

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 295**

51 Int. Cl.:

G21C 15/18 (2006.01)

G21D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2013 E 13183582 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2706533**

54 Título: **Procedimiento y sistema para el enfriamiento de piscina de supresión alternativo exterior para un reactor de agua en ebullición**

30 Prioridad:

11.09.2012 US 201213609926

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

12.09.2018

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)
3901 Castle Hayne Road
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**GINSBERG, ROBERT JOSEPH y
ANDERSON, EDWARD C.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 681 295 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

Procedimiento y sistema para el enfriamiento de piscina de supresión alternativo exterior para un reactor de agua en ebullición

Antecedentes de la invención

5 Campo de la invención

Las realizaciones ejemplares se refieren en general a reactores nucleares, y más particularmente, a un sistema de enfriamiento alternativo exterior de la piscina de supresión para un Reactor Nuclear de Agua en Ebullición (BWR). El sistema de enfriamiento puede proporcionar un enfriamiento de emergencia de la piscina de supresión sin invadir las fronteras de contención primaria.

10 Técnica relacionada

La Figura 1 es una vista en corte de una construcción 5 de reactor del reactor nuclear de agua en ebullición convencional (BWR). La piscina 2 de supresión es una piscina en forma de toro que es parte de la contención primaria de la construcción de reactor. Específicamente, la piscina 2 de supresión es una extensión del depósito 3 de contención primario de acero, que se encuentra dentro de la carcasa 4 de la construcción 5 de reactor. La piscina 2 de supresión se sitúa por debajo del reactor 1 y la piscina 10 de combustible gastado, y se utiliza para limitar los aumentos de presión de contención durante ciertos accidentes. En particular, la piscina 2 de supresión se utiliza para enfriar y condensar el vapor liberado durante los accidentes en la plantas. Por ejemplo, muchas válvulas de seguridad/alivio de la planta se diseñan para descargar vapor en la piscina 2 de supresión, para condensar el vapor y mitigar los aumentos de presión no deseados. Convencionalmente, una piscina 2 de supresión del BWR tiene aproximadamente 43 m (140 pies) de diámetro total (es decir, diámetro de la planta en gráfico), con una concha en forma de toro de 9 m (30 pies) de diámetro. Durante el operación normal, la piscina 2 de supresión tiene generalmente agua de la piscina de supresión en la piscina en una profundidad de aproximadamente 4,5 m (15 pies) (con aproximadamente 3785 m³ (1.000.000 de galones) de agua de la piscina de supresión en la piscina 2 de supresión, durante el operación normal).

La piscina 2 se limpiada y enfría convencionalmente por el sistema de extracción de calor residual (RHR) de la planta de BWR. Durante las condiciones normales de la planta (sin accidentes), el sistema RHR puede eliminar el agua de la piscina 2 de supresión (utilizando bombas de RHR convencional) y enviar el agua a través de un desmineralizador (no mostrado) para eliminar impurezas y algunos isótopos radiactivos que pueden estar contenidos en el agua. Durante un accidente de la planta, el sistema RHR se diseña también para eliminar parte del agua de la piscina de supresión de la piscina 2 de supresión y enviar el agua a un intercambiador de calor (dentro del sistema RHR) para su enfriamiento.

Durante un accidente importante en una planta, la energía eléctrica normal de la planta se puede ver interrumpida. En particular, la planta puede estar sin la energía eléctrica normal para poner en marcha el sistema y las bombas convencionales de RHR. Si se interrumpe la energía eléctrica durante un largo período de tiempo, el agua en la piscina de supresión puede llegar a hervir y poner en peligro la capacidad de la piscina de supresión para condensar el vapor de la planta y reducir la presión de contención.

En una emergencia en una planta, el uso del sistema RHR puede causar que el agua altamente radiactiva (por encima de los límites de diseño aceptables) sea transferida entre la piscina de supresión y los sistemas de RHR (situados fuera de la contención primaria). La transferencia del agua altamente radiactiva entre la piscina de supresión y el sistema RHR puede, en sí, causar una escalada potencial en fugas de isótopos radiactivos perjudiciales que pueden escapar de la piscina de supresión. Además, las tasas de dosis de radiación en áreas del sistema RHR podrían ser excesivamente altas durante un accidente, por lo que es difícil que el personal de la planta acceda y controle el sistema.

Sumario de la invención

Las realizaciones ejemplares proporcionan un sistema para enfriar externamente la piscina de supresión para un reactor nuclear de agua en ebullición (BWR). El sistema puede proporcionar un enfriamiento exterior para la piscina de supresión, sin invadir la contención primaria y sin la necesidad de potencia eléctrica normal de la planta. El sistema de enfriamiento se puede operar y controlar desde una ubicación remota para proteger la seguridad del personal de la planta durante una emergencia de la planta. Las realizaciones ejemplares incluyen también un procedimiento de fabricar el sistema.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas anteriores y otras de las realizaciones ejemplares se harán más evidentes describiendo, en detalle, las realizaciones ejemplares con referencia a los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos pretenden describir las realizaciones ejemplares y no deben interpretarse como limitantes del alcance previsto de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no son para ser considerados como dibujado a escala a menos que se indique

explícitamente.

la Figura 1 es una vista en corte de una construcción de reactor del reactor nuclear de agua en ebullición convencional (BWR);

5 la Figura 2 es una vista de arriba de un sistema de enfriamiento exterior, de acuerdo con una realización ejemplar; y

la Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación de un sistema de enfriamiento exterior, de acuerdo con un realización ejemplar.

Descripción detallada

10 Las realizaciones ejemplares detalladas se divulgan en la presente memoria. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en la presente memoria son meramente representativos con la finalidad de describir las realizaciones ejemplares. Las realizaciones ejemplares pueden, sin embargo, realizarse de muchas formas alternativas y no se deben interpretarse como limitadas solamente a las realizaciones expuestas en la presente memoria.

15 En consecuencia, aunque las realizaciones ejemplares son capaces de diversas modificaciones y formas alternativas, las realizaciones de las mismas se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán aquí en detalle. Se debe entender, sin embargo, que no hay intención de limitar las realizaciones ejemplares a las formas particulares descritas, sino que por el contrario, las realizaciones ejemplares pretenden cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del alcance de las realizaciones ejemplares. Los números iguales se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción de las Figuras.

20 Se entenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden utilizarse en la presente memoria para describir diversos elementos, estos elementos no deberían limitarse por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse un segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse un primer elemento, sin apartarse del alcance de las realizaciones ejemplares. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

25 Se entenderá que cuando un elemento se denomina como estando "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar conectado o acoplado directamente al otro elemento o elementos intermedios pueden estar presentes. Por el contrario, cuando un elemento se denomina como "estando directamente conectado" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otros términos utilizados para describir la relación entre los elementos deben interpretarse de manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.).

30 La terminología utilizada en la presente memoria tiene la finalidad de describir solamente las realizaciones particulares y no pretende que limite las realizaciones ejemplares. Como se utiliza en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye" y/o "incluyendo", cuando se utilizan aquí, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

35 También debe observarse que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos observados pueden producirse fuera del orden observado en las Figuras. Por ejemplo, dos figuras que se muestran en sucesión pueden de hecho ejecutarse sustancialmente al mismo tiempo o pueden, a veces, ejecutarse en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/actos involucrados.

40 La Figura 2 es una vista de arriba de un sistema 30 de enfriamiento exterior, de acuerdo con un realización ejemplar. El sistema 30 de enfriamiento exterior puede incluir serpentines 26 de enfriamiento envueltos alrededor de la piscina 2 de supresión y fluidamente acoplados a un disipador 20 de calor que proporciona un enfriamiento exterior para la piscina 2 de supresión. Los serpentines 26 de enfriamiento pueden ser una espiral flexible, tubería ramificada, una camisa, o cualquier otro aparato que aumenta un área superficial (para la transferencia de calor máxima) entre la cubierta exterior de la piscina 2 de supresión y el serpentín 26. Los serpentines 26 de enfriamiento pueden ser flexibles para permitir que el serpentín 26 se forme alrededor de la forma de la piscina 2 de supresión para maximizar la exposición directa entre los serpentines 26 y la superficie exterior de la piscina 2 de supresión.

45 El disipador 20 de calor puede ser un gran cuerpo de agua natural o artificial. El líquido en el disipador 20 de calor puede ser agua, o cualquier otro fluido líquido con una alta capacidad de calor capaz de optimizar el intercambio de calor con la piscina 2 de supresión. Mientras más frío está el líquido en el disipador 20 de calor, más eficaz será el sistema 30 de enfriamiento exterior para el enfriamiento de la piscina 2 de supresión. El disipador 20 de calor se puede acoplar de forma fluida a los serpentines 26 de enfriamiento a través de tuberías o tubos 24/28. Específicamente, una bomba 22 (conectada al disipador 20 de calor) puede descargar agua fría del disipador 20 de

calor a través de una tubería 24 de entrada de agua fría y en los serpentines 26 de enfriamiento envueltos alrededor de la piscina 2 de supresión. Una tubería 28 de salida de agua caliente puede descargar el agua caliente de los serpentines 26 de enfriamiento de nuevo al disipador 20 de calor (o, el agua puede descargarse alternativamente a otra ubicación que no sea el disipador 20 de calor).

- 5 La operación y controles del sistema 30 de enfriamiento exterior se pueden situar en un lugar 31 remoto (con relación a la piscina 2 de supresión), para proteger al personal de la planta de la exposición a la contención primaria durante un accidente en la planta. Específicamente, la bomba 22 (y/o un controlador 34 utilizado para operar la bomba 22) se puede situar en la ubicación remota. Del mismo modo, una válvula 32 de control (y/o un controlador 34 se utilizan para operar la válvula 32) para controlar un flujo de agua a través de los serpentines 25 de enfriamiento (y abrir y cerrar la tubería 24 de entrada) se puede situar también en la ubicación 31 remota.

- 10 La bomba 22 se puede accionar por un generador diésel, o directamente por un motor mecánico, de tal manera que la operación de la bomba no tiene que depender de la energía eléctrica normal de la planta (lo que es ideal, durante una emergencia de la planta). Como alternativa a la bomba 22, el disipador 20 de calor se puede situar a una altura que está por encima de la piscina 2 de supresión, permitiendo que el agua fría del disipador 20 de calor se drene por gravedad a través de los serpentines 26 de enfriamiento sin la necesidad de cualquier energía eléctrica (aunque esta configuración tiene el inconveniente de no poder drenar el agua caliente de la tubería 28 de salida de nuevo en el disipador 20 de calor).

- 15 El sistema 30 puede operar para enfriar la piscina de supresión y sin la necesidad de invadir (es decir, penetrar en) la integridad de la piscina 2 de supresión y/o cualquier estructura de contención primaria. El sistema 30 opera también sin desplazar el agua de la piscina 2 de supresión o retirar de otro modo el agua potencialmente contaminada de la contención.

- 20 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación de un sistema 30 de enfriamiento exterior, de acuerdo con un realización ejemplar. Específicamente, la etapa S40 puede incluir envolver un serpentín o serpentines 26 de enfriamiento alrededor de una superficie exterior de la piscina 2 de supresión (véase Figura 2). La etapa S42 puede incluir acoplar manera fluida los serpentines 26 de enfriamiento a un disipador 20 de calor. Esto se puede conseguir mediante la conexión de las tuberías 24/28 de entrada y de salida a los serpentines 26 de enfriamiento que rodean la piscina 2 de supresión. La etapa S44 puede incluir bombear agua de enfriamiento del disipador de calor a través de los serpentines 26 de enfriamiento, a través del uso de una bomba 22 (o, como alternativa, a través del drenaje por gravedad).

- 25 Habiéndose descrito de este modo las realizaciones ejemplares, será obvio que las mismas pueden variarse de muchas maneras. Tales variaciones no han de considerarse como una desviación del alcance de realizaciones ejemplares, y todas estas modificaciones, como sería obvio para un experto en la materia pretenden incluirse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (30) de enfriamiento exterior, que comprende:
una piscina (2) de supresión para un reactor nuclear;
serpentines (26) de enfriamiento que se ponen en contacto una superficie exterior de la piscina de supresión; y
5 un disipador (20) de calor acoplado de manera fluida a los serpentines de enfriamiento para proporcionar un flujo de fluido de enfriamiento a través de los serpentines de enfriamiento.
2. El sistema de enfriamiento exterior de la reivindicación 1, en el que los serpentines (26) de enfriamiento se envuelven alrededor de la piscina de supresión.
3. El sistema de enfriamiento exterior de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además:
10 una bomba (22), acoplada de forma fluida al disipador de calor; y
una tubería de entrada que conecta la bomba a los serpentines de enfriamiento para proporcionar el flujo de fluido de enfriamiento a través de los serpentines de enfriamiento.
4. El sistema de enfriamiento exterior de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
15 una tubería de salida conectada a los serpentines de enfriamiento para descargar el agua caliente de los serpentines de enfriamiento de vuelta al disipador de calor.
5. El sistema de enfriamiento exterior de la reivindicación 3, en el que la bomba se acciona por un generador diésel.
6. El sistema de enfriamiento exterior de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
una válvula de control en la tubería de entrada.
7. El sistema de enfriamiento exterior de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende además un controlador para
20 controlar al menos uno de entre la bomba y la válvula de control, el controlador estando colocado en una ubicación remota con respecto a la piscina de supresión.
8. El sistema de enfriamiento exterior de cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema no invade la piscina de supresión.
9. El sistema de enfriamiento exterior de cualquier reivindicación anterior, en el que el disipador de calor es uno de
25 entre un cuerpo de agua natural o artificial.
10. Un procedimiento de fabricación de un sistema de enfriamiento exterior, que comprende:
poner en contacto una superficie exterior de una piscina de supresión para un reactor nuclear con serpentines de enfriamiento; y
acoplar de forma fluida un disipador de calor a los serpentines de enfriamiento.
- 30 11. El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende además:
hacer fluir el fluido de enfriamiento del disipador de calor a través de los serpentines de enfriamiento.
12. El procedimiento de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que el contacto con una superficie exterior de la piscina de supresión con los serpentines de enfriamiento incluye envolver los serpentines de enfriamiento
alrededor de la piscina de supresión.
- 35 13. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende además:
Poner en conecto un tubería de entrada con el disipador de calor y a los serpentines de enfriamiento; y
insertar una bomba en la tubería de entrada,
hacer fluir el fluido de enfriamiento desde el disipador de calor a través de los serpentines de enfriamiento incluye
40 bombear el fluido de enfriamiento a través de la tubería de entrada hasta los serpentines de enfriamiento utilizando la bomba.
14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende además:
poner en contacto una tubería de salida con los serpentines de enfriamiento y con el disipador de calor; y
drenar el líquido de enfriamiento desde los serpentines de enfriamiento con el disipador de calor utilizando la
tubería de salida.
- 45 15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la bomba se acciona por uno de entre un generador diésel y un motor mecánico.

FIG. 1
(Técnica Convencional)

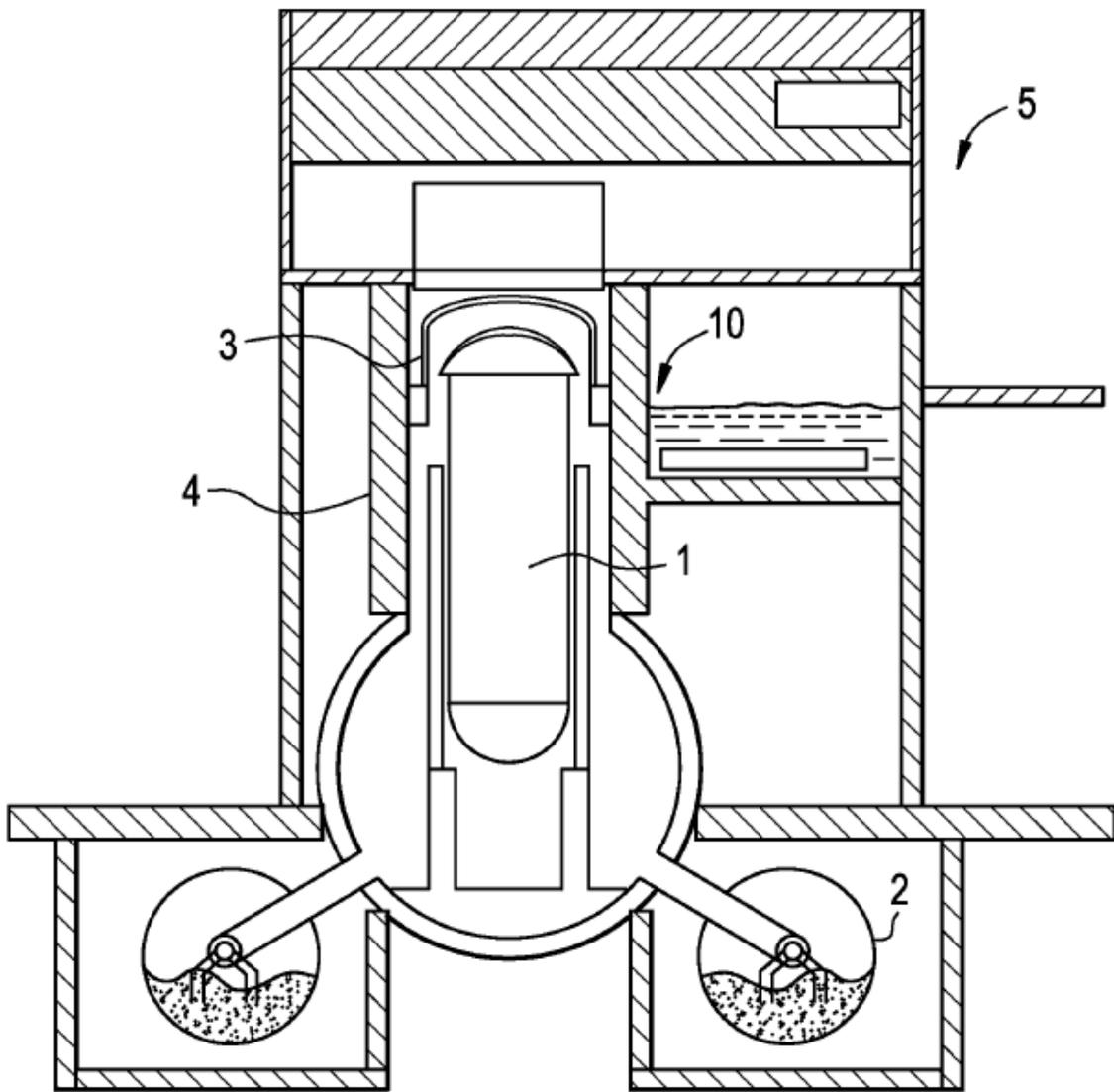


FIG. 2

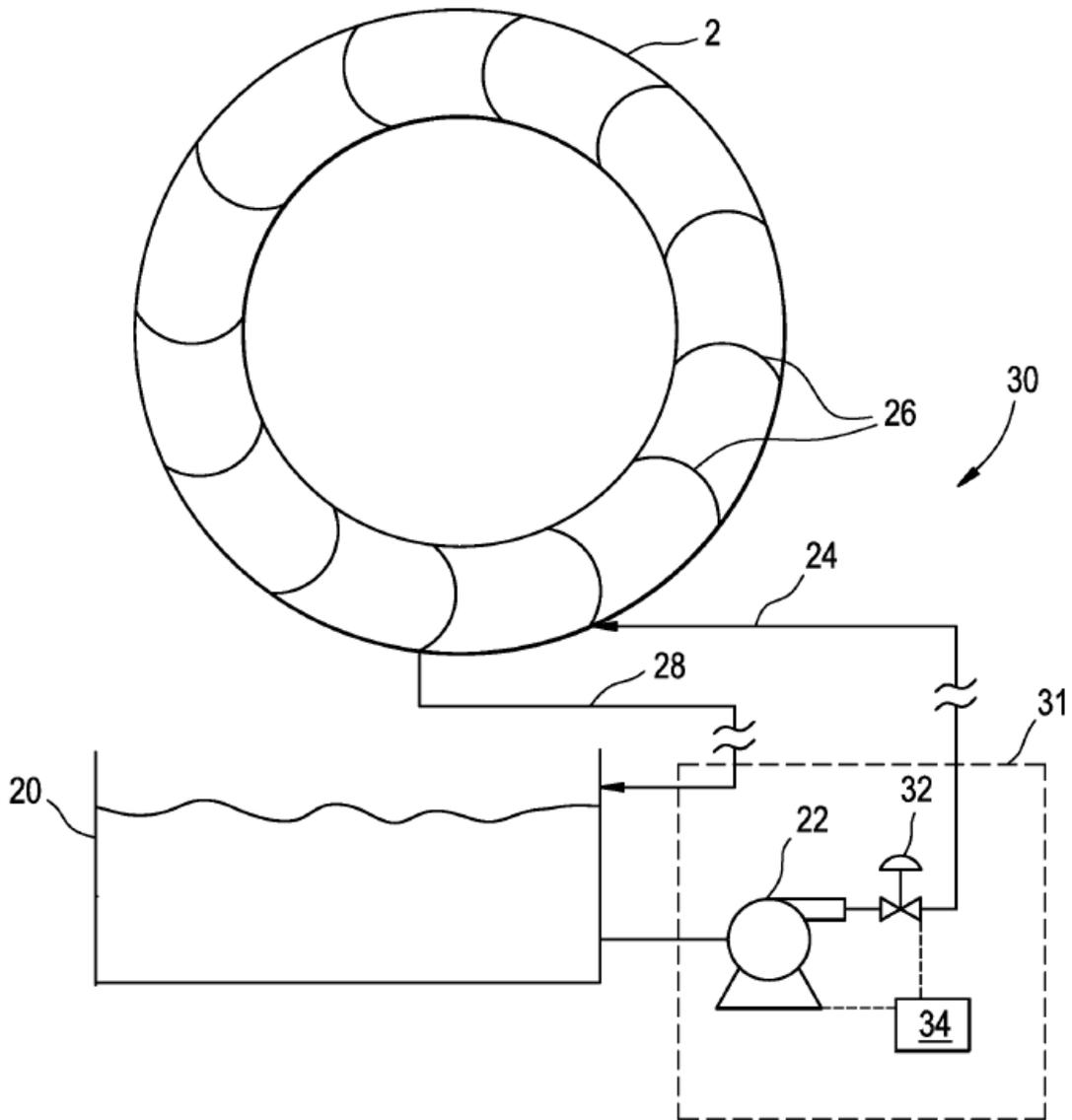


FIG. 3

