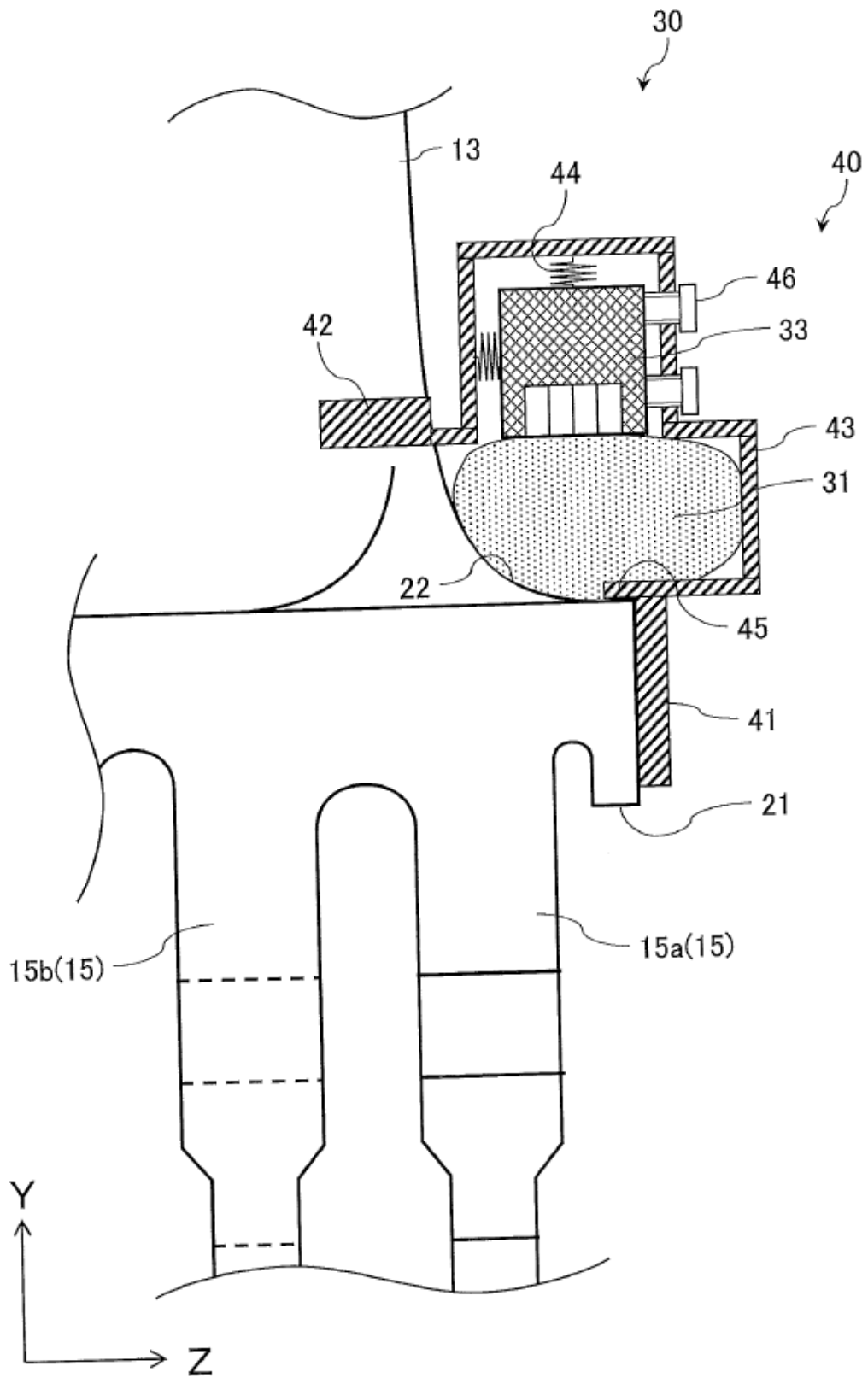


FIG. 9

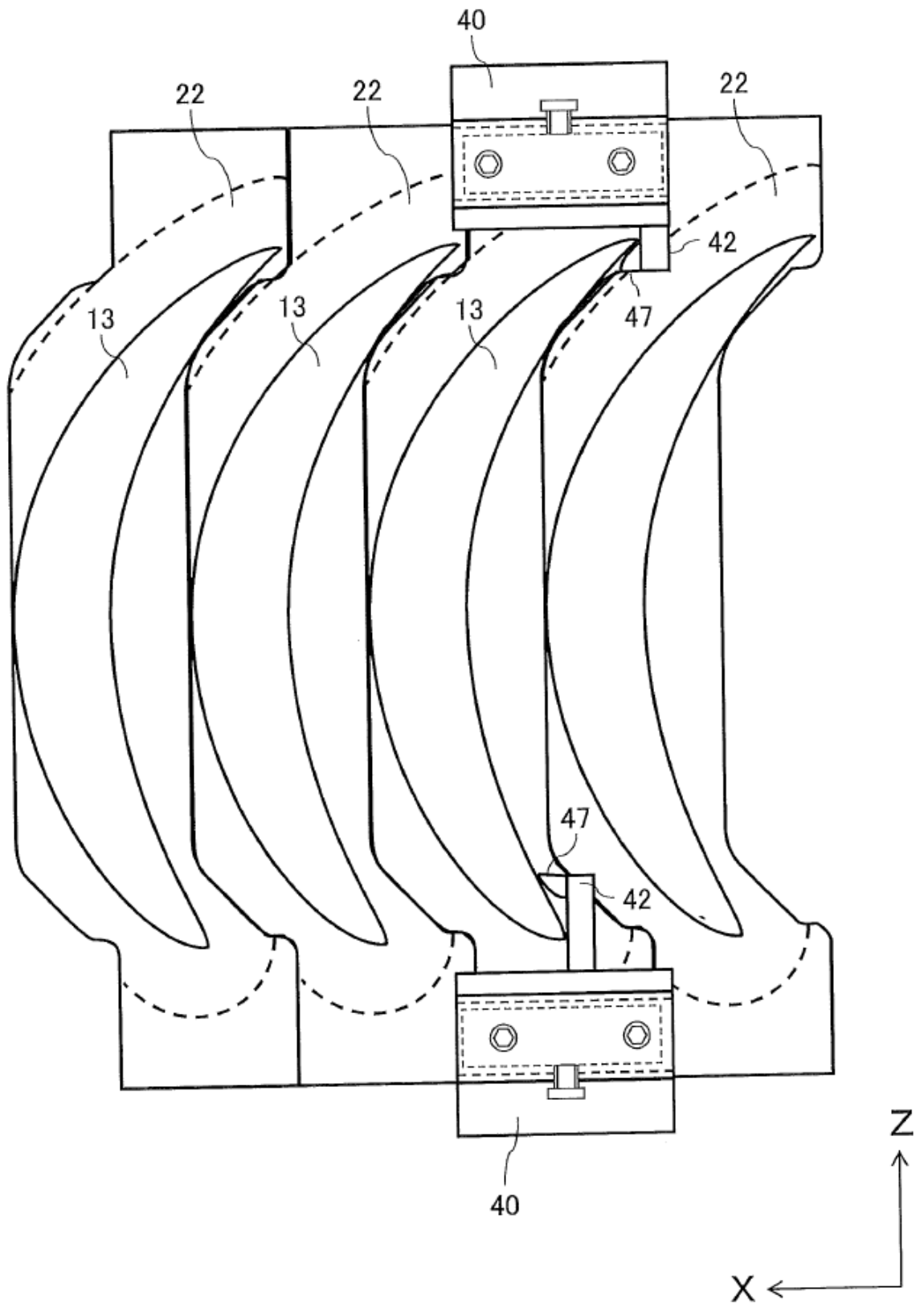


FIG. 10

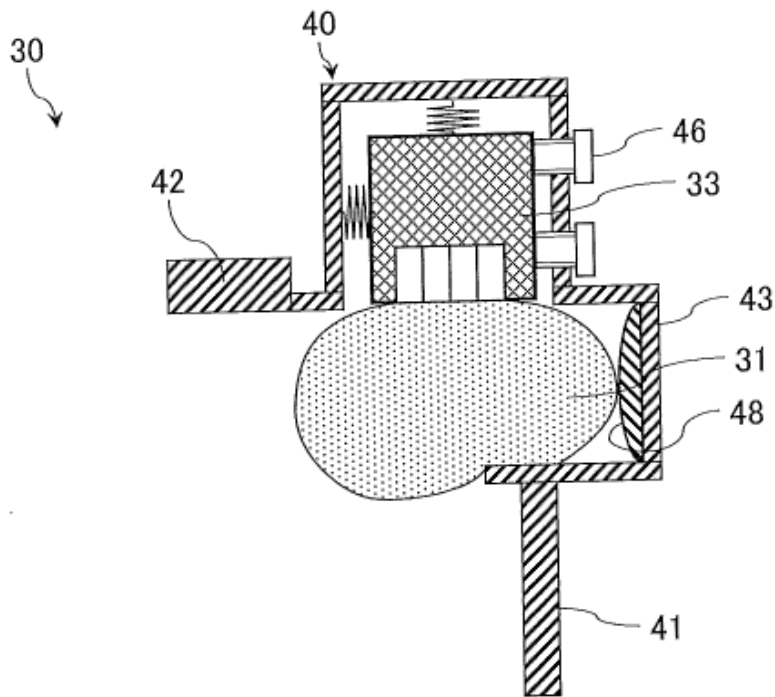


FIG. 11A

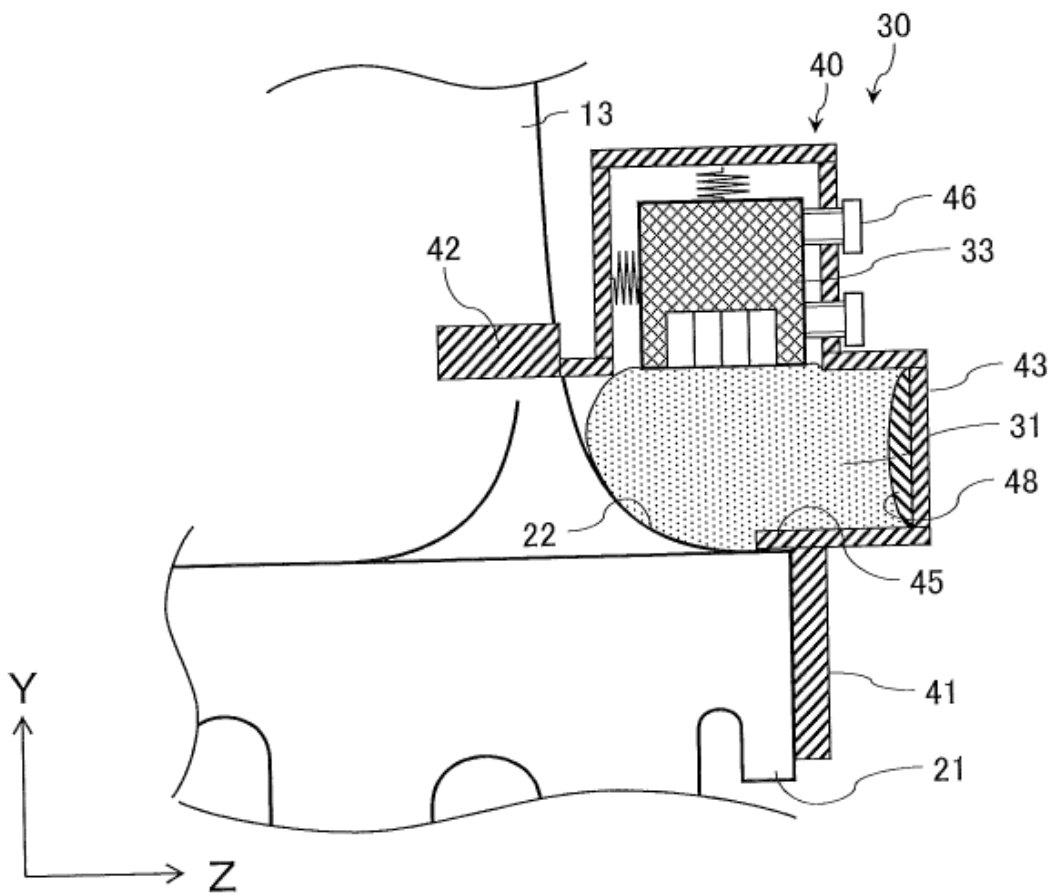


FIG. 11B

FIG. 12A

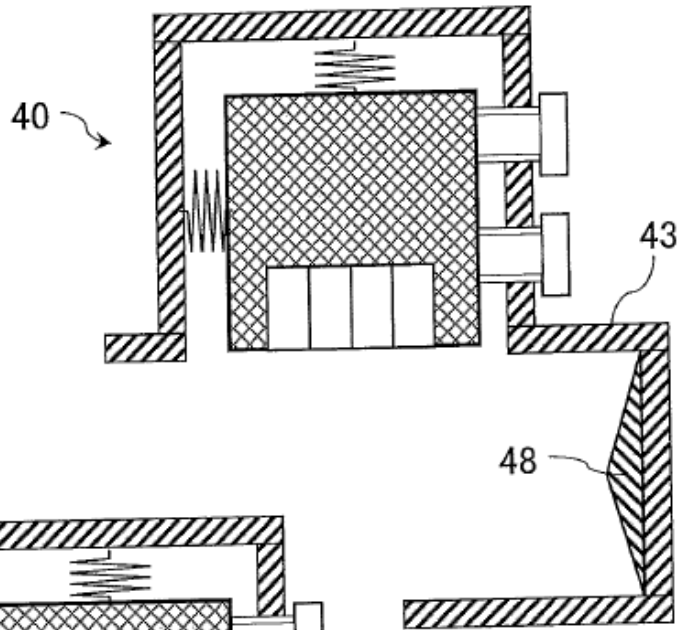
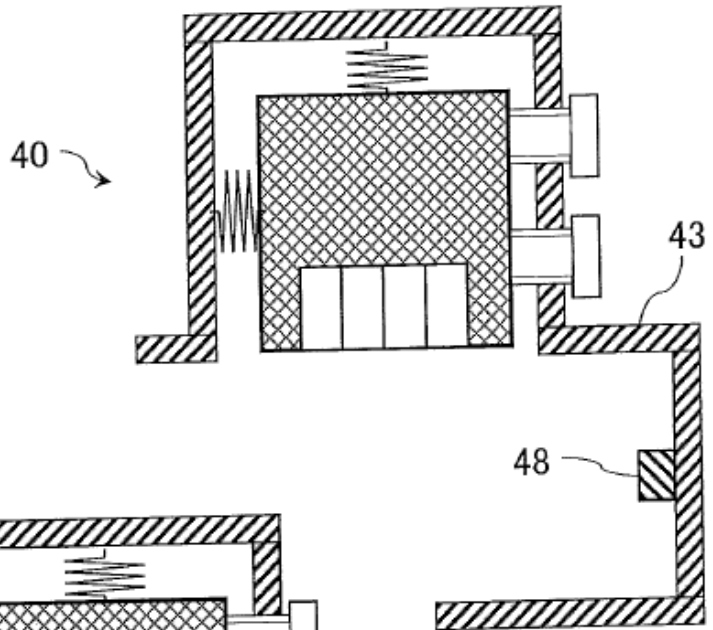


FIG. 12B

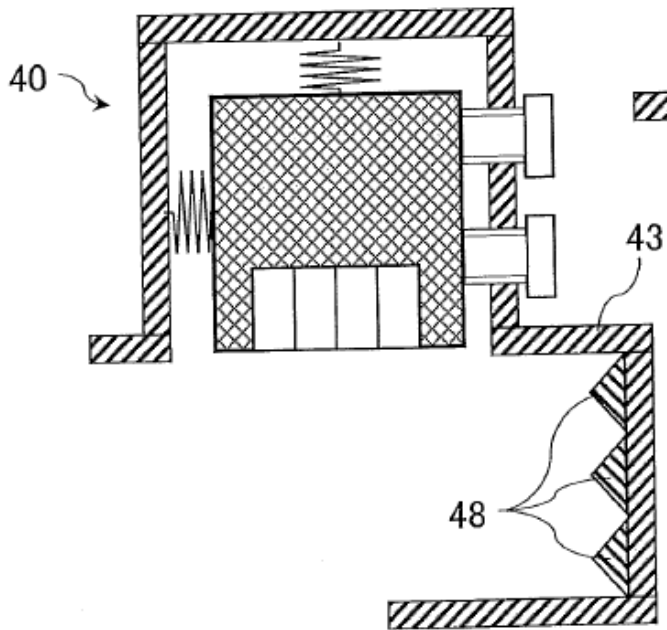


FIG. 12C

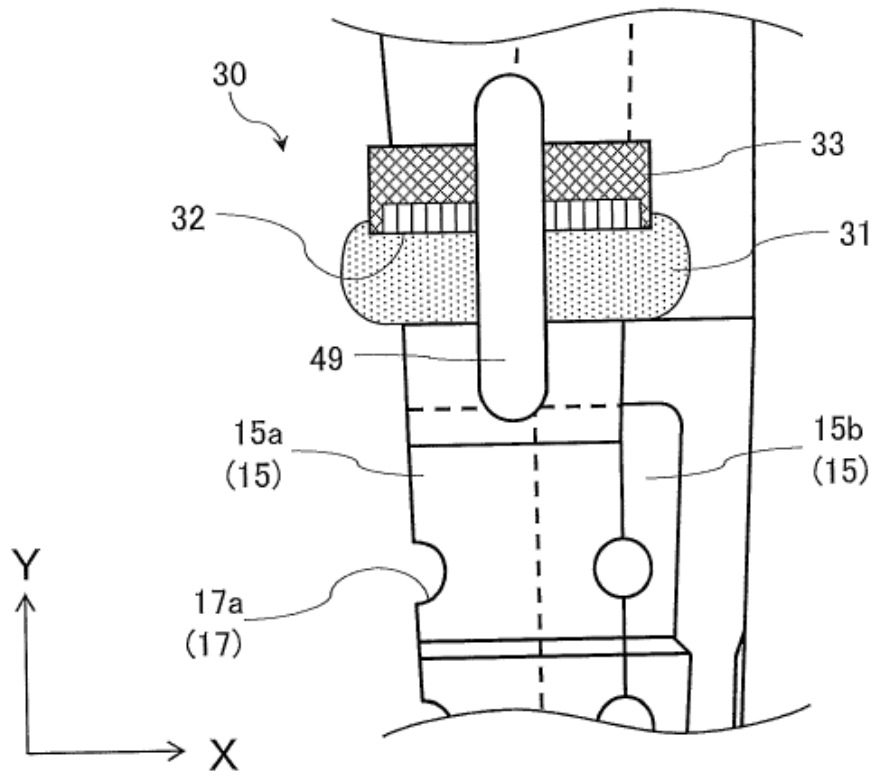


FIG. 13A

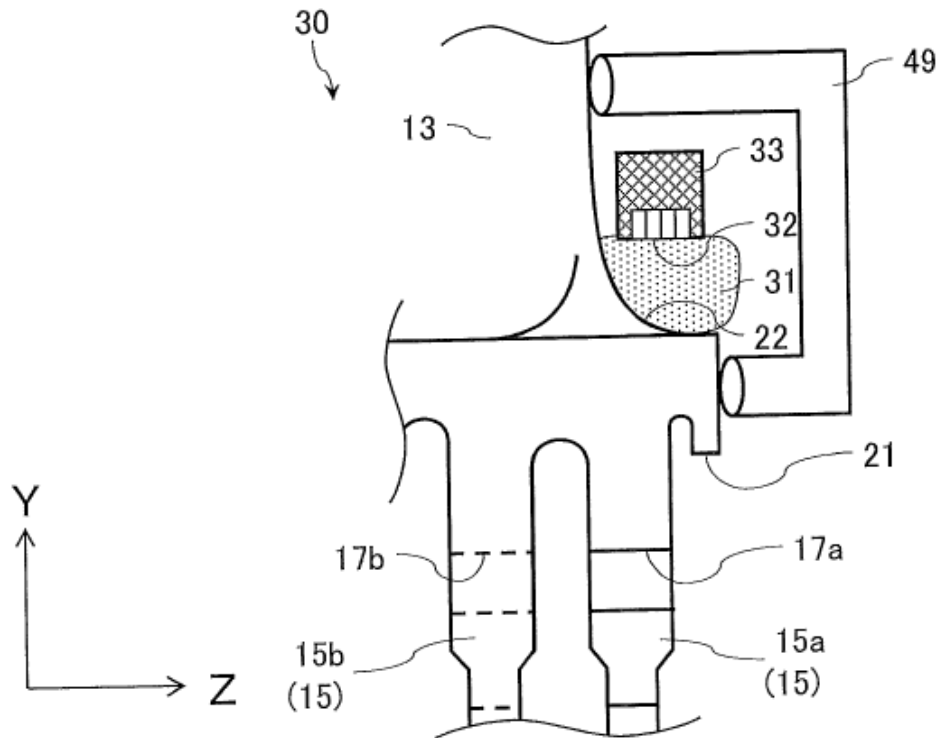


FIG. 13B

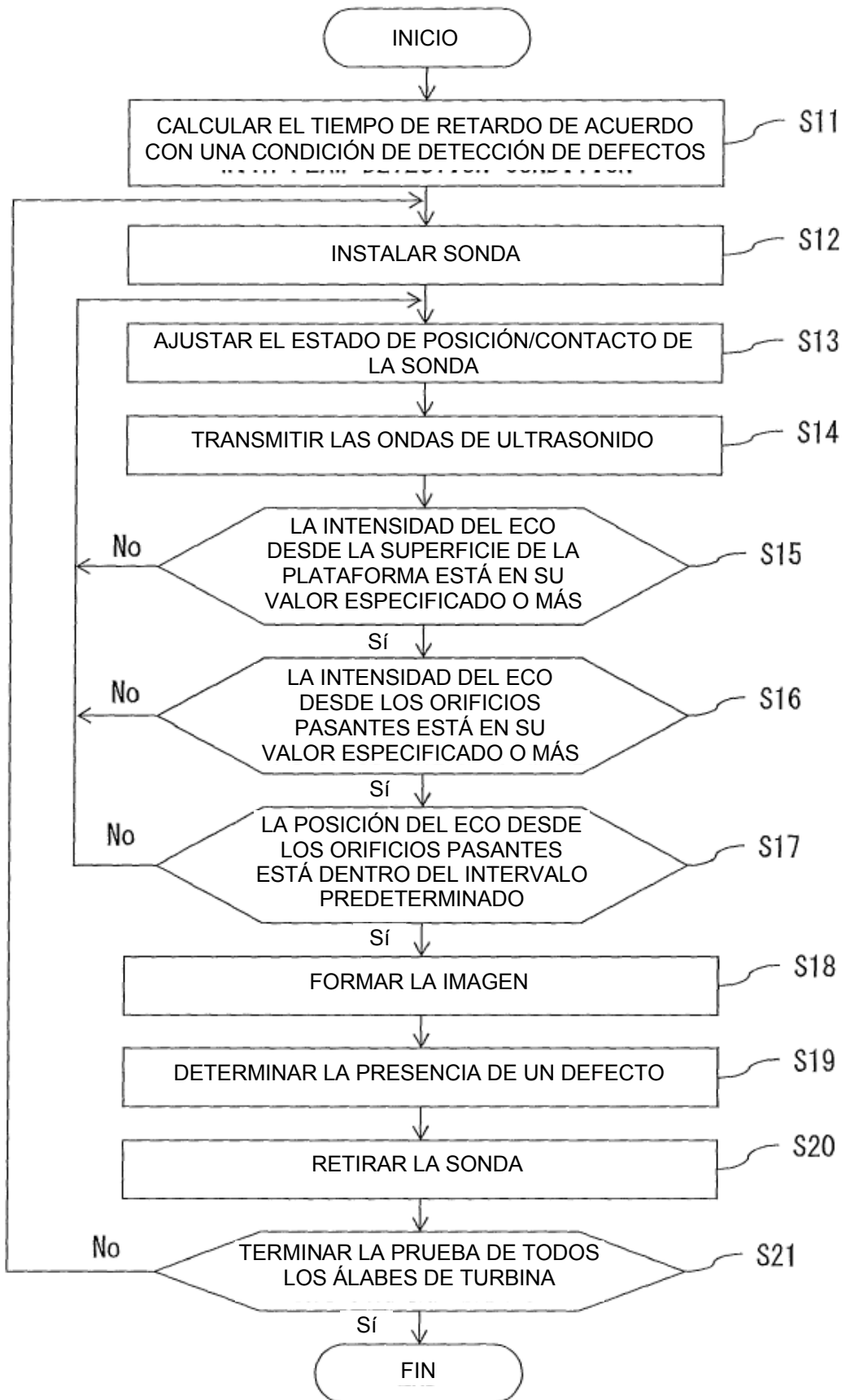


FIG. 14