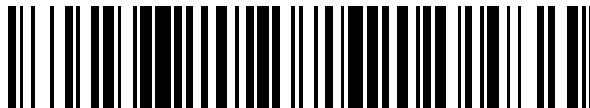


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 052**

51 Int. Cl.:

**F04F 5/46** (2006.01)

**F04F 5/10** (2006.01)

**F04F 5/54** (2006.01)

**G21C 15/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2015 E 15154098 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2017 EP 2905478**

54 Título: **Dispositivo de supresión de vibraciones para bomba de chorro y bomba de chorro**

30 Prioridad:

**07.02.2014 JP 2014022677**

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

**08.03.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WATANABE, MASANOBU;  
MATSUKAWA, KOZUE;  
SHIOYAMA, TSUTOMU;  
KINUGASA, KUNIIHIKO y  
TAKEYAMA, DAIKI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 658 052 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 supresión de vibraciones para bomba de chorro y bomba de chorro

**Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a una tecnología de supresión de vibraciones para una bomba de chorro, en particular, de un reactor de agua en ebullición, que suprime una vibración auto-excitada causada por un flujo de fuga en una junta de deslizamiento sin necesidad de sustituir los componentes de la bomba de chorro.

**Descripción de la técnica relacionada**

- 10 Un reactor de agua en ebullición incorpora una pluralidad de bombas de chorro dispuestas a intervalos a lo largo de una dirección circunferencial en un espacio anular entre una vasija de presión del reactor y un recubrimiento del núcleo en el interior de la vasija de presión del reactor. Cada una de las bombas de chorro es un componente de un sistema de recirculación utilizado para ajustar un caudal del núcleo y se compone esencialmente de un tubo ascendente, un miembro de codo, un tubo de mezcla de entrada y un difusor.

- 15 El tubo ascendente se fija por una abrazadera del tubo ascendente soldada a la pared de la vasija de presión del reactor, y el difusor se fija a una plataforma de la bomba anular en el extremo inferior de la misma. El tubo de mezcla de entrada se soporta por un soporte del tubo ascendente fijado al tubo ascendente por medio de una cuña y un tornillo de ajuste y se acopla a la porción superior del difusor en la porción inferior del mismo con una junta de deslizamiento.

- 20 La junta de deslizamiento se forma con un espacio libre estrecho (espacio libre de deslizamiento) que se adapta a una expansión térmica y asegura un ajuste en la instalación de la bomba de chorro. Un flujo de fuga se produce en el espacio libre debido a la presión de alimentación en la bomba.

- 25 Cuando el caudal del flujo de fuga aumenta y excede un cierto valor límite, el flujo en el espacio libre se vuelve inestable, y una vibración que tiene una gran amplitud, referida como una vibración auto-excitada, se produce en la bomba de chorro. Por lo tanto, es necesario que la bomba de chorro se diseñe para evitar que una vibración auto-excitada específica de este tipo ocurra bajo una condición de operación normal.

- 30 Por otro lado, aunque la amplitud de la vibración de la bomba de chorro es pequeña, una vibración aleatoria se produce también y perturba el flujo en la bomba de chorro. La vibración aleatoria no daña la unidad principal de la bomba de chorro. Sin embargo, si la bomba de chorro se somete a la vibración aleatoria durante un largo tiempo, una cuña que fija el tubo de mezcla de entrada al tubo ascendente o un tornillo de ajuste y un soporte del tubo ascendente puede deslizarse y desgastarse. Si tal desgaste por deslizamiento progresa, la rigidez de estos componentes disminuye, y la capacidad de soporte del tubo de mezcla de entrada disminuye. Como resultado, el caudal límite al que el flujo de fuga en la junta de deslizamiento provoca una vibración auto-excitada disminuye y la es más probable que ocurra la vibración auto-excitada.

- 35 Mientras tanto, existe un procedimiento conocido de reducir el desgaste y la vibración de una cuña que permite que el soporte del tubo ascendente fijado a la tubería ascendente soporte el mezclador de entrada, el tornillo de ajuste o el soporte del tubo ascendente, proporcionando una cuña de ajuste.

- 40 En los Estados Unidos, un intento de aumentar la potencia de una central nuclear existente ya se ha realizado, y se contempla aumentar el caudal del núcleo. Si se aumenta el caudal del núcleo, el caudal del flujo de fuga a través el espacio libre en la junta de deslizamiento aumenta también, y es más probable que ocurra la vibración auto-excitada.

- Con el fin de suprimir las vibraciones auto-excitadas causados por dicho flujo de fuga en la junta de deslizamiento, un procedimiento conocido suprime la vibración al aliviar la causa de la vibración auto-excitada debido a un flujo de fuga, y otra tecnología conocida mejora la rigidez al aumentar el número de porciones de soporte del tubo de entrada (por ejemplo, véase Documento de Patente 1: Patente Japonesa Abierta n°. 2010-242.581).

- 45 Un caso de aumento de la potencia de una central eléctrica nuclear, si aumenta el caudal del núcleo, el caudal de un flujo de fuga en una junta de deslizamiento aumentará también. De lo contrario, incluso si el caudal del núcleo no aumenta, el caudal del flujo de fuga en la junta de deslizamiento aumenta en un caso en el que la pérdida de presión del difusor aumenta debido al revestimiento sobre la superficie periférica interior del difusor después de un largo período de operación o cuando la pérdida de presión en el núcleo aumenta con el tiempo. Bajo tales condiciones, la posibilidad de aparición de una vibración auto-excitada no se puede eliminar por lo que el caudal del flujo de fuga en la junta de deslizamiento aumenta.

- 50 Cuando el caudal del flujo de fuga en la junta de deslizamiento entre el tubo de mezcla de entrada y el difusor de la bomba de chorro aumenta y excede de un cierto valor límite, el flujo en el espacio libre se vuelve inestable, y una vibración que tiene una gran amplitud, referida como una vibración auto-excitada, se producirá.

Como se describe en el Documento de Patente 1, un posible procedimiento para evitar una ocurrencia de la vibración auto-excitada de este tipo es conformar el espacio libre en la junta de deslizamiento en la forma de un canal de flujo estable, ahusado en la dirección del flujo de fuga, para así aliviar la causa de las vibraciones auto-excitadas debido a un flujo de fugas y suprimir la vibración.

5 La forma del canal de flujo de fuga que se ahúsa a lo largo del flujo consigue un efecto de supresión de las vibraciones auto-excitadas. Sin embargo, este procedimiento implica una modificación de la forma del tubo de mezcla de entrada, que puede requerir la sustitución del propio mezclador de entrada, siendo por lo tanto un inconveniente.

10 Se ha convertido en un requisito previo suprimir el riesgo de aparición de vibraciones auto-excitadas en el caso en que el flujo de fuga en la porción de junta desde el interior hacia el exterior de la bomba de chorro aumente debido a un aumento en el caudal del núcleo o pérdida de presión del núcleo. En las plantas actuales, que normalmente operan con bombas de recirculación de dos reactores que alimentan un flujo de accionamiento a la bomba de chorro, un ligero flujo de fuga se produce en la junta de deslizamiento desde el interior hacia el exterior de la bomba de chorro, incluso cuando no hay un aumento en el caudal del núcleo.

15 En un caso raro, una planta se opera con solo una bomba de recirculación de reactor, lo que se conoce como operación de una sola bomba. Bajo tales condiciones, el flujo de fuga en la junta de deslizamiento se convierte en un flujo hacia atrás en dirección desde el exterior hacia el interior de la bomba de chorro en lugar de un flujo normal hacia delante en dirección desde el interior hacia el exterior de la bomba de chorro. En el caso del flujo hacia atrás, no se puede suprimir la ocurrencia de la vibración auto-excitada por el canal de flujo que tiene una forma conformada para ahusarse a lo largo del flujo hacia delante.

20 El documento US2002/106281 describe un procedimiento para aplicar una carga de soporte lateral a una junta deslizante de bomba de chorro. El método incluye situar un dispositivo de ovalización alrededor del difusor y accionar el dispositivo de ovalización para aplicar una carga predeterminada a la junta de deslizamiento creando una deformación oval del difusor.

## 25 **Sumario de la invención**

La presente invención fue concebida en consideración de las circunstancias mencionadas anteriormente y un objeto de la misma es proporcionar una bomba de chorro y un dispositivo de supresión de vibraciones para una bomba de chorro que puede suprimir una vibración auto-excitada causada por un flujo de fuga en una junta de deslizamiento, no solo cuando un flujo de fuga es un flujo hacia delante, sino también cuando se trata de un flujo hacia atrás.

30 Los objetos anteriores y otros se pueden lograr de acuerdo con la presente invención proporcionando un dispositivo de supresión de vibraciones y una bomba de chorro, en el que la bomba de chorro está situada en una vasija de presión de un reactor de agua en ebullición y está provista de un tubo de mezcla de entrada acoplado a un tubo ascendente y un difusor acoplado al tubo de mezcla de entrada por medio de una junta de deslizamiento, y una boquilla de entrada, el dispositivo de supresión de vibraciones está provisto de un manguito de extensión dispuesto en una porción superior del difusor de la bomba de chorro y constituye un canal de flujo de extensión en un lado corriente abajo de un flujo de fuga hacia delante en un espacio libre de deslizamiento desde el interior hacia el exterior de la bomba de chorro formada entre una superficie periférica interior del difusor y una superficie periférica exterior del tubo de mezcla de entrada, y el manguito de extensión tiene una forma tal que el canal de flujo de extensión tiene una región en la que la anchura del canal de flujo es constante en una longitud y en el que la anchura del canal de flujo del canal de flujo de extensión es más de cero y no más de 2,46 veces más grande que una anchura del canal de flujo mínima del espacio libre de deslizamiento.

De acuerdo con las realizaciones de la presente invención de los aspectos descritos anteriormente, la vibración auto-excitada causada por un flujo de fuga en una junta de deslizamiento se puede suprimir no solo cuando el flujo de fuga es un flujo hacia delante, sino también cuando es un flujo hacia atrás.

45 La naturaleza y otros rasgos característicos de la presente invención quedarán más claros a partir de las siguientes descripciones hechas con referencia a los dibujos adjuntos.

## **Breve descripción de los dibujos**

la Figura 1 es una vista que muestra una estructura en sección vertical de un reactor de agua en ebullición (BWR);

50 la Figura 2 es una vista esquemática que muestra una bomba de chorro de acuerdo con una realización proporcionada en una vasija de presión del BWR;

la Figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea III-III de la Figura 2;

la Figura 4 es una vista en sección transversal de una porción esencial de una superficie  $\Omega$  plana, de la Figura 2, de una junta de deslizamiento formada en una porción de acoplamiento de un difusor y un tubo de mezcla de entrada de la bomba de chorro.;

55 la Figura 5 es una vista en sección vertical que muestra un dispositivo de supresión de vibraciones de la bomba de chorro de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

la Figura 6 es una vista en perspectiva que muestra un manguito de extensión proporcionado en el dispositivo de supresión de vibraciones mostrado en la Figura 5 en un estado (A) desmontado y un estado (B) montado; la Figura 7 es una vista que representa una relación, en un caso de un flujo hacia delante, entre una longitud de canal de flujo relativa y un caudal límite para la aparición de una vibración auto-excitada, en la que se especifica una anchura relativa del canal de flujo; la Figura 8 es una vista que representa una relación, en un caso de un flujo hacia atrás, entre la longitud relativa del canal de flujo y el caudal límite para la aparición de una vibración auto-excitada, en la que se especifica la anchura relativa del canal de flujo; y la Figura 9 que incluye la Figura 9A y la Figura 9B, en la que la Figura 9A es una vista en sección vertical que muestra una segunda realización de un dispositivo de supresión de vibraciones para una bomba de chorro de acuerdo con la presente invención, y la Figura 9B es una vista superior en sección transversal de un manguito de extensión instalado en un tubo de mezcla de entrada.

### **Descripción de la realización preferida**

A continuación, realizaciones de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos adjuntos. Además, se debe señalar que los términos "superior", "inferior", "derecho", "izquierdo" y términos similares que indican la dirección se utilizan en la presente memoria con referencia a los dibujos adjuntos o en un caso de uso real.

[Primera realización]

Con referencia a las Figuras 1 y 2 que muestran un reactor 10 de agua en ebullición (BWR) de acuerdo con una realización de la presente invención (Figura 1) y una bomba 12 de chorro (Figura 2) proporcionado en una sección 11 del tubo de bajada del BWR 10, un núcleo 15 del reactor se dispone en una vasija 13 de presión del reactor, y la sección 11 del tubo de bajada se forma en un manguito o forma anular entre un recubrimiento 16 del núcleo que rodea el núcleo 15 del reactor y la vasija 13 de presión del reactor.

En la sección 11 del tubo de bajada, una pluralidad de bombas 12 de chorro se disponen a lo largo de la dirección circunferencial para causar la circulación forzada de un medio de refrigeración primario en la vasija 13 de presión del reactor desde una cámara 17 impelente inferior del núcleo en el núcleo 15 del reactor. El recubrimiento 16 del núcleo se soporta por una placa 19 de soporte del recubrimiento.

Un cabezal 20 del recubrimiento que cubre una cámara 18 impelente superior del núcleo se dispone por encima del núcleo 15 del reactor, y un separador 21 de vapor se dispone por encima del cabezal 20 del recubrimiento con un tubo ascendente 22 interpuesto entremedio. Un secador 24 de vapor se dispone por encima del separador 21 de vapor, y el secador 24 de vapor seca el vapor separado desde el separador 21 de vapor y suministra el vapor seco resultante a una turbina de vapor (no mostrada) como un vapor principal a través de una línea de vapor principal (sistema) para accionar la turbina de vapor.

Fuera de la vasija 13 de presión del reactor, se proporcionan dos sistemas 25 de recirculación del reactor, y cada uno de los sistemas 25 de recirculación del reactor se configura para causar la circulación forzada del refrigerante primario en la vasija 13 de presión del reactor en el núcleo 15 del reactor a través de bombas 12 de chorro por la acción de una bomba 26 de recirculación del reactor, que es una bomba externa, para eliminar de ese modo el calor generado en el núcleo 15 del reactor. El sistema 25 de recirculación del reactor controla la potencia térmica del reactor (la cantidad de vapor generado) mediante el ajuste de la velocidad de bomba de la bomba 26 de recirculación del reactor para cambiar el caudal del refrigerante suministrado al núcleo 15 del reactor.

Una pluralidad de bombas 12 de chorro, dieciséis o veinte bombas 12 de chorro, se disponen, por ejemplo, en la sección 11 del tubo de bajada en la vasija 13 de presión del reactor. La pluralidad de bombas 12 de chorro dispuestas fuera del núcleo 15 del reactor en la dirección circunferencial del mismo causan el flujo de circulación forzado del refrigerante en la vasija 13 de presión del reactor.

Un fluido de conducción para la bomba 12 de chorro es un flujo de descarga de la bomba 26 de recirculación del reactor, que es una bomba externa. El fluido de conducción se introduce en la bomba 26 de recirculación del reactor de la sección 11 del tubo de bajada en la porción inferior de la vasija 13 de presión del reactor a través de un tubo 28 de admisión para subir la presión. El fluido de conducción con presión elevada por la bomba 26 de recirculación del reactor pasa a través de un tubo 29 de descarga y se divide por el tubo de cabecera (no mostrado) en una pluralidad de flujos de ramificación, que se introducen a continuación en las bombas 12 de chorro respectiva.

La bomba 26 de recirculación del reactor tiene una función de circulación del agua del reactor, que sirve como refrigerante. El (fluido motor) agua del reactor descargada por la bomba 26 de recirculación del reactor fluye a través del tubo 29 de descarga hasta un tubo 31 ascendente de la bomba 12 de chorro en la vasija 13 de presión del reactor, da la vuelta en una porción 32 de codo y se introduce en una boquilla 35 de entrada. La boquilla 35 de entrada guía el fluido de conducción junto con agua del reactor (fluido conducido) introducido desde los alrededores en un tubo 33 de mezcla de entrada, donde el fluido de conducción se mezcla suficientemente con el fluido aspirado. El fluido mixto resultante restaura la presión en un difusor 34 y se suministra después al núcleo 15 del reactor a través de la cámara 17 impelente inferior del núcleo.

5 Como se muestra en la Figura 2, la bomba 12 de chorro incluye esencialmente el tubo 31 ascendente que se extiende desde una boquilla 30 de entrada de recirculación en la sección 11 del tubo de bajada (Figura 1), las porciones 32 de codo, que tienen la parte doblada en 180 grados proporcionada en la parte superior del tubo 31 ascendente, los tubos 33 de mezcla de entrada dispuestos en el lado corriente abajo de las porciones 32 de codo, y los difusores 34 proporcionados en el lado corriente abajo de los tubos 33 de mezcla de entrada.

Las partes 32 de codo dividen el fluido de conducción que fluye hacia arriba a través del tubo 31 ascendente en flujos de ramificación izquierdo y derecho, hacen que los flujos de ramificación den la vuelta y guían a los flujos de ramificación hasta las boquillas 35 de entrada.

10 La bomba 12 de chorro incluye las boquillas 35 de entrada conectadas a las porciones 32 de codo que tiene una parte doblada a 180 grados. El tubo 33 de mezcla de entrada mezcla el fluido motor y el fluido conducido desde una boca 36 de campana, guía el fluido conducido (fluido aspirado) aspirado por el fluido de conducción eyectado desde la boquilla 35 de entrada. El difusor 34 se conecta al lado corriente abajo del tubo 33 de mezcla de entrada. El difusor 34 se fija a la plataforma 37 de bomba en el extremo inferior de la misma.

15 La bomba 12 de chorro está provista de miembros 39 y 40 de ajuste mecánicos en las entradas de las porciones 32 de codo y los difusores 34, y estos miembros 39 y 40 de ajuste permiten la retirada de la parte 32 de codo, la boquilla 35 de entrada, la boca 36 de campana, y del tubo 33 de mezcla de entrada, que son una estructura integral.

La porción de extremo inferior del tubo 33 de mezcla de entrada se encaja en la porción superior del difusor 34 y sirve como una junta 40 de deslizamiento.

20 El tubo 31 ascendente de la bomba 12 de chorro se fija a y se soporta por una abrazadera 43 del tubo ascendente soldada a la pared interior de la vasija 13 de presión del reactor. Como se muestra en la Figura 3, los soportes 44 del tubo ascendente que fijan los tubos 33 de mezcla de entrada se fijan en los lados opuestos del tubo 31 ascendente. El tubo 33 de mezcla de entrada se soporta en tres puntos sobre y se fija a la abrazadera 44 del tubo ascendente por una cuña 45 y los tornillos 46.

25 El tubo 33 de mezcla de entrada tiene una porción de hinchamiento en el extremo inferior del mismo. Como se muestra en la Figura 4, la porción inferior del tubo 33 de mezcla de entrada se encaja en la porción superior del difusor 34 para formar la junta 40 de deslizamiento. La junta 40 de deslizamiento está provista de un ligero espacio libre (espacio 41 libre de deslizamiento) para absorber la expansión térmica y asegurar una asignación en el ajuste durante la instalación, y un canal de flujo se forma por este espacio libre en la junta 40 de deslizamiento. En el espacio 41 libre de deslizamiento, que se forma en la junta 40 de deslizamiento entre el tubo 33 de mezcla de entrada y el difusor 34, un flujo A de fuga hacia delante se genera como un flujo en el espacio libre debido a una presión de alimentación de fluido en la bomba 12 de chorro.

30 El espacio 41 libre de deslizamiento tiene una forma de canal de flujo del espacio libre en expansión que se expande gradualmente a medida que va en un lado corriente abajo del flujo A de fuga. En el caso en el que el espacio 41 libre de deslizamiento constituye la forma del canal de flujo del espacio libre en expansión, el aditivo de amortiguación del flujo A de fuga tiende probable a servir como una fuerza de amortiguación negativa.

35 Como un fenómeno real, cuando el caudal del flujo A de fuga excede un cierto valor límite, el flujo del fluido se vuelve inestable, y una vibración que tiene una gran amplitud referenciada como vibración auto-excitada, se produce. Por el contrario, en el caso en el que el flujo A de fuga constituye una forma del canal del flujo de espacio libre ahusado que se estrecha a medida que avanza en la dirección del flujo A de fuga, el aditivo de amortiguación del flujo A de fuga sirve como una fuerza de amortiguación positiva, y la vibración auto-excitada se suprime.

40 El espacio 41 libre de deslizamiento de la junta 40 de deslizamiento que forma la sección 39 de acoplamiento mecánica entre el tubo 33 de mezcla de entrada y el difusor 34 tiene una anchura de 1 mm o menos, preferentemente una anchura de 0,13 mm a 0,3 mm. Con una configuración de este tipo, aunque el caudal del flujo A de fuga en el canal 48 de flujo del espacio libre en expansión a través del espacio 41 libre de deslizamiento es tan bajo como aproximadamente el 0,1 % o menos del caudal total de la bomba 12 de chorro, varias decenas de litros por minuto a varios cientos de litros por minuto del flujo de fuga está todavía presente. Este flujo A de fuga puede causar una vibración auto-excitada.

45 Además, en un caso raro, una planta se opera con solo una bomba de recirculación de reactor, lo que se conoce como operación de una sola bomba. En una operación de tal estructura, el flujo de fuga en la junta 40 de deslizamiento puede constituir un flujo (B) hacia atrás en dirección desde el exterior hacia el interior de la bomba 12 de chorro, en lugar del flujo (A) hacia delante en dirección desde el interior hacia el fuera de la bomba 12 de chorro. Este flujo B de fuga hacia atrás puede ocurrir también durante la operación de bajo flujo de la bomba 26 de recirculación del reactor.

55 El canal de flujo que se forma en una forma ahusada a lo largo del flujo A de fuga hacia delante es ineficaz contra el flujo B de fuga hacia atrás.

Por lo tanto, es necesario evitar la aparición de vibraciones auto-excitadas causadas por la fuga de los flujos A y B

que fluyen a través de la junta 40 de deslizamiento en el supuesto de ambos flujos hacia delante y hacia atrás.

5 En consideración de las circunstancias anteriores, en la primera realización de la presente invención, se proporciona un dispositivo 50 de supresión de vibraciones que se instala en una porción superior del difusor 34, como se muestra en la Figura 5 con el fin de evitar que se produzcan vibraciones auto-excitadas en ambos casos de un flujo hacia delante y un flujo hacia atrás.

10 El dispositivo 50 de supresión de vibraciones constituye y proporciona un canal 51 de flujo de extensión que se extiende desde el canal 48 de flujo del espacio libre en expansión de la junta 40 de deslizamiento en la porción superior del difusor 34. Como se muestra en la Figura 6, el dispositivo 50 de supresión de vibraciones incluye un manguito 53 de extensión formado por dos miembros 53a y 53b de manguito semi-cilíndricos que se fijan entre sí mediante placas 56 de fijación aplicadas a la parte exterior de las uniones de los miembros de manguito y los pernos 57. Para evitar la fuga de líquido, las uniones pueden tener varias formas distintas de la superficie plana, tal como una forma escalonada.

15 El canal 51 de flujo de extensión se forma entre la superficie periférica interior del manguito 53 de extensión y la superficie periférica exterior del tubo 33 de mezcla de entrada. El manguito 53 de extensión se inserta de manera que entre en estrecho contacto con el difusor 34 en el extremo inferior del canal 48 de flujo del espacio libre en expansión.

20 El manguito 53 de extensión incluye una porción 53c de retención conectada al mismo por medio del tornillo 54. El manguito 53 de extensión se mantiene en estrecho contacto con el difusor 34 acoplando la porción 53c de retención con un saliente formado en la porción superior del difusor 34. También es posible mejorar el grado del contacto estrecho mediante la disposición de un sello de metal en un área de contacto entre el difusor 34 y el manguito 53 de extensión.

25 El manguito 53 de extensión insertado estrecha el canal 48 de flujo del espacio libre en expansión hacia el lado de la superficie periférica exterior del tubo 33 de mezcla de entrada. Además, aunque puede ser deseable que la anchura del canal de flujo del canal de flujo formado por el estrechamiento del canal 48 de flujo del espacio libre en expansión es constante, no es absolutamente necesaria, siempre que la forma del canal de flujo no tenga un saliente etc., que genere una fuerza de amortiguación positiva o negativa.

Este canal de flujo estrecho se extiende por el manguito 53 de extensión suavemente a lo largo de la superficie periférica exterior del tubo 33 de mezcla de entrada más allá de la porción superior del difusor 34. El canal 51 de flujo de extensión extendido se forma con el fin de mantener una anchura  $H_{ex}$  del canal de flujo constante.

30 Al extender el espacio 41 libre de deslizamiento con tal forma de extensión, las condiciones de expansión y de ahusamiento del canal de flujo son iguales entre sí entre los casos del flujo de fuga hacia delante y el flujo de fuga hacia atrás. Es decir, ni el canal 51 de flujo de extensión ni el canal 48 de flujo del espacio libre en expansión se expande o ahúsa, y por lo tanto, los flujos A y B de fuga se pueden mantener en un estado estable, independientemente de la dirección del flujo.

35 En la presente memoria, una longitud L relativa del canal de flujo y una anchura H relativa del canal de flujo se definen por la siguiente expresión (1) y la expresión (2), respectivamente:

$$L=L_{ex}/L_{sj} \quad (1)$$

$$H=H_{ex}/H_{sj} \quad (2)$$

40 donde  $L_{ex}$  representa la longitud del canal de flujo del canal 51 de flujo de extensión,  $L_{sj}$  representa la longitud del canal de flujo del espacio 41 libre de deslizamiento, y  $H_{sj}$  representa la anchura mínima del canal de flujo del espacio 41 libre de deslizamiento.

45 La expresión muestra que si la longitud L relativa del canal de flujo se hace más grande, la longitud  $L_{ex}$  del canal de flujo del canal 51 de flujo de extensión se hace más grande en relación con la de longitud  $L_{sj}$  del canal de flujo del espacio libre de deslizamiento. Esto significa que la influencia estructural de la junta 40 de deslizamiento en la fuerza de amortiguación positiva o negativa aumenta.

50 La Figura 7 es un gráfico que representa la relación, en el caso de un flujo hacia delante, entre la longitud L relativa del canal de flujo y un caudal límite para la aparición de una vibración auto-excitada, donde se especifica la anchura H relativa del canal de flujo. Con la anchura H relativa del canal de flujo como un parámetro, el caudal del flujo A de fuga en que una vibración auto-excitada comienza a ocurrir (caudal límite para la aparición de una vibración auto-excitada) en el caso en el que la longitud L relativa del canal de flujo varía se ha estimado por análisis teórico. La Figura 8 es un gráfico que representa la relación, en el caso del flujo hacia atrás, entre la longitud L relativa del canal de flujo y el caudal límite para la aparición de una vibración auto-excitada, donde se especifica la anchura H relativa del canal de flujo.

La Figura 8 muestra los resultados del análisis teórico realizado para el caso del flujo hacia atrás en las mismas

condiciones que en el caso de la Figura 7.

Las ordenadas tanto de la Figura 7 como de la Figura 8 indican el valor relativo del caudal límite en el caso en el que el dispositivo 50 de supresión de vibraciones se monta frente al caso en el que no se monta. En otras palabras, estos gráficos muestran que, cuando el caudal límite para la aparición de la vibración auto-excitada sea superior a 1, el caudal límite para la aparición de la vibración auto-excitada se sube por el dispositivo 50 de supresión de vibraciones.

Con referencia a la Figura 7, cuando la anchura H relativa del canal de flujo es 2,46 o menos, el caudal límite para la aparición de la vibración auto-excitada es siempre 1 o mayor, independientemente de la longitud L relativa del canal de flujo. Por lo tanto, la anchura H relativa del canal de flujo se puede ajustar en un valor mayor que 0 y no mayor que 2,46.

Por lo tanto, como puede verse en la Figura 7 y en la Figura 8, cuando ambas condiciones, que la anchura H relativa del canal de flujo sea 0 o mayor y no mayor que 2,46 y que la longitud relativa del canal de flujo sea 0,1 o mayor, se satisfacen, el efecto de supresión de la vibración auto-excitada obtenido mediante el montaje del dispositivo 50 de supresión de vibraciones se puede ejercer en ambos casos del flujo hacia delante y el flujo hacia atrás.

Puesto que el soporte 44 del tubo ascendente se dispone en el lado superior de la junta 40 de deslizamiento, el extremo superior del canal 51 de flujo de extensión se sitúa a un nivel por debajo de la superficie inferior de la abrazadera 44 del tubo ascendente.

En consecuencia, es posible suprimir la vibración sin hacer que la fuerza de amortiguación negativa actúe en ninguno de los flujos S y B de fuga hacia delante y hacia atrás que fluyen a través del canal 51 de flujo de extensión mediante la extensión del espacio 41 libre de deslizamiento con el canal 51 de flujo de extensión que tiene la anchura  $H_{ex}$  del canal de flujo constante. Por otra parte, puesto que la ubicación del canal 51 de flujo de extensión se puede extender la longitud de los canales 41 y 51 de flujo en el espacio libre como un todo, la pérdida de presión de los flujos A y B de fuga en el espacio 41 libre de deslizamiento, que es originalmente grande, aumenta más.

Por lo tanto, el caudal de los flujos A y B de fuga que fluyen a través de los canales 41 y 51 de flujo en el espacio libre se puede reducir, y por lo tanto, las vibraciones auto-excitadas se pueden suprimir.

En la primera realización descrita anteriormente, el dispositivo 50 de supresión de vibraciones se monta en la porción superior del difusor 34 de la bomba 12 de chorro, y en consecuencia, no es necesario modificar la forma del tubo 33 de mezcla de entrada con el fin para formar el canal 51 de flujo de extensión, y cuando el dispositivo 50 de supresión de vibraciones está montado no es necesario reemplazar el tubo 33 de mezcla de entrada. Es decir, se mantienen las características hidrodinámicas de la bomba 12 de chorro incluso si se suprime la ocurrencia de las vibraciones auto-excitadas.

Las características hidrodinámicas de la bomba 12 de chorro corresponden con las características MN de la bomba 12 de chorro y se evaluaron en términos de la magnitud de la relación MN, que indica la cantidad de accionamiento que la bomba necesita para un caudal requerido en la central de energía nuclear.

Además, se debe señalar que las características MN indican una relación entre la relación M que indica el caudal total con respecto al caudal de conducción, y la relación N que indica la subida de la bomba 12 de chorro a la subida de accionamiento.

Más específicamente, el rendimiento de la bomba 12 de chorro puede indicarse por la relación de caudal (relación  $M = Q_s/Q_n$ ) o la relación de presión (relación  $N = (P_d - P_s)/(P_n - P_d)$ ). Además, la eficacia de la bomba 12 de chorro se puede indicar por  $\eta = \text{relación } M \times \text{relación } N \times 100$  (%). El carácter de referencia P denota una presión (presión total), y el carácter de referencia Q indica un caudal. Los sufijos n, s y d denotan el flujo de la boquilla (flujo de conducción), flujo aspirado (flujo conducido), y el flujo del difusor (flujo de descarga), respectivamente.

Como se muestra en la Figura 6, el dispositivo 50 de supresión de vibraciones tiene una estructura divisible de modo que se puede montar en el tubo 33 de mezcla de entrada para rodearlo en una configuración anular. Los miembros 53a y 53b de manguito del dispositivo 50 de supresión de vibraciones se forman con orificios 58 de perno y, por lo tanto, se fijan entre sí con las placas 56 de fijación y los pernos 57 después de que el dispositivo 50 de supresión de vibraciones se coloca en la porción superior del difusor 34. De acuerdo con dicha configuración, el dispositivo 50 de supresión de vibraciones se puede montar o instalar sin necesidad de retirar el tubo 33 de mezcla de entrada del difusor 34.

En el dispositivo 50 de supresión de vibraciones de acuerdo con la primera realización, el canal 51 de flujo de extensión del manguito 53 de extensión se configura de modo que el aditivo total de amortiguación del fluido en el canal 41 de flujo en el espacio libre y en el canal 51 de flujo de extensión es positivo. El aditivo de amortiguación del fluido puede determinarse a partir de la relación entre la inercia del fluido (fuerza de inercia del fluido) del flujo en el espacio libre (flujo diminuto, flujo de fuga) en los canales 41 y 51 de flujo en el espacio libre y la resistencia del canal de flujo (fuerza). Si el aditivo de amortiguación del fluido es positivo, ninguna vibración auto-excitada se produce.

Además, en el dispositivo 50 de supresión de vibraciones de acuerdo con la primera realización, el canal 51 de flujo de extensión del manguito 53 de extensión se configura de modo que cualquier condición bajo la que el aditivo de amortiguación del fluido en el canal 41 de flujo en el espacio libre y en el canal 51 de flujo en el manguito 53 de extensión es negativo se elimina, y cualquier condición bajo la que el aditivo de amortiguación del fluido es negativo se excluye de las condiciones de operación de la central de energía nuclear real.

De acuerdo con la primera realización mencionada anteriormente en la presente memoria, los siguientes efectos ventajosos son además posibles.

Estos son, la provisión de las vibraciones auto-excitadas se puede aumentar mediante el aumento del caudal límite hasta la aparición de la vibración auto-excitada independientemente de ocurrencia del flujo A de fugas hacia delante o del flujo B de fuga hacia atrás por la presión de alimentación dentro de la bomba 12 de chorro en la junta 40 de deslizamiento que acopla el tubo 33 de mezcla de entrada y el difusor 34 entre sí.

Por otra parte, puesto que la ubicación del canal 51 de flujo de extensión alarga la longitud de los canales 41 y 51 de flujo en el espacio libre en su conjunto y la pérdida de presión de los flujos A y B de fuga aumenta, el caudal de los flujos A y B de fuga se puede reducir también.

La vibración auto-excitada en la junta 40 de deslizamiento se puede suprimir por cada uno de los efectos descritos anteriormente. Por otra parte, de acuerdo con la primera realización, no hay necesidad de modificar las formas del tubo 33 de mezcla de entrada ni del difusor 34 en la junta 40 de deslizamiento que constituye una parte de acoplamiento entre los mismos. Es decir, puesto que cuando se monta el dispositivo 50 de supresión de vibraciones, no es necesario reemplazar el tubo 33 de mezcla de entrada o el difusor 34, las características hidrodinámicas de la bomba 12 de chorro se pueden mantener, lo que es por tanto también eficaz y ventajoso.

[Segunda realización]

A continuación, una segunda realización de la presente invención se describirá con referencia a la Figura 9A y 9B. En la siguiente descripción de la segunda realización, la configuración del reactor 10 de agua en ebullición de acuerdo con la segunda realización es generalmente la misma que la del BWR que se muestra en las Figuras 1 y 2, y por lo tanto, los mismos componentes que los de la primera realización se designan con los mismos números de referencia, y la descripción redundante de los mismos se simplificará en la presente memoria.

La Figura 9A es una vista en sección vertical parcial de un dispositivo 50 supresión de vibraciones de una bomba 12 de chorro de acuerdo con la segunda realización instalada en el BWR 10. Al igual que la primera realización, el dispositivo 50 supresión de vibraciones de la bomba 12 de chorro de acuerdo con la segunda realización incluye la junta 40 de deslizamiento dispuesta en la porción de acoplamiento del tubo 33 de mezcla de entrada y el difusor 34 y un manguito 53 de extensión dispuesto sobre la porción superior del difusor 34.

El dispositivo 50 de supresión de vibraciones de acuerdo con la segunda realización se monta en la porción superior del difusor 34 de la bomba 12 de chorro para formar el canal 51 de flujo de extensión que extiende el canal 48 de flujo del espacio libre en expansión de la junta 40 de deslizamiento. El canal 51 de flujo de extensión tiene una anchura  $H_{ex}$  del canal de flujo constante para ambos flujos A y B de fuga hacia delante y hacia atrás, que es la misma característica que en la primera realización.

En la segunda realización, por otra parte, el manguito 53 de extensión tiene una forma elíptica tal como una forma elíptica como se muestra en la vista en planta superior de la sección transversal mostrada en la Figura 9B. Es decir, la anchura  $H_{ex}$  del canal de flujo que es un valor constante a lo largo de la dirección de flujo del flujo A de fuga varía en la dirección circunferencial de la superficie periférica exterior del tubo 33 de mezcla de entrada. El manguito 53 de extensión se instala con una porción de diámetro corto de la forma elíptica de los mismos en contacto con el tubo 33 de mezcla de entrada en uno o más puntos CP de contacto. El número de puntos CP de contacto puede ser solo uno, por ejemplo, en el momento de tiempo de instalación inicial y puede aumentar a un número plural debido a la expansión térmica del tubo 33 de mezcla de entrada o del difusor 34 durante la operación de la bomba 12 de chorro.

Si el manguito 53 de extensión tiene el punto CP de contacto con el tubo 33 de mezcla de entrada, el manguito 53 de extensión se somete a una fuerza de amortiguación estructural contra la vibración debido al contacto con el tubo 33 de mezcla de entrada, mientras mantiene el contacto mecánico con el tubo 33 de mezcla de entrada.

Es decir, el punto CP de contacto proporciona no solo el efecto de fijar el manguito 53 de extensión al tubo 33 de mezcla de entrada, sino también el efecto de suprimir las vibraciones, actuando como una resistencia a través de contacto mecánico cuando se produce la vibración. Además, la postura y posición de instalación del manguito 53 de extensión se pueden fijar fácilmente mediante el contacto del manguito 53 de extensión con el tubo 33 de mezcla de entrada en un punto CP de contacto predeterminado, y por lo tanto, el manguito 53 de extensión se puede instalar o montar más fácilmente.

Por consiguiente, como con los efectos de la primera realización, la provisión de las vibraciones auto-excitadas puede mejorarse y las vibraciones auto-excitadas se pueden suprimir. La longitud  $L_{ex}$  del canal de flujo del canal 51 de flujo de extensión satisface también las condiciones dadas en la primera realización.



Además, la vibración se suprime también por el efecto de la fuerza de amortiguación positiva de un fluido incluso en un caso en que el manguito 53 de extensión no está en contacto con el tubo 33 de mezcla de entrada. Sin embargo, si el manguito 53 de extensión está en contacto con el tubo 33 de mezcla de entrada, el efecto de supresión se puede mejorar aún más debido a la adición de la fuerza de amortiguación positiva estructural debido al contacto mecánico.

5

Además, si una carga lateral se ejerce sobre el tubo 33 de mezcla de entrada en el punto CP de contacto, la carga lateral sirve como una fuerza de resistencia contra la vibración del tubo 33 de mezcla de entrada, lo que reduce ventajosamente la amplitud de la vibración, lo que es por tanto también eficaz.

De acuerdo con la segunda realización, se alcanzarán además los siguientes efectos.

10 Es decir, en el momento en que se monta el dispositivo 50 de supresión de vibraciones, no es necesario modificar las formas del tubo 33 de mezcla de entrada ni del difusor 34, y por tanto no será necesario reemplazar o cambiarlos, de manera que las características hidrodinámicas de la bomba 12 de chorro se mantienen, y los mismos efectos y ventajas que las de la primera realización son también posibles.

15 Además, de acuerdo con la segunda realización, es posible aumentar la asignación para las vibraciones auto-excitado y mejorar el efecto de supresión de vibraciones mediante el aumento del caudal límite de los flujos A y B de fuga para la ocurrencia de la vibración auto-excitada en ambos casos de un flujo hacia delante y de un flujo hacia atrás causada por la presión de alimentación de la bomba 12 de chorro en la junta 40 de deslizamiento que acopla el tubo 33 de mezcla de entrada y el difusor 34 entre sí.

20 Además, cabe señalar que aunque varias realizaciones de la presente invención se han descrito anteriormente, estas realizaciones se ofrecen para fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la presente invención que se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, en las realizaciones de la presente invención descritas anteriormente, el manguito 53 de extensión del dispositivo de supresión de vibraciones se compone de dos miembros 53a, 53b de manguito semi-cilíndricos. Sin embargo, el manguito 53 de extensión puede estar compuesto de tres o más miembros de manguito divididos o de un único miembro de manguito cilíndrico. En el caso en el que el manguito 53 de extensión es un solo miembro de manguito cilíndrico, el medio de sujeción se omite. El montaje del manguito 53 de extensión en el tubo 33 de mezcla de entrada se puede lograr fácilmente subiendo y bajando el tubo 33 de mezcla de entrada con respecto al difusor 34.

25

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de supresión de vibraciones que comprende un dispositivo (50) de supresión de vibraciones y una bomba (12) de chorro, en el que la bomba (12) de chorro está situada en una vasija (13) de presión de un reactor (10) de agua en ebullición y provisto de un tubo (33) de mezcla de entrada acoplado a un tubo (31) ascendente y un difusor (34) acoplado al tubo (33) de mezcla de entrada por medio de una junta (40) de deslizamiento, y una boquilla (35) de entrada, en el que el dispositivo (50) de supresión de vibraciones está provisto de un manguito (53) de extensión dispuesto en una porción superior del difusor (34) de la bomba (12) de chorro y constituye un canal (51) de flujo de extensión en un lado corriente abajo de un flujo de fuga hacia delante en un espacio (41) libre de deslizamiento en la dirección desde el interior hacia el exterior de la bomba (12) de chorro formado entre una superficie periférica interior del difusor (34) y una superficie periférica exterior del tubo (33) de mezcla de entrada, y el manguito (53) de extensión tiene una forma tal que el canal (51) de flujo de extensión tiene una región en la que la anchura ( $H_{ex}$ ) del canal de flujo es constante en una longitud y **caracterizado porque** la anchura ( $H_{ex}$ ) del canal de flujo del canal (51) de flujo de extensión es mayor que cero y no es más grande de 2,46 veces la anchura ( $H_{sj}$ ) mínima del canal de flujo del espacio (41) libre de deslizamiento.
- 10 2. El sistema de supresión de vibraciones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el canal (51) de flujo de extensión tiene una longitud de canal de flujo de 0,1 o más de una longitud del canal de flujo del espacio (41) libre de deslizamiento, y un extremo superior del canal (51) de flujo de extensión está situado a un nivel por debajo de una superficie inferior de un soporte (44) del tubo ascendente.
- 15 3. El sistema de supresión de vibraciones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la superficie periférica interior del manguito (53) de extensión tiene una forma en sección transversal elíptica, y la anchura ( $H_{ex}$ ) del canal de flujo del canal (51) de flujo de extensión varía en una dirección circunferencial de la superficie periférica exterior del tubo (33) de mezcla de entrada.
- 20 4. El sistema de supresión de vibraciones de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el manguito (53) de extensión tiene al menos un punto de contacto con el tubo (33) de mezcla de entrada.

25

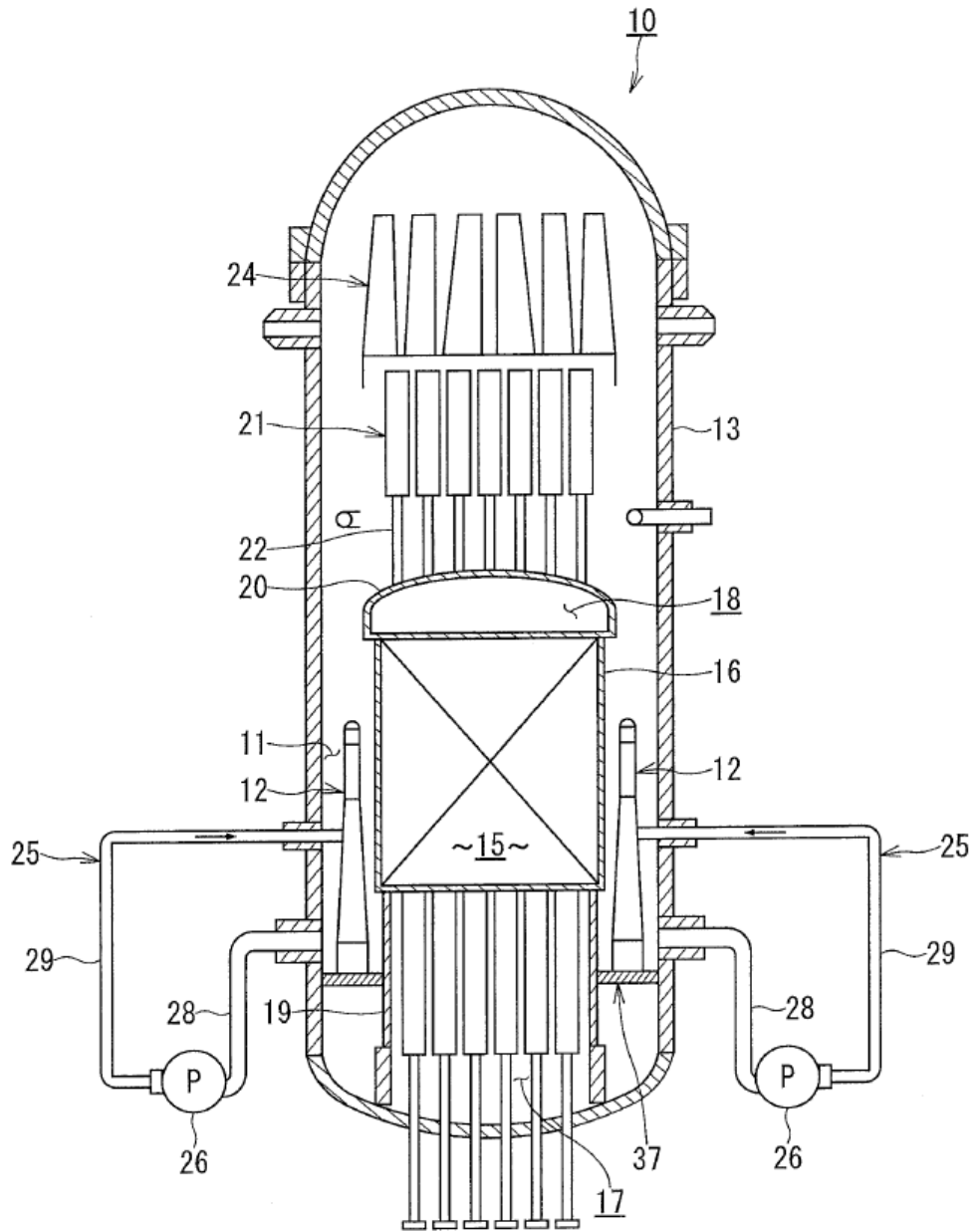


FIG. 1

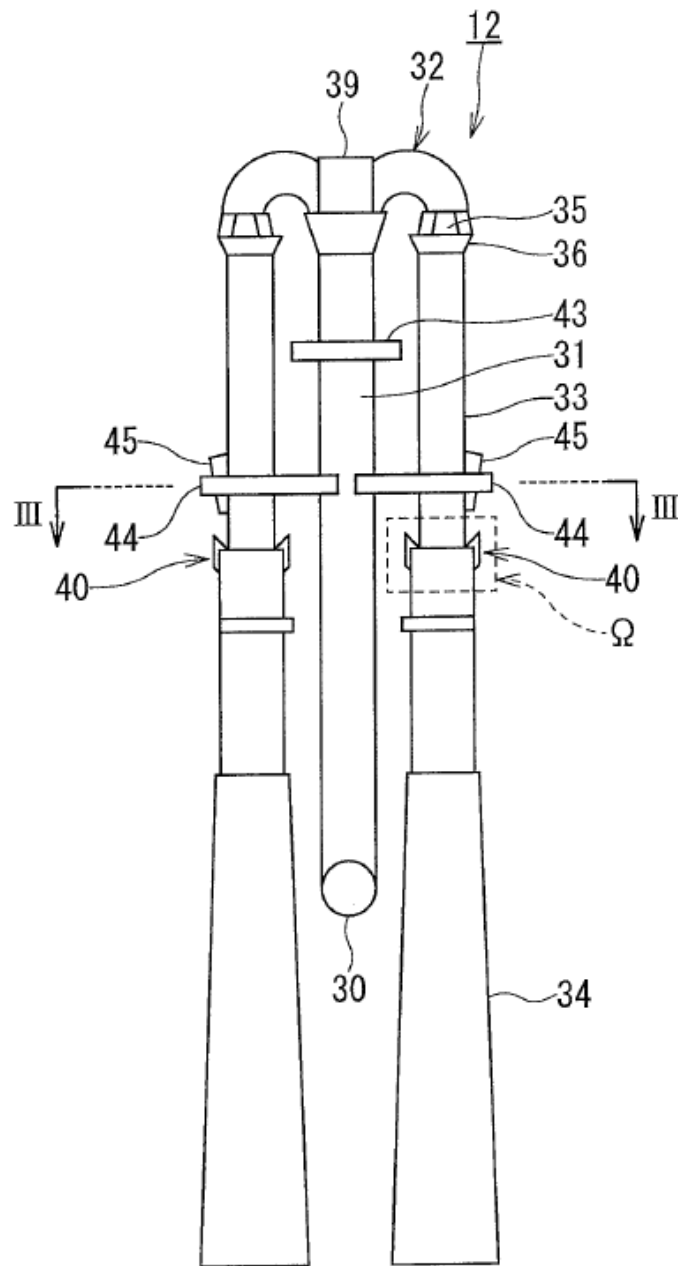


FIG. 2

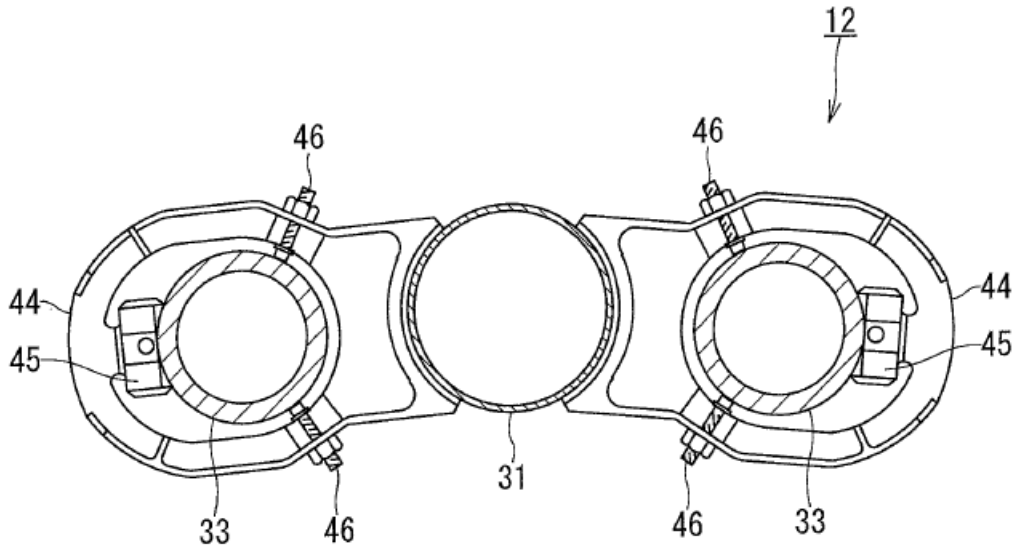


FIG. 3

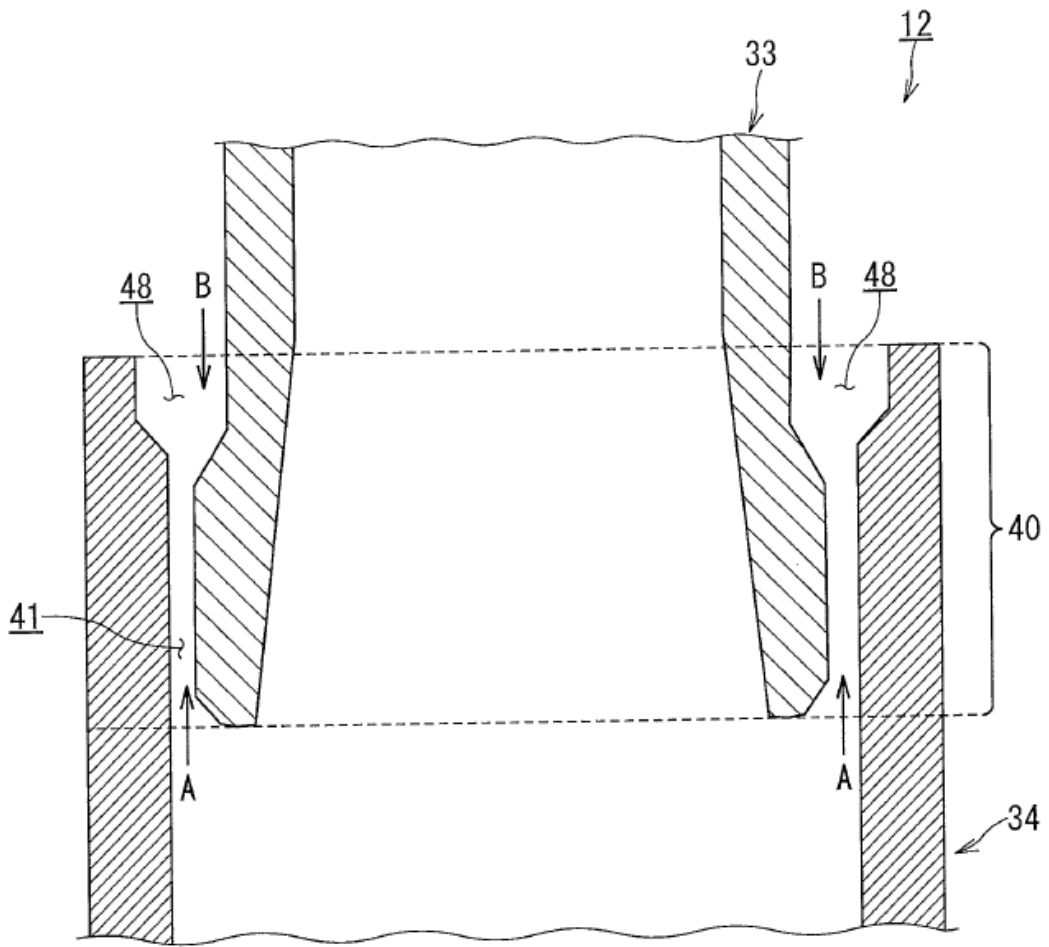


FIG. 4

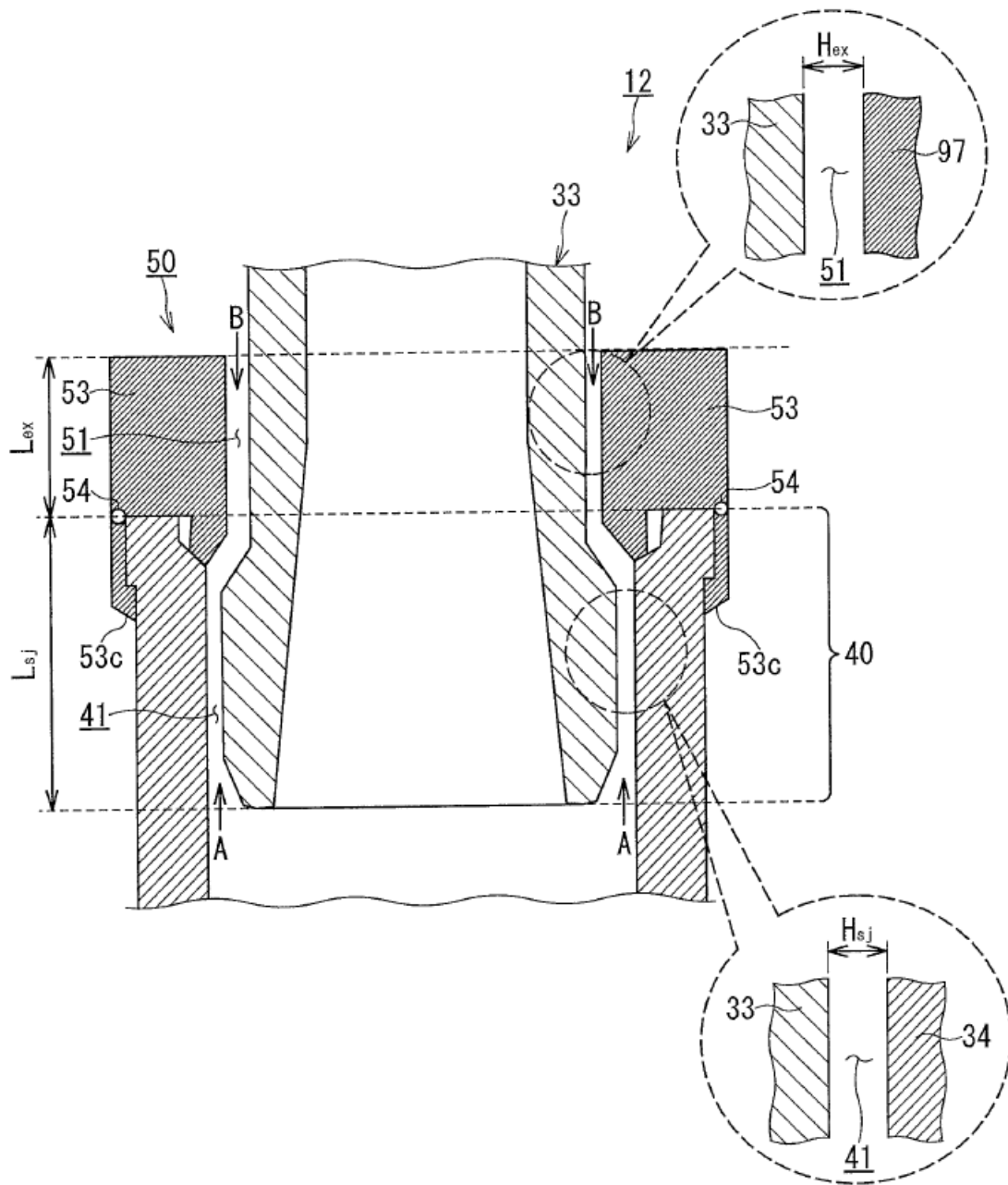


FIG. 5

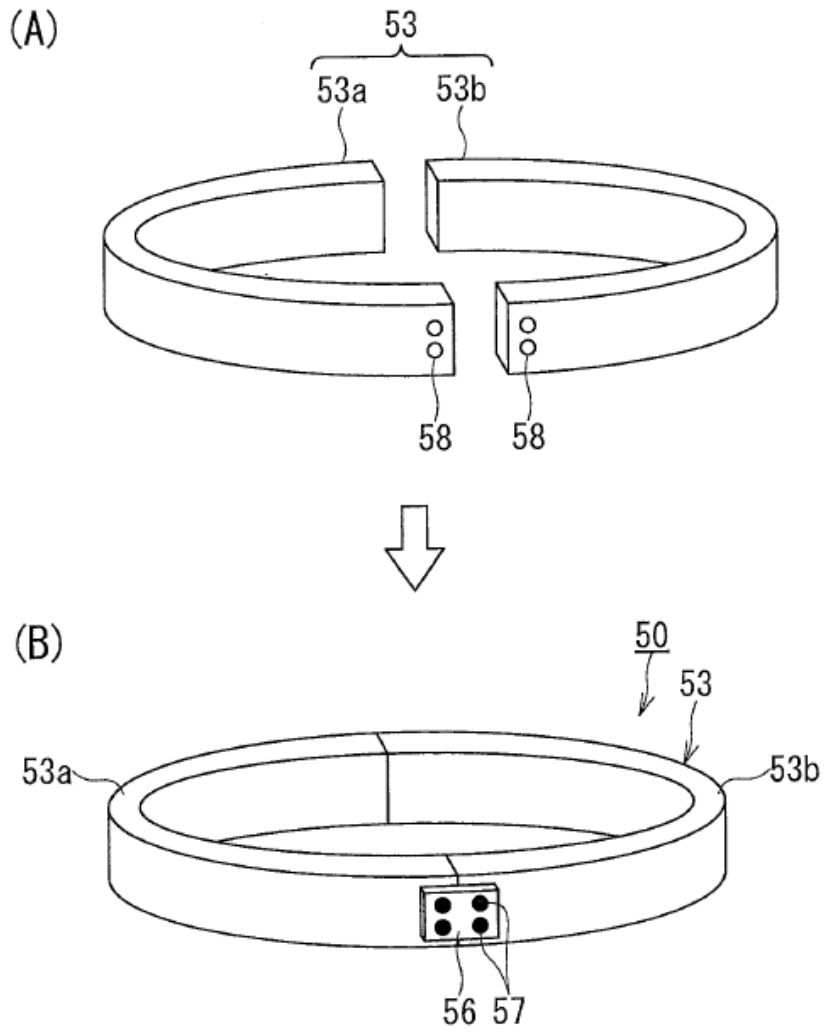


FIG. 6



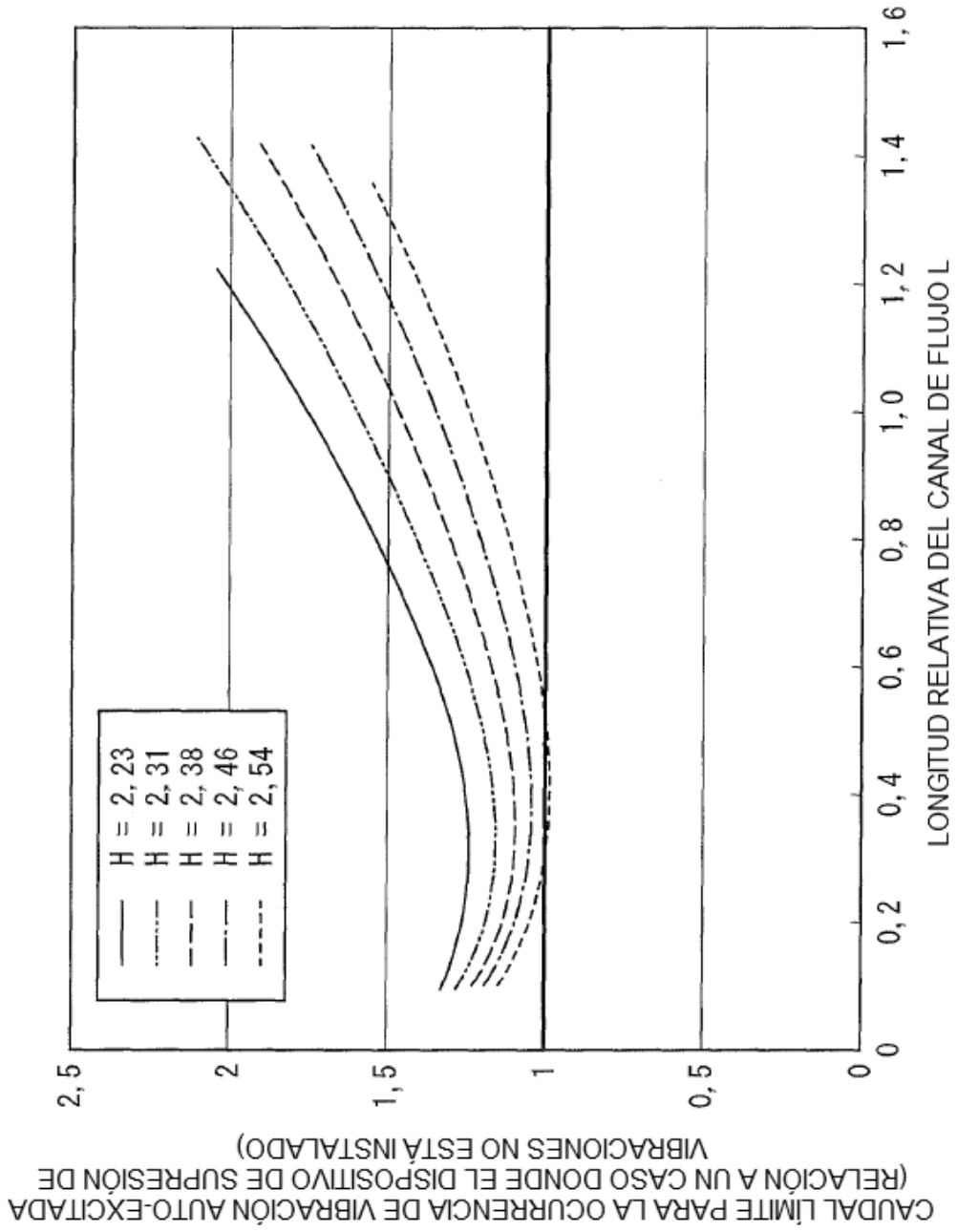


FIG. 7

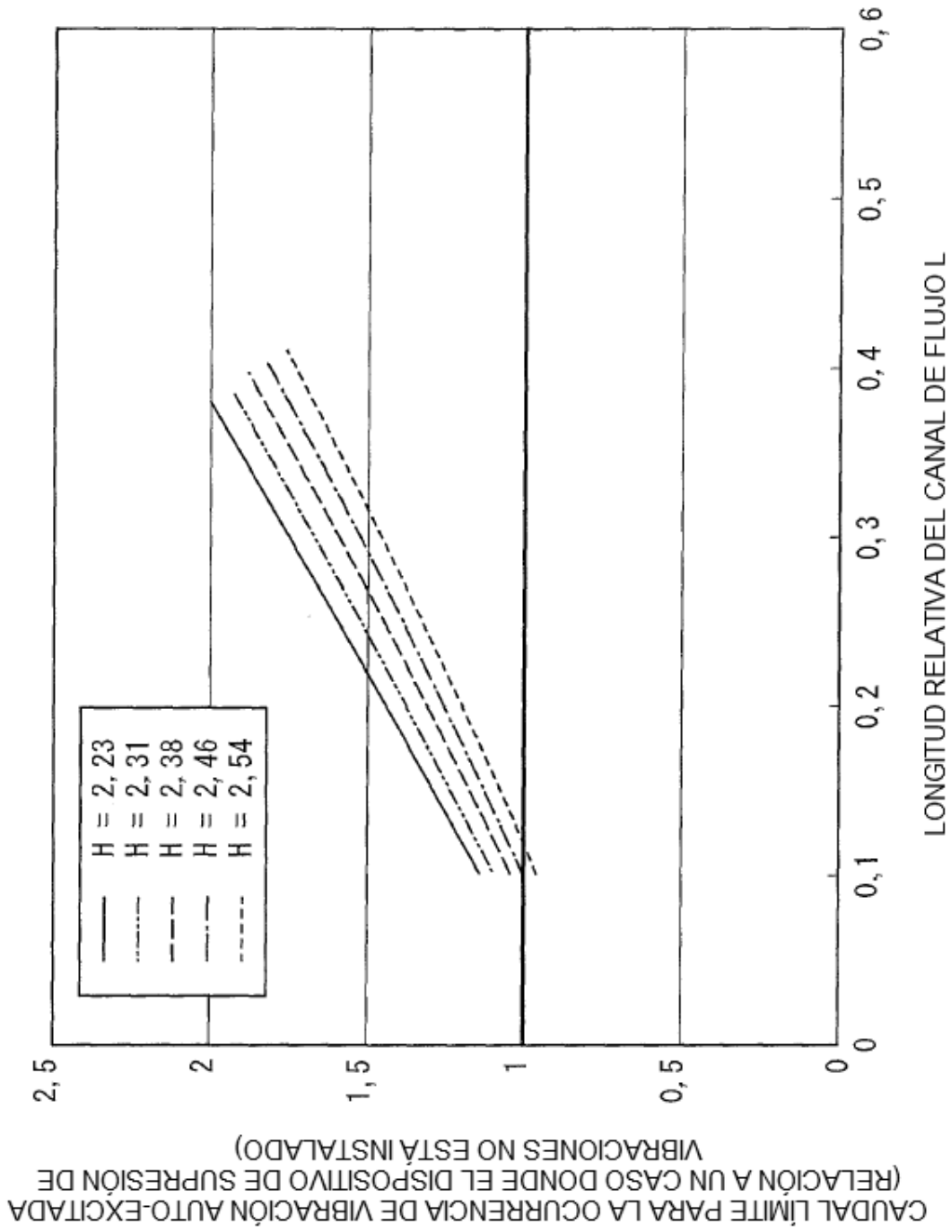


FIG. 8

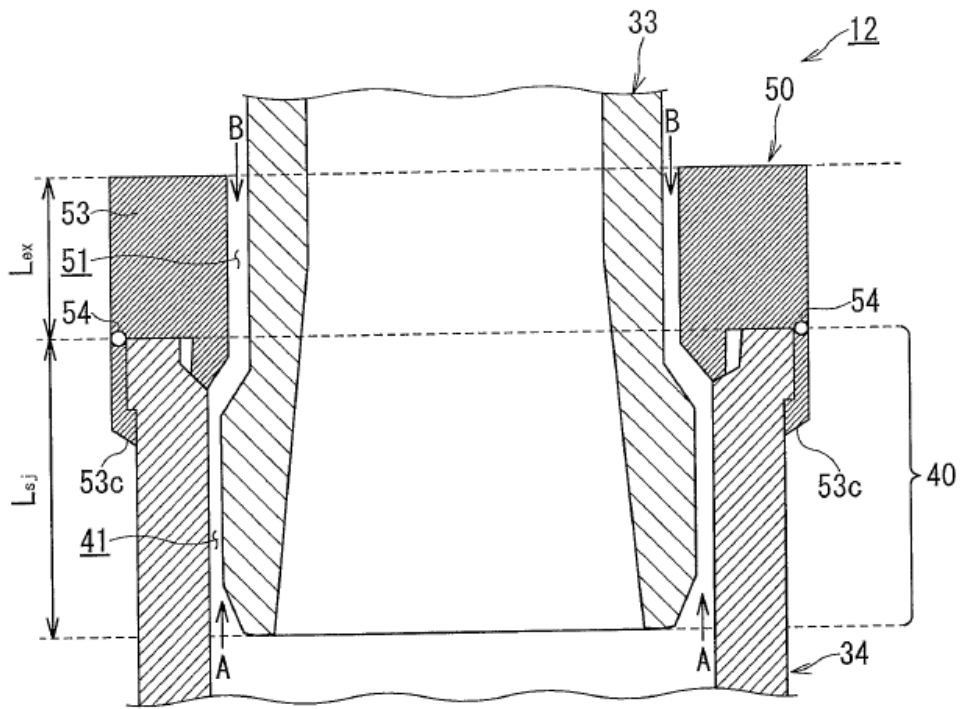


FIG. 9A

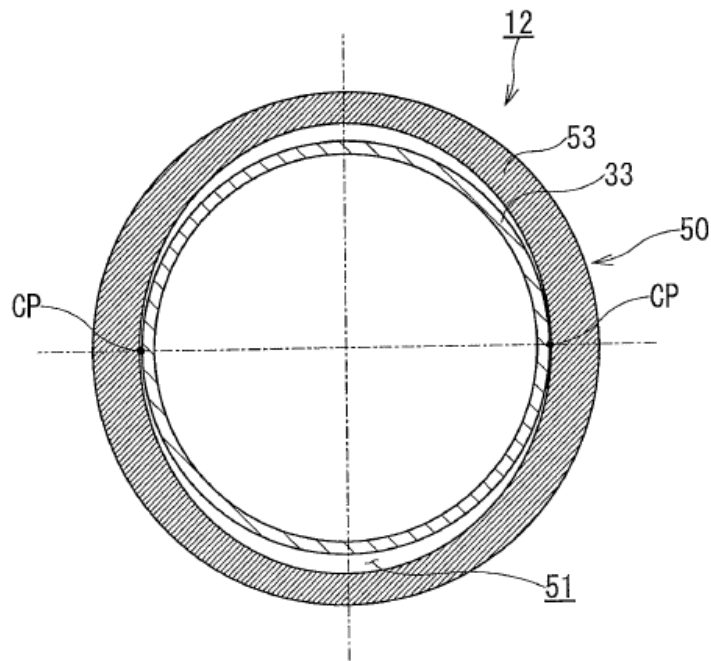


FIG. 9B