

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 960**

51 Int. Cl.:

G21C 9/00 (2006.01)

G21C 19/40 (2006.01)

G21D 1/04 (2006.01)

G21D 3/04 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

G21C 19/07 (2006.01)

G21C 19/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2012 E 12195798 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2608214**

54 Título: **Procedimiento y aparato para un sistema de enfriamiento de piscinas de combustible gastado remoto alternativo para reactores de agua ligera**

30 Prioridad:

19.12.2011 US 201113329910

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

03.06.2016

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;
ELLISON, PHILLIP GLEN;
BASS, JOHN R. y
ROGERS, RICHARD M.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 572 960 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 aparato para un sistema de enfriamiento de piscinas de combustible gastado remoto alternativo para reactores de agua ligera

Antecedentes de la invención**5 Campo de la invención**

Las realizaciones ejemplares se refieren por lo general a reactores nucleares, y más particularmente a un procedimiento y aparato para sistema de enfriamiento de piscinas de combustible gastado remoto alternativo para un reactor nuclear de Reactor de Agua Ligera (LWR). El sistema de enfriamiento puede ser particularmente beneficioso en caso de una emergencia en una central que causa la interrupción de la potencia eléctrica en la central, o el enfriamiento normal de las piscinas de combustible gastado para alterarse de otro modo. El sistema de enfriamiento se puede utilizar también para complementar el enfriamiento de piscinas de combustible a través del sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible convencional.

Técnica relacionada

La Figura 1 es una vista en corte de un edificio 5 del reactor de tipo Reactor Nuclear de Agua en Ebullición (BWR) convencional, que es un ejemplo de un Reactor de Agua Ligera (LWR). Se debe entender que esto es simplemente un ejemplo, ya que otros formatos de diseño del reactor se pueden utilizar para otros reactores de agua ligera. Las piscinas 10 de combustible gastado son piscinas de almacenamiento utilizadas para almacenar el combustible 12 gastado que queda después de la utilización del combustible para alimentar el reactor 1 BWR. Las piscinas 10 de combustible gastado se sitúan generalmente en lugares adyacentes a y hacia la parte superior del reactor 1 (como se muestra en la Figura 1, la piscina 10 de combustible gastado se encuentra en contención secundaria, fuera del recipiente 3 de contención de acero y la carcasa 4 de hormigón que protege el reactor 1). La piscina de combustible gastado se puede situar en una elevación central que está por encima de una ubicación de la piscina 2 de supresión. Cabe señalar que, en otros diseños de reactor, la piscina de combustible gastado se puede situar en una misma elevación central que el reactor, o en una elevación que está por debajo del reactor. El combustible 12 gastado se almacena generalmente en las piscinas 10 de combustible gastado durante un período de al menos 5 años antes de enviarse a reprocesamiento o almacenamiento en contenedores. Las piscinas 10 de combustible gastado tienen típicamente de 40 pies o más (12,19 m o más) de profundidad, estando los 14 pies (4,27 m) inferiores están equipados con bastidores de almacenamiento que retienen los conjuntos de combustibles que se retiran del reactor. Por lo general se necesita aproximadamente 8 pies (2,44 m) de agua (por encima de la parte superior del combustible gastado, en sí) para mantener los niveles de radiación en las piscinas 10 de combustible gastado dentro de los límites aceptables (véase el nivel 10b de agua de la piscina de combustible gastado, que está por encima del combustible 12 gastado).

Un flujo de agua de enfriamiento, proporcionada por el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible convencional (no mostrado), proporciona protección contra radiaciones y mantiene las piscinas 10 de combustible gastado a temperaturas frías que aseguran que el agua de enfriamiento no hierva (exponiendo de esta manera el combustible gastado al aire libre). Las bombas de enfriamiento de combustible gastado convencionales proporcionan el enfriamiento de las piscinas de combustible gastado. Específicamente, las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible convencionales transfieren el agua de la piscina de combustible gastado al sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible. El sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible convencional enfría y limpia el agua, mediante el uso de un intercambiador de calor y desmineralizadores (que eliminan algunos radioisótopos, y otras impurezas). Las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible envían después el agua limpia y fría de nuevo a la piscina 10 de combustible gastado.

Durante un accidente grave en una central, la potencia eléctrica normal de la central se puede ver interrumpida. En particular, la central puede agotar su potencia eléctrica normal para hacer funcionar las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible convencionales, o para hacer funcionar el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible. Si se interrumpe la potencia eléctrica durante un largo período de tiempo, la interrupción del uso del sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede hacer que el agua en la piscina de combustible gastado se caliente y, finalmente, hierva. Cuando se produce suficiente ebullición, los niveles de agua en la piscina pueden caer a niveles que ya no proporcionan suficiente agua de enfriamiento para proteger eficazmente contra radiaciones lo que puede causarse por el combustible gastado. En situaciones de emergencia muy graves, el agua en la piscina de combustible gastado puede hervir y evaporarse hasta el punto de que el combustible gastado puede quedar expuesto al aire libre. Una emergencia de este tipo puede representar un grave peligro para el personal de central y el medio ambiente.

En una emergencia de central, incluso si el combustible gastado en la piscina de combustible gastado que no se expone al aire libre (en el caso del peor escenario de un accidente), existen todavía preocupaciones con el escape de radiación que sale de la piscina de combustible gastado y que escapa al medio ambiente. En particular, el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede llegar a sobrecargarse al lidiar con el enfriamiento y las necesidades de reducción de radiación de la piscina de combustible gastado. Este podría ser

particularmente el caso, en la situación de que se produzca el daño del combustible en la piscina de combustible gastado. Si la integridad de las barras de combustible dentro de la piscina de combustible gastado se ponen en peligro, el uso del sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede representar un riesgo para el personal de central y para el medio ambiente, puesto que agua altamente radiactiva (por encima de los límites de diseño aceptables) se puede transferir al sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible. En tal escenario, el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede ser incapaz de ayudar en la reducción efectiva de los niveles de radiación del agua en la piscina de combustible gastado. Por lo tanto, la transferencia de agua altamente radiactiva al sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede, en sí mismo, causar una escalada potencial en las capacidades de contener isótopos radiactivos perjudiciales dentro de la contención secundaria.

El documento DE 31 30 109 A1 se refiere a una instalación nuclear que tiene un dispositivo de eliminación de calor para la eliminación del calor residual de los elementos combustibles utilizados. El documento US 3.984.282 se refiere a un sistema de contención pasivo para un reactor nuclear. El documento JP S61-70496 A se refiere a un dispositivo para recuperar y utilizar el calor de desintegración de una piscina de combustible gastado.

Resumen de la invención

La invención proporciona un procedimiento y un aparato para proporcionar un sistema de enfriamiento de piscinas de combustible gastado remoto alternativo para la piscina de combustible gastado como se define en las reivindicaciones adjuntas. El sistema de enfriamiento puede ser un intercambiador de calor de una sola etapa, una sola pasada de tal modo que no represente un peligro para el medio ambiente. El sistema de enfriamiento se podría operar para enfriar la piscina de combustible gastado, incluso en caso de un accidente en una central donde la electricidad normal de la central no está disponible para hacer funcionar el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible gastado o las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible convencionales. Además, el sistema de enfriamiento puede ser especialmente beneficioso en casos en los que se han producido daños en el combustible y el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible gastado convencional se vuelve ineficaz en la contención de fugas de radiación a otras áreas de la central. El sistema de enfriamiento se puede operar y controlar desde una ubicación remota, lo que es ideal durante una emergencia en la central.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán las realizaciones de la presente invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista en sección de un diseño ejemplar de un edificio del reactor de tipo Reactor Nuclear de Agua Ligera (LWR) convencional;

La Figura 2 es una vista aérea de una piscina de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar;

La Figura 3 es una vista lateral de una piscina de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar; y

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de enfriamiento de piscinas de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar.

Descripción detallada

Las realizaciones detalladas ejemplares, se divulgan en la presente memoria. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en la presente memoria son meramente representativos para fines de describir las realizaciones ejemplares. Las realizaciones ejemplares pueden, sin embargo, realizarse de muchas formas alternativas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, y no se deben interpretar como limitadas solamente a las realizaciones expuestas en la presente memoria.

En consecuencia, las realizaciones de la invención se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en detalle en la presente memoria. Sin embargo, se debe entender que no hay intención de limitar las realizaciones ejemplares a las formas particulares divulgadas.

Los mismos números de referencia se refieren a elementos similares a través de toda la descripción de las Figuras

Se entenderá que, si bien los términos primer, segundo, etc. se pueden utilizar en la presente memoria para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento se podría denominar un segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento se podría denominar un primer elemento, sin apartarse del ámbito de aplicación 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.

Se entenderá que cuando un elemento se refiere como estando "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado 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 se deben interpretar de manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.).

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

10 Se debe señalar también que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos señalados pueden ocurrir 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 a veces se pueden ejecutar en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/actos involucrados.

15 La Figura 2 es una vista aérea de una piscina 10 de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar. El sistema 20 de enfriamiento puede proporcionar un intercambiador de calor *in situ* (dentro de la piscina 10 de combustible gastado), para enfriar la piscina 10 sin la necesidad de retirar el agua de la piscina 10 de combustible gastado. El sistema 20 de enfriamiento incluye una tubería 26 de enfriamiento que proporciona un flujo de agua de enfriamiento a través de la tubería 26. La tubería 26 de enfriamiento se sitúa dentro de la piscina 10 de combustible gastado, y alrededor del área del combustible 12 gastado dentro de la piscina 10. La tubería 26 de enfriamiento incluye una única entrada 22 de agua fría y una única salida 24 de agua caliente, para proporcionar un intercambiador de calor de una sola etapa, una sola pasada dentro de la piscina 10 de combustible gastado. Los beneficios de un sistema 20 de enfriamiento de una sola etapa, una sola pasada incluyen un aumento de la eficacia, puesto que la mayor cantidad de calor que se puede intercambiar por galón de agua de hace fluir a través de la tubería 26 de enfriamiento. Como alternativa a un sistema 20 de enfriamiento de una sola etapa, una sola pasada (como se muestra en la Figura 2), un sistema 20 de enfriamiento de múltiples etapas (no mostrado) se puede utilizar. El sistema 20 de enfriamiento de múltiples etapas puede incluir múltiples pasos de una sola etapa de la tubería 26 de enfriamiento que pueden ser cada uno el mismo que el del sistema 20 de una sola etapa mostrado en la Figura 2.

20 Para ayudar a mitigar el riesgo de fuga de radiación desde la piscina 10 de combustible gastado en la tubería 26 de enfriamiento, la presión del agua de enfriamiento que fluye a través de la tubería 26 de enfriamiento se mantiene por encima de la presión del agua en la piscina 10 de combustible gastado. Debido a que la piscina de combustible gastado se expone al aire libre dentro de la central, la presión atmosférica por encima de la piscina 10 de combustible gastado es de aproximadamente 101,3 kPa (1 atmósfera) de presión. Por lo tanto, para mitigar la fuga de radiación, la presión del fluido que se hace fluir a través de la tubería 26 de enfriamiento se puede mantener a una presión de 101,3 kPa (1 atmósfera) o más, además de la presión estática del agua a la profundidad más baja donde se extiende la tubería 26 de enfriamiento. Para ser conservador, la presión de la tubería 26 de enfriamiento se puede mantener a una presión de 101,3 kPa (1 atmósfera), además de la presión estática del agua en lo más profundo de la piscina 10 de combustible gastado.

30 Además de mantener la presión de la tubería 26 de enfriamiento por encima de la presión del agua en la piscina 10 de combustible gastado (para mitigar el riesgo de fuga de radiación), un monitor 28 de radiación se puede situar también en la tubería de salida 24 de agua caliente. El monitor 28 de radiación puede medir los niveles de radiación del agua de enfriamiento que salen de la piscina 10 de combustible gastado, para asegurar que no se produzcan fugas de radiación fuera de la piscina 10.

35 Para bombear agua de enfriamiento a través de la tubería 26 de enfriamiento, se puede utilizar una bomba 30 del sistema de enfriamiento dedicada. La bomba 30 puede funcionar con un generador 56 diésel de soporte o accionarse directamente por un motor 56 diésel, para asegurar que la bomba 30 no dependa de la potencia eléctrica normal de la central que puede no estar disponible en caso de una grave emergencia en la central. El tamaño de la bomba 30 puede variar, dependiendo del tamaño de la piscina 10 de combustible gastado. El tamaño de la bomba 30 puede variar también en función de los cálculos de diseño para la salida de calor en el peor de los casos desde la piscina 10 de combustible gastado durante una situación de accidente. Con el fin de mitigar un accidente en una central para la mayoría de los diseños LWR, la bomba 30 puede proporcionar un caudal de agua de enfriamiento de aproximadamente 1.364 litros por minuto (300 galones/minuto). Se debe entender que un mayor caudal de agua de enfriamiento causará un aumento en el intercambio de calor, a expensas de una reducción de la eficacia del sistema 20 de enfriamiento.

40 Se debe señalar que las bombas portátiles de emergencia convencionales (no mostradas), que generalmente están disponibles en una central nuclear LWR, se pueden utilizar como la bomba 30 del sistema de enfriamiento.

45 Si se utiliza una tubería 26 de enfriamiento de una sola etapa, una sola pasada, una sola bomba 30 puede ser adecuada. Si se utiliza una tubería 26 de enfriamiento de múltiples etapas, una sola bomba 30 para cada etapa de la tubería 26 de enfriamiento se puede utilizar (es decir, la configuración de múltiples etapas puede incluir múltiples

sistemas 20 de enfriamiento, similar al que se muestra en la Figura 2).

De acuerdo con la invención, el drenaje por gravedad del agua de enfriamiento a través de la tubería 26 de enfriamiento se implementa. El drenaje por gravedad del agua de enfriamiento a través de la tubería 26 de enfriamiento ofrece un nivel adicional de seguridad para el sistema 20 de enfriamiento, puesto que no se requiere ninguna potencia de bombeo para utilizar el sistema. Sin embargo, una configuración de este tipo requiere una fuente 50 de agua de enfriamiento que se encuentra a una altura por encima del nivel 10b de líquido (véase Figuras 1 y 3) de la piscina 10 de combustible gastado. Una fuente 50 de agua de enfriamiento puede ser un océano, un río, una gran masa de agua al aire libre, o una estructura artificial que contiene una fuente de agua. La salida 24 de agua caliente se descarga a un lugar de descarga 52 de agua con una elevación que está por debajo de la elevación más baja de la tubería 26 de agua de enfriamiento que corre a través de la piscina 10 de combustible gastado. La descarga 52 de agua puede también ser una masa de agua exterior, o una estructura fabricada por el hombre utilizada para recoger el agua descargada.

Si se utiliza el drenaje por gravedad o una bomba 30 del sistema de enfriamiento para el sistema 20 de enfriamiento, todos los controles (véase controlador 58) asociados con el sistema 20 se pueden situar en un lugar 60 remoto que está alejado de la piscina 10 de combustible gastado, para la seguridad del personal de la central. Es decir, las ubicaciones de las bombas 30, o las ubicaciones del controlador 58 utilizadas para operar las válvulas de la bomba 30, de entrada/salida 32a/32b (si las válvulas no se accionan manualmente), y el monitor 28 de radiación, se pueden situar a una distancia de la piscina 10. Del mismo modo, válvulas 32a de entrada (a la entrada 22 de agua fría) y/o válvulas 32b de salida (a la salida 24 de agua caliente), que se utilizan para controlar el flujo de agua a través de la tubería 26 de enfriamiento, se pueden situar en ubicaciones remotas desde la piscina 10 (especialmente en el caso de que las válvulas 32a/32b se operen manualmente). Esto es para asegurar que el personal de la central pueda operar con seguridad el sistema 20 sin estar expuesto a niveles potencialmente elevados de radiación que pueden estar presentes en la piscina 10 de combustible gastado durante una condición de accidente.

La configuración de la tubería 26 de enfriamiento puede incluir un único bucle alrededor de la piscina 10 de combustible gastado, como se muestra en la Figura 2. Como alternativa, la tubería 26 de enfriamiento puede implicar otras configuraciones, que pueden incluir bucles adicionales o una configuración en forma de "serpiente" (no mostrada) a través de la piscina. La tubería 26 de enfriamiento puede tener aletas, o de otro modo configurarse para maximizar el área superficial de la tubería 26 para aumentar la capacidad de intercambio de calor entre la tubería 26 y el agua de la piscina 10 de combustible gastado. Adicionalmente, la tubería 26 del sistema de enfriamiento puede incluir una ramificación 26a/26b/26c (véase Figura 3) de la tubería de agua de enfriamiento, que puede aumentar también el calor que se intercambia entre las tuberías 26 de enfriamiento y el agua en la piscina 10 de combustible gastado. La tubería 26 del sistema de enfriamiento sistema ramificada puede tener todavía una única entrada 22 de agua fría y una única salida 24 de agua caliente, para reducir la cantidad de la tubería 26 de enfriamiento que está expuesto a áreas de la central distintas de la piscina 10 de combustible gastado. La configuración de una única entrada 22 de agua fría y de una única salida 24 de agua caliente puede reducir aún más la posibilidad de fugas de radiación a otras áreas de la central.

La Figura 3 es una vista lateral de una piscina 10 de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar. Convencionalmente, el combustible 12 gastado se encuentra a una profundidad de aproximadamente 1/3 de la profundidad total de la piscina 10 de combustible gastado. Por lo tanto, la tubería 26 de enfriamiento (incluyendo los ramas 26a/26b/26c) se puede situar en una posición que está generalmente por encima del combustible 12 gastado y por debajo del nivel de agua 10b de la piscina 10. Mediante la ubicación de la tubería 26 de enfriamiento por encima del combustible 12 gastado, la tubería 26 de enfriamiento creará la formación corriente de convección natural. Específicamente, la tubería 26 de enfriamiento producirá agua fría por encima de las ubicaciones del combustible 12 gastado, y esta agua más fría se depositará, naturalmente, en el fondo de la piscina 10. Asimismo, el combustible 12 gastado producirá agua más caliente cerca del fondo de la piscina 10 de combustible gastado, y esta agua más caliente aumentará naturalmente dentro de la piscina 10. Por lo tanto, mediante la ubicación de la tubería 26 de enfriamiento por encima de las ubicaciones del combustible 12 gastado, el proceso de intercambio de calor del sistema de enfriamiento será más eficaz.

Las tuberías 26 de enfriamiento se pueden anclar a la paredes 10a piscina de la piscina 10 de combustible gastado mediante anclajes 54 (véanse Figuras 2 y 3), para soporte adicional. Las tuberías 26 de enfriamiento se pueden instalar antes de la operación de la central LWR, para asegurar que el sistema 20 de enfriamiento está en posición antes de un posible accidente en la central. Como alternativa, el sistema 20 de enfriamiento se puede instalar como un sistema acondicionado. Los tubos 26 de enfriamiento se pueden instalar de forma permanente en la piscina 10 de combustible gastado, en cuyo caso los tubos 26 de enfriamiento se pueden situar en posiciones dentro de la piscina 10 que no interfieran con la instalación y la extracción del combustible 12 gastado dentro de la piscina. Como alternativa, los tubos 26 de enfriamiento se pueden mantener temporalmente en su lugar dentro de la piscina 10 a través de soportes, en cuyo caso las tuberías 26 de enfriamiento se pueden situar directamente por encima de las ubicaciones del combustible 12 gastado.

Se debe entender que el sistema 20 de enfriamiento se puede utilizar durante períodos de tiempo diferentes de las condiciones de accidentes en la central. Por ejemplo, el sistema 20 de enfriamiento se puede utilizar simplemente para complementar el enfriamiento normal de la piscina de combustible gastado a través del sistema de enfriamiento

y limpieza de piscinas de combustible convencional. Se debe entender también que la temperatura del suministro de agua de enfriamiento para el sistema 20 de enfriamiento tendrá un impacto en el rendimiento del sistema. Es decir, el sistema 20 de enfriamiento será más eficaz y eficiente si se utiliza un suministro de agua de enfriamiento más frío.

5 La Figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de enfriamiento de piscinas de combustible gastado, de acuerdo con una realización ejemplar. Como se muestra en la etapa S40 del procedimiento, una tubería 26 de enfriamiento se puede insertar en la piscina 10 de combustible gastado. Como se muestra en la etapa S42, el agua de enfriamiento de una fuente de agua de enfriamiento puede correr a través de la tubería 26 de enfriamiento. Como se muestra en la etapa S44, el agua de enfriamiento en la tubería 26 de enfriamiento se puede mantener a una presión por encima de la presión del agua en la piscina 10 de combustible gastado. El agua de enfriamiento en la tubería de enfriamiento se puede mantener también a una temperatura que es inferior a la temperatura del agua en la piscina 10 de combustible gastado.

Habiéndose por tanto descrito as realizaciones ejemplares, será obvio que las mismas se pueden variar dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (20) que comprende una piscina (10) de combustible gastado de un Reactor de Agua Ligera (LWR), el sistema comprendiendo además:
 - 5 una tubería (26) de enfriamiento, con porciones de la tubería (26) de enfriamiento estando situadas por debajo de un nivel (10b) de líquido esperado de la piscina (10) de combustible gastado;
 - la tubería (26) de enfriamiento configurada para proporcionar un flujo de agua de enfriamiento a través de la tubería (26) de enfriamiento que está a una presión más alta y temperatura más fría que el agua de la piscina (10) de combustible gastado;
 - una única tubería (22) de entrada fijada a la tubería (26) de enfriamiento;
 - 10 una única tubería (24) de salida fijada a la tubería (26) de enfriamiento;
 - la tubería (22) de entrada y la tubería (24) de salida extendiéndose más allá de los confines de la piscina (10) de combustible gastado;
 caracterizado por
 - 15 una fuente (50) de agua acoplada de manera fluida a la tubería (22) de entrada, estando la fuente de agua (50) ubicada a una altura por encima del nivel (10b) de líquido esperado de la piscina (10) de combustible gastado, y un punto (52) de descarga de agua acoplado de manera fluida a la tubería (24) de salida, el punto (52) de descarga de agua ubicado a una elevación por debajo de la piscina (10) de combustible gastado, con lo que se proporciona por tanto drenaje por gravedad del agua de enfriamiento a través de la tubería de enfriamiento.
2. El sistema (20) de la reivindicación 1, en el que porciones de la tubería (26) de enfriamiento están situadas encima de las ubicaciones de combustible (12) gastado dentro de la piscina (10) de combustible gastado.
3. El sistema (20) de cualquiera de la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
 - una bomba (30) conectada a la tubería (22) de entrada, y
 - un motor (56) diésel de soporte conectado a la bomba (30).
4. El sistema de la reivindicación 3, que comprende además:
 - 25 controles (58) conectados eléctricamente a la bomba (30),
 - en el que la bomba (30) y los controles (58) de la bomba (30), están situados en una ubicación que lejos de la piscina (10) de combustible gastado.
5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la tubería (26) de enfriamiento incluye ramas (26a-c) y las aletas.
6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además:
 - 30 uno o más anclajes (54) conectados a una pared (10a) de la piscina (10) de combustible gastado, para soportar la tubería (26) de enfriamiento.
7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
 - 35 una segunda tubería (26) de enfriamiento, con porciones de la segunda tubería (26) de enfriamiento estando situadas por debajo del nivel (10b) de líquido de la piscina (10) de combustible gastado,
 - la segunda tubería (26) de enfriamiento configurada para proporcionar un flujo de agua de enfriamiento a través de la segunda tubería (26) de enfriamiento que está a una presión más alta y temperatura más fría que el agua de la piscina (10) de combustible gastado.
8. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
 - 40 la piscina (10) de combustible gastado ubicada en un edificio (5) del reactor, y
 - una piscina (2) de supresión ubicada en el edificio (5) del reactor.
9. Un procedimiento de enfriamiento alternativo de una piscina (10) de combustible gastado de un Reactor de Agua Ligera (LWR), que comprende:
 - 45 eliminar calor de la piscina (10) de combustible gastado haciendo correr agua de enfriamiento a través de una tubería (26) de enfriamiento, teniendo el agua de enfriamiento una temperatura más fría que el agua en la piscina

(10) de combustible gastado;

fijar una única tubería (22) de entrada y una única tubería (24) de salida a la tubería (26) de enfriamiento, extendiéndose la tubería (22) de entrada y la tubería (24) de salida más allá de los confines de la piscina (10) de combustible gastado;

5 acoplar de manera fluida la tubería (22) de entrada a una fuente (50) de agua situada a una altura por encima del nivel (10b) de líquido esperado de la piscina (10) de combustible gastado;

acoplar de manera fluida la tubería (24) de salida a un punto (52) de descarga de agua situado a una altura por debajo de la piscina (10) de combustible gastado; y

drenar por gravedad el agua de enfriamiento a través de la tubería de enfriamiento.

10 10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:

mantener una presión del agua de enfriamiento en la tubería (26) de enfriamiento por encima de la presión del agua de la piscina (10) de combustible gastado.

11. El procedimiento de cualquiera de la reivindicación 9 o 10, que comprende además:

15 producir una convección natural dentro de la piscina (10) de combustible gastado, situando las porciones de la tubería (26) de enfriamiento por encima de la ubicación de combustible (12) gastado dentro de la piscina (10) de combustible gastado y por debajo de un nivel de líquido de la piscina (10) de combustible gastado.

12. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende además:

conectar una bomba (30) a la tubería (22) de entrada, y

conectar un motor (56) diésel de soporte a la bomba (30).

20

FIG. 1

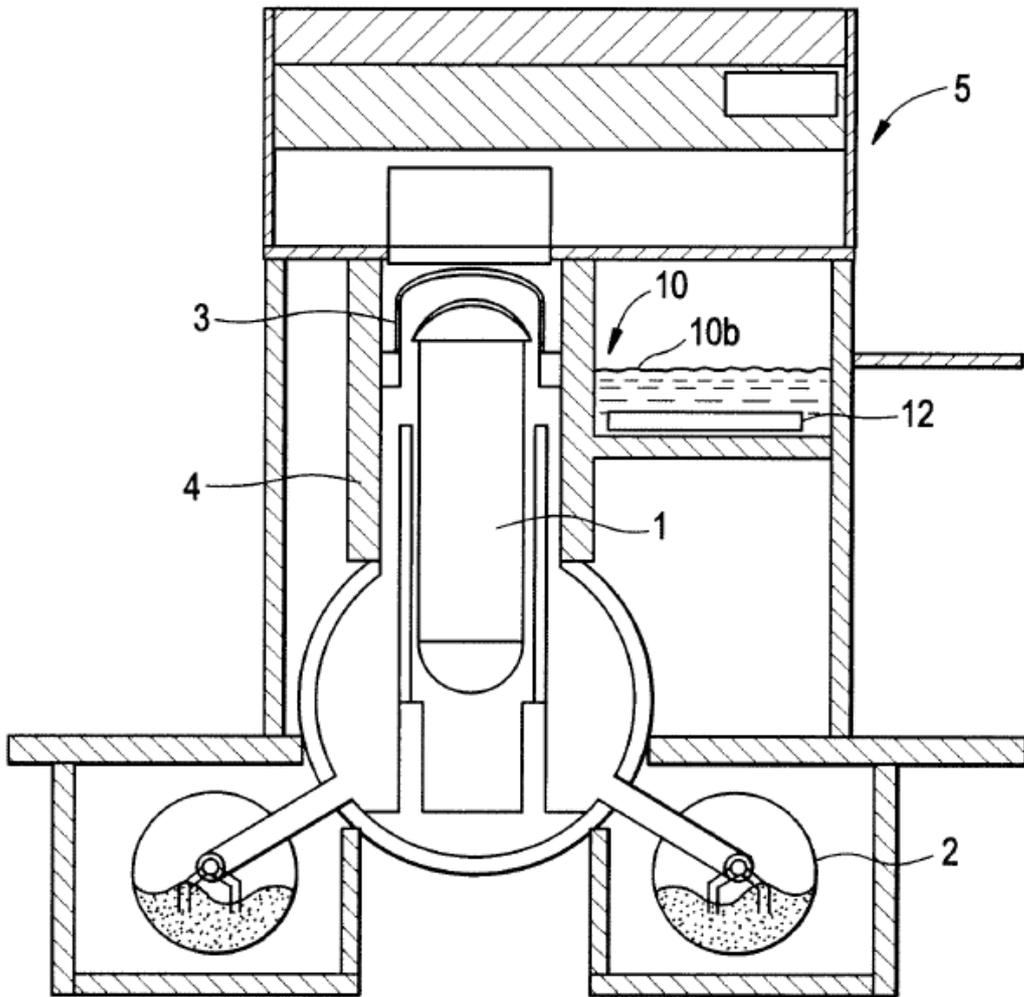


FIG. 2

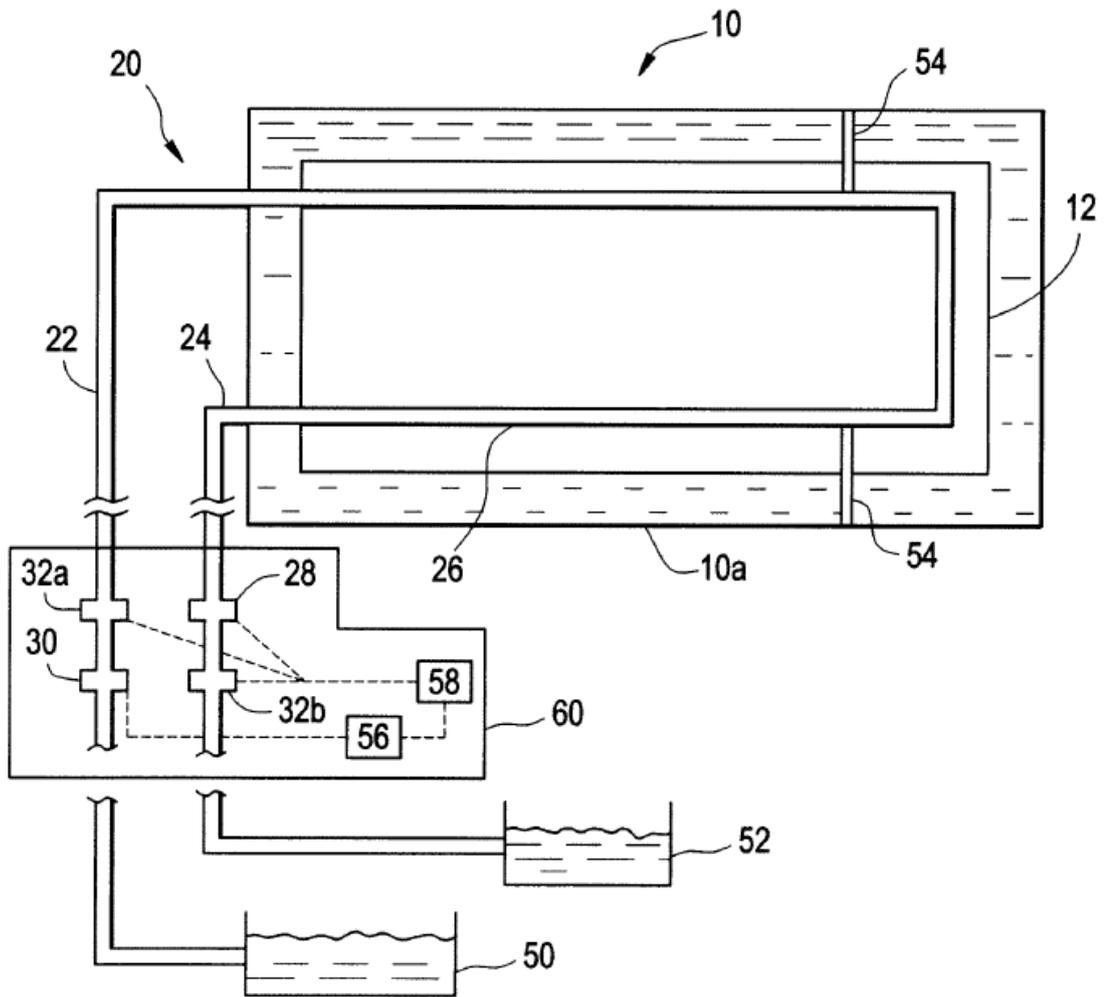


FIG. 3

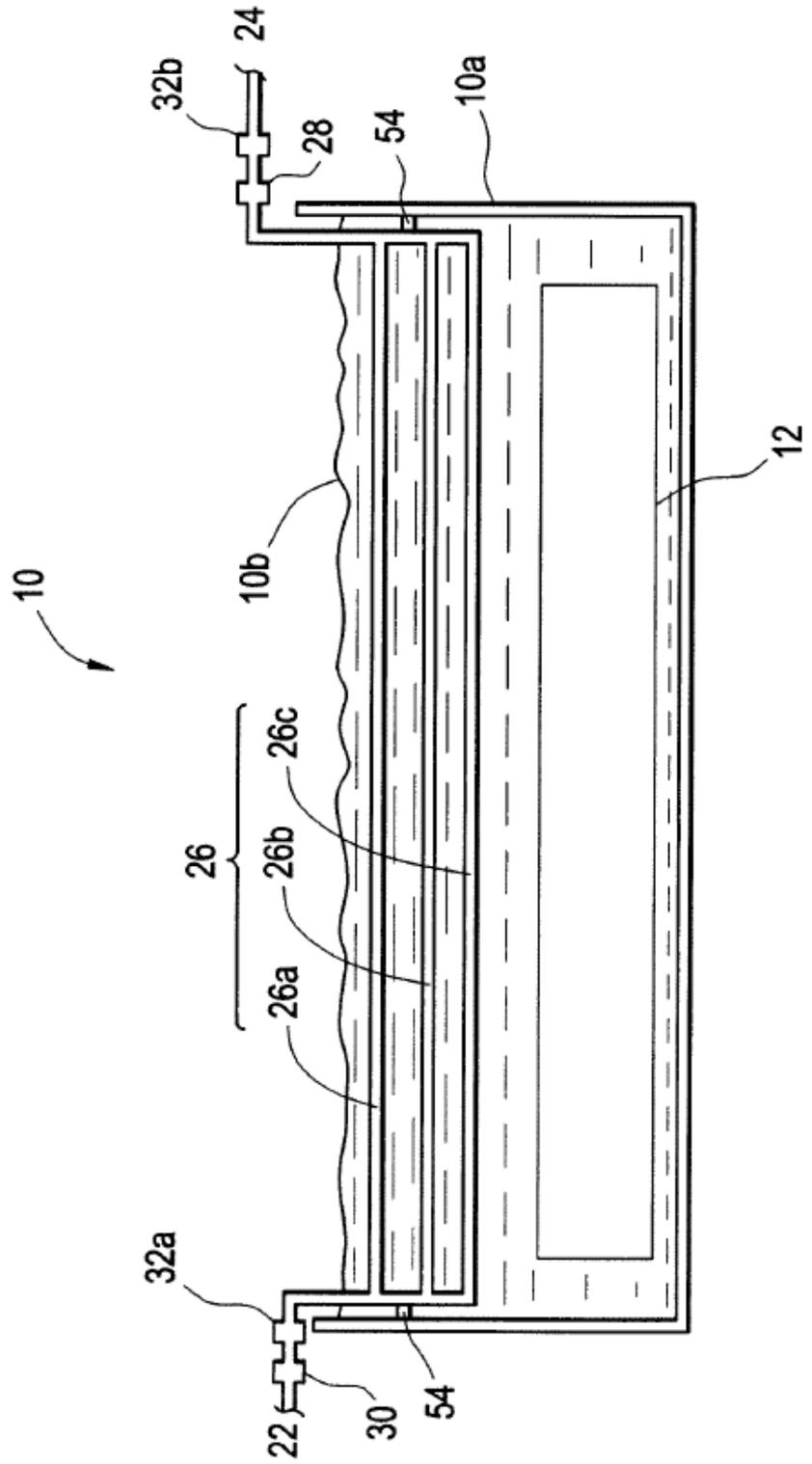


FIG. 4

