

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 694**

51 Int. Cl.:

G21C 15/18 (2006.01)

G21C 19/07 (2006.01)

G21D 3/06 (2006.01)

G21C 19/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2013 PCT/US2013/076012**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14137447**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2013 E 13876854 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2954533**

54 Título: **Sistemas y procedimientos pasivos alternativos de refrigeración de piscina de combustible gastado**

30 Prioridad:

06.02.2013 US 201313760263

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

16.04.2018

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)**

**1000 Westinghouse Drive Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**DEDERER, JEFFREY T.;
BROWN, WILLIAM L. y
VEREB, FRANK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 663 694 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

Sistemas y procedimientos pasivos alternativos de refrigeración de piscina de combustible gastado

Campo de la invención

5 La presente invención versa, en general, acerca de sistemas y procedimientos pasivos alternativos de refrigeración para piscinas de combustible gastado en centrales eléctricas de reactor nuclear y, en particular, acerca de un mecanismo para la refrigeración de una piscina de combustible gastado en un evento de pérdida del sistema activo normal de refrigeración de la piscina de combustible gastado, que puede producirse como resultado de una pérdida del suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas.

Antecedentes

10 Una central eléctrica de reactor nuclear genera energía eléctrica como resultado de la fisión nuclear de materiales radiactivos contenidos en el interior del reactor nuclear. Debido a la volatilidad de esta reacción nuclear, las centrales eléctricas de reactor nuclear están diseñadas de forma que se garantice que se mantiene la salud y la seguridad del público.

15 En reactores nucleares convencionales, el material radiactivo utilizado para generar energía eléctrica es combustible nuclear. El combustible nuclear se agota, es decir, se gasta, durante la vida del ciclo del combustible. El combustible nuclear no es reprocesado y, por lo tanto, se retira del reactor nuclear el combustible gastado a intervalos periódicos. Incluso tras su retirada, el combustible nuclear continúa generando un calor intenso, denominado "calor de decaimiento", y permanece radiactivo. El calor de decaimiento se reduce de forma natural con el paso del tiempo a una tasa exponencial, pero sigue generando suficiente energía para requerir una refrigeración por agua durante 20 varios años. Por lo tanto, se necesitan unas instalaciones seguras de almacenamiento para recibir y almacenar el combustible gastado. En las centrales eléctricas de reactor nuclear, tales como reactores modulares pequeños y otros reactores de agua a presión, se proporciona una piscina del combustible gastado como una instalación de almacenamiento para el combustible gastado tras su retirada del reactor. La piscina de combustible gastado está construida, normalmente, de hormigón y contiene un nivel de agua que es suficiente para mantener el combustible 25 nuclear sumergido bajo agua. Normalmente, la piscina de combustible gastado tiene una profundidad de al menos 12 m. La calidad del agua también es controlada y monitorizada para evitar la degradación del combustible en la piscina del combustible gastado. Además, el agua es refrigerada continuamente para eliminar el calor que es producido por el combustible gastado en la piscina.

30 Una central eléctrica típica de reactor nuclear incluye un sistema activo de refrigeración de la piscina de combustible gastado que está diseñado y es capaz de eliminar el calor de decaimiento generado por el combustible gastado almacenado del agua en la piscina del combustible gastado. Los sistemas "activos" de refrigeración incluyen los que requieren energía eléctrica de corriente alterna para operar bombas o válvulas para conseguir la función deseada de refrigeración. Es necesaria la eliminación del calor de decaimiento para mantener la temperatura del agua de la 35 piscina del combustible gastado dentro de límites normativos aceptables y evitar una ebullición no deseada del agua en la piscina del combustible gastado. En algunos reactores de agua a presión, tales como el diseño AP1000 que incluye el sistema pasivo de refrigeración del núcleo de Westinghouse, el sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado es un sistema no relacionado con la seguridad. En otros diseños de reactor de agua a presión, tales como los diseños no AP1000, el sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado es un sistema relacionado con la seguridad.

40 Normalmente, el sistema activo de refrigeración de la piscina del combustible nuclear incluye una bomba de la piscina del combustible gastado para hacer circular el agua de elevada temperatura de la piscina del combustible gastado y a través de un intercambiador de calor para refrigerar el agua. Entonces, se devuelve el agua refrigerada a la piscina del combustible gastado. El sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado puede incluir 45 dos trenes mecánicos de equipos. Teniendo cada tren una bomba de la piscina del combustible gastado, un intercambiador de calor de la piscina del combustible gastado, un desmineralizador de la piscina del combustible gastado y un filtro de la piscina del combustible gastado. Los dos trenes de equipos pueden compartir colectores comunes de succión y de descarga. Además, el sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado incluye los tubos, las válvulas y la instrumentación necesarios para la operación del sistema. Normalmente, un tren está refrigerando y purificando continuamente la piscina del combustible gastado mientras que el otro tren está 50 disponible para transferencias de agua, la purificación del depósito de almacenamiento de agua de recarga en el interior de la contención, o un alineamiento como una reserva del tren operativo de equipos.

La FIG. 1 muestra un sistema activo 10 de refrigeración de la piscina del combustible gastado (SFPC) durante su 55 operación normal según la técnica anterior. La SFPC 10 incluye una piscina 5 del combustible gastado. La piscina 5 del combustible gastado contiene un nivel de agua 16 a una temperatura elevada como resultado del calor de decaimiento generado por el combustible gastado (no mostrado) que es transferido desde el reactor nuclear (no mostrado) a la piscina 5 del combustible gastado. El sistema 10 de SFPC incluye trenes A y B. Se emplean los trenes A y B para refrigerar el agua en la piscina 5 del combustible gastado. Según se ha descrito anteriormente, es normal operar uno del tren A o del tren B para refrigerar y purificar continuamente la piscina 5 del combustible

gastado mientras que el otro tren está disponible como una reserva. Cada uno de los trenes A y B incluye una bomba 25 de SFPC, un sistema 45 de filtro y desmineralizador de SFPC. Los trenes A y B comparten un colector común 20 de succión y un colector común 50 de descarga. En cada uno de los trenes A y B, el agua sale de la piscina 5 del combustible gastado a través del colector 20 de succión y es bombeada a través de la bomba 25 de SFPC hasta el intercambiador 30 de calor de SFPC. En el intercambiador 30 de calor de SFPC, una línea 40 de flujo deja pasar agua desde el sistema (no mostrado) de agua de refrigeración de componentes (CCWS) a través del intercambiador 30 de calor de SFPC y la devuelve al CCWS. El calor del agua que entra en el intercambiador 30 de calor de SFPC (de la piscina 5 del combustible gastado) es transferido al agua proporcionada por la línea 40 de flujo y es devuelto nuevamente al CCWS a través de la línea 40 de flujo. El agua refrigerada sale del intercambiador 30 de calor de SFPC y atraviesa el sistema 45 de filtro y desmineralizador de SFPC colocado corriente abajo del intercambiador 30 de calor de SFPC. El agua refrigerada purificada sale del sistema 45 de filtro y desmineralizador, es transportada a través del colector común 50 de descarga y es devuelta a la piscina 5 de combustible gastado.

Además del sistema activo de SFPC mostrado en la FIG. 1, también se conoce en la técnica el empleo de diseños pasivos para mitigar eventos de accidente en un reactor nuclear sin la intervención de un operario o un suministro eléctrico desde fuentes externas. Estos diseños pasivos recalcan características de seguridad que dependen de fuerzas naturales, tales como gas a presión, flujo por gravedad, flujo de circulación natural y convección, y no dependen de componentes activos (tales como bombas, ventiladores o generadores diésel). Además, los sistemas pasivos están diseñados para funcionar sin sistemas de soporte relacionados con la seguridad (tales como energía de CA, agua de refrigeración de componentes, agua de servicios y HVAC). Se puede diseñar un sistema pasivo de refrigeración de la piscina del combustible gastado de forma que se proporcione el medio primario para la protección contra el combustible gastado mediante un medio pasivo y dependa de la ebullición del inventario de agua de la piscina del combustible gastado para eliminar el calor de decaimiento.

Por ejemplo, si se supone una pérdida o un fallo completo de un sistema activo de refrigeración de la piscina del combustible gastado, se puede proporcionar una refrigeración del combustible gastado por la capacidad térmica del agua en la piscina del combustible gastado. El calor de decaimiento del combustible gastado es transferido al agua en la piscina y, tras cierto periodo de tiempo, provoca que el agua hierva. La acción de ebullición del agua de la piscina produce vapor no radiactivo, el cual transfiere la energía del calor de decaimiento a la atmósfera. Tras un periodo de tiempo específico, se necesitará añadir agua adicional a la SFP para compensar la pérdida de inventario debido a la ebullición. Se puede proporcionar agua de aporte a la piscina del combustible gastado mediante medios alternativos para mantener el nivel del agua de la piscina por encima de la parte superior del combustible gastado y la ebullición del agua de la piscina puede seguir permitiendo la eliminación del calor de decaimiento. La ebullición del agua de la piscina del combustible gastado libera grandes cantidades de vapor al área de manipulación del combustible. El vapor se mezcla con el aire en el área de manipulación del combustible para formar una mezcla de vapor/aire que es evacuada pasivamente, entonces, a través de un panel de evacuación a la atmósfera diseñado para reducir la temperatura en el área de manipulación del combustible.

La tasa de eliminación por ebullición del agua de la piscina del combustible gastado depende muchísimo del calor de decaimiento generado por el combustible en la piscina. La cantidad de calor de decaimiento generado depende de cuán recientemente se ha descargado combustible en la piscina de combustible gastado. Durante las primeras 72 horas de un evento de pérdida de refrigeración, el agua es suministrada, normalmente, desde fuentes relacionadas con la seguridad, tales como el inventario de la piscina del combustible gastado, agua almacenada en el pozo de lavado de cofres, y agua del canal de transferencia de combustible. Si se requiere agua adicional de aporte más allá de las 72 horas, se puede proporcionar a la piscina de combustible gastado agua desde el depósito de almacenamiento de agua auxiliar del sistema pasivo de refrigeración de contención.

Se conoce otro sistema pasivo de refrigeración por el documento de patente JP 2009-63466A.

La invención proporciona un sistema y un procedimiento pasivos alternativos de refrigeración del combustible gastado que se emplean para eliminar el calor de decaimiento generado por el combustible gastado en el evento de una pérdida de suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas, no estando disponible el sistema activo de refrigeración de la piscina del combustible gastado para refrigerar la piscina del combustible gastado.

Sumario de la invención

En la reivindicación 1 se define un sistema pasivo de refrigeración para una piscina de combustible nuclear gastado según la invención.

En la reivindicación 14 se define un procedimiento respectivo para refrigerar pasivamente una piscina de combustible nuclear gastado según la invención.

Se definen realizaciones preferentes de la invención en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 muestra, de forma esquemática, un sistema típico de refrigeración activa de la piscina de combustible gastado según la técnica anterior.

5 La FIG. 2 muestra una vista en planta de un sistema pasivo de refrigeración de la piscina de combustible gastado según ciertas realizaciones de la invención.

La FIG. 3 muestra, de forma esquemática, un sistema de suministro de agua durante una operación normal para el sistema pasivo de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2, según ciertas realizaciones de la invención.

10 La FIG. 4 muestra, de forma esquemática, un sistema de suministro de agua durante un evento de pérdida de suministro eléctrico para el sistema pasivo de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2, según ciertas realizaciones de la invención.

La FIG. 5 muestra, de forma esquemática, un colector llenado y desactivado por conmutador térmico en condiciones operativas normales para el sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2, según ciertas realizaciones de la invención.

15 La FIG. 6 muestra, de forma esquemática, un colector vaciado y activado por conmutador térmico en un evento de pérdida de suministro eléctrico para el sistema de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2, según ciertas realizaciones de la invención.

Descripción detallada de la invención

20 La invención versa acerca de sistemas y procedimientos pasivos para refrigerar una piscina de combustible gastado en una central eléctrica de reactor nuclear incluyendo diseños tales como pequeños reactores modulares, otros reactores de agua a presión y reactores de agua en ebullición. En particular, los sistemas y procedimientos pasivos de la invención son empleados en el evento de una pérdida del sistema de refrigeración activa normal de la piscina del combustible gastado que puede producirse como resultado de la pérdida del suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas, por ejemplo, una pérdida completa de suministro de corriente alterna.

25 La invención incluye el empleo de un disipador de calor para eliminar calor de decaimiento de la piscina del combustible gastado. El disipador de calor puede incluir una amplia variedad de materiales que pueden absorber calor, tales como sustrato/tierra, materiales de carga, tales como roca u hormigón y combinaciones de los mismos. Según la invención, el disipador de calor es una masa de tierra, una masa de hormigón o de otro material utilizado en cimientos o suelos de estructuras de piscina de combustible gastado y combinaciones de las mismas. En respuesta a un evento de pérdida completa de suministro de corriente alterna, el calor de decaimiento de la piscina del combustible gastado es eliminado y transferido al disipador de calor. El disipador de calor está ubicado en proximidad relativamente estrecha de la piscina del combustible gastado. En un diseño típico de central eléctrica de reactor nuclear, el diseño y la arquitectura de la piscina del combustible gastado y de las estructuras circundantes pueden imposibilitar el uso del área inmediatamente circundante, por ejemplo, adyacente a la piscina del combustible gastado, como un disipador de calor. Por lo tanto, puede haber necesidad de proporcionar un medio de transporte del calor eliminado de la piscina del combustible gastado al disipador de calor. El medio de transporte puede variar. En ciertas realizaciones, el calor es transportado utilizando uno o más miembros de alta conductividad térmica, tales como tubos de calor. Además, durante una operación normal, se necesita un mecanismo para evitar el transporte de calor desde la piscina del combustible gastado hasta el disipador de calor, de forma que el disipador de calor permanezca frío durante una operación normal y, está disponible y pueda servir de disipador de calor durante un evento, tal como una pérdida completa de suministro de corriente alterna.

35 En la invención, se modifica la superficie interior de la pared de la piscina del combustible gastado para proporcionar un hueco a lo largo de al menos una porción de la periferia de la piscina del combustible gastado, formando una pared interna de la piscina del combustible gastado y una pared externa de la piscina del combustible gastado. Por lo tanto, un lado del hueco está formado por la pared interna de la piscina del combustible gastado y el otro lado del hueco está formado por la pared externa de la piscina del combustible gastado. La pared interna de la piscina del combustible gastado puede estar formada por un revestimiento interno de acero inoxidable y la pared externa de la piscina del combustible gastado están construidas, normalmente, de hormigón, tal como hormigón reforzado con un revestimiento de acero. La anchura y la profundidad del hueco pueden variar. El área ubicada más allá (por ejemplo, en el exterior) de la pared externa de la piscina del combustible gastado puede ser utilizada como disipador de calor.

45 Durante una operación normal de la central eléctrica de reactor nuclear, el hueco contiene aire para impedir el flujo conductor de calor desde la piscina de combustible gastado. Sin embargo, en un evento de emergencia, tal como una pérdida completa de suministro de corriente alterna, el hueco puede llenarse, al menos parcialmente, de agua. El agua es más conductora que el aire, por ejemplo, aproximadamente 20 veces más conductora. Por lo tanto, el calor es conducido desde la piscina del combustible gastado y al interior del hueco al menos parcialmente lleno de agua.

50 El agua puede ser suministrada al hueco utilizando diversos sistemas y procedimientos convencionales. En ciertas realizaciones, se fija una fuente de agua a un colector o distribuidor de descarga que está conectado con la pared

- externa de la piscina del combustible gastado y se descarga/vacía en el hueco. La fuente de agua puede tener diversas formas, tales como un depósito o reservorio. El colector de descarga puede incluir una válvula pasiva de seguridad, tal como una válvula de solenoide operada por aire. Durante una operación normal, se puede cerrar la válvula para evitar que el agua fluya al interior del hueco y para inhibir la transferencia de calor a través de los miembros conductores térmicos. En el evento de una pérdida de suministro eléctrico, por ejemplo, la pérdida completa de suministro de corriente alterna, la válvula puede abrirse (por ejemplo, fallar en posición abierta) utilizando energía almacenada, normalmente en forma de un resorte comprimido, para permitir que el agua de la fuente de agua fluya a través del colector de descarga y se vacíe en el hueco. A su vez, los miembros conductores térmicos son activados para transportar el calor desde el hueco hasta el disipador de calor.
- 5
- 10 En ciertas realizaciones, el hueco es una estructura continua a lo largo de la periferia de la piscina del combustible gastado. En otras realizaciones, el hueco puede estar dividido en una pluralidad de canales. Según ello, el colector puede extenderse continuamente en torno a la periferia de la piscina del combustible gastado o el colector puede corresponderse con canales formados en el hueco, de forma que haya un colector colocado en cada canal. Normalmente, el colector está colocado en la parte superior, o cerca de la misma, del hueco.
- 15 Durante un evento de emergencia, se elimina calor de la piscina del combustible gastado y es conducido atravesando el hueco hasta los miembros conductores térmicos, tales como, por ejemplo, tubos de calor. La pared externa de la piscina del combustible gastado, por ejemplo, pared de hormigón, por ejemplo, hormigón reforzado con un revestimiento de acero, del hueco proporciona el punto de fijación para los miembros conductores térmicos. Estos miembros conductores pueden penetrar a través de la pared externa de la piscina de combustible gastado, de forma que un extremo sea adyacente al hueco, o haga contacto con el mismo. El otro extremo del miembro conductor puede estar conectado directa o indirectamente con el disipador de calor. En ciertas realizaciones, los tubos de calor transportan calor desde la pared de la piscina del combustible gastado hasta el disipador de calor. En general, los tubos de calor utilizan la evaporación y la condensación de un fluido intermedio para producir una conductividad térmica muy elevada.
- 20
- 25 En ciertas realizaciones, se emplea un mecanismo conmutador térmico para activar y desactivar los miembros de alta conductividad. Durante una operación normal, por ejemplo, cuando el sistema de refrigeración activa de la piscina del combustible gastado está disponible y operable, el mecanismo conmutador térmico está colocado para desactivar los miembros de alta conductividad para inhibir el transporte de calor desde la piscina del combustible gastado hasta el disipador de calor. Sin embargo, tras la pérdida de la refrigeración normal de la piscina, el mecanismo conmutador térmico está colocado para activar los miembros de alta conductividad para permitir que se elimine calor de la piscina de combustible gastado y sea transportado hasta el disipador de calor.
- 30
- La FIG. 2 muestra una vista en planta de un sistema pasivo alternativo 1 de refrigeración de la piscina de combustible gastado según ciertas realizaciones de la invención. El sistema 1 incluye una piscina 5' de combustible gastado y un hueco 7 formado a lo largo de la periferia de la piscina 5' de combustible gastado. El hueco 7 está formado por una pared interna 9, por ejemplo, un revestimiento, de la piscina 5' de combustible gastado y una pared externa 11, por ejemplo, una pared secundaria de hormigón, de la piscina de combustible gastado. La anchura 13 del hueco 7 y su profundidad (no mostrada) pueden variar. Además, en la FIG. 2 se muestra una pluralidad de tubos 15 de calor cada una de las cuales tiene un primer extremo 17 y un segundo extremo 19. El primer extremo 17 está conectado con la pared externa 11 y el segundo extremo 19 está conectado con un disipador de calor 23. En ciertas realizaciones, el segundo extremo 19 puede estar conectado con un distribuidor 21 de calor. El distribuidor 21 de calor incluye un conjunto de aletas metálicas conductoras 22 de refrigeración con una gran área superficial que puede distribuir el calor procedente de las ubicaciones concentradas en el segundo extremo 19 de la pluralidad de tubos 15 de calor a un área mayor en el disipador de calor 23. La FIG. 2 muestra únicamente un segundo extremo 19 conectado con un distribuidor 21 de calor, sin embargo, en ciertas realizaciones, se pueden conectar más de un segundo extremo 19 con un distribuidor 21 de calor. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, cada segundo extremo 19 de la pluralidad de tubos 15 de calor está conectado con un distribuidor 21 de calor. Además, la FIG. 2 muestra cuatro aletas 22 de refrigeración, sin embargo, en ciertas realizaciones, el número de aletas 22 de refrigeración puede ser más o menos de cuatro. Además, en ciertas realizaciones, las aletas 22 de refrigeración pueden ser sustituidas por otra estructura adecuada para distribuir el calor procedente de ubicaciones concentradas. Según se ha mencionado anteriormente, el hueco 7 se llena de aire durante una operación normal y de agua durante un evento, tal como una pérdida completa de suministro de corriente alterna. Durante un evento, se conduce el calor desde la piscina 5' del combustible gastado, atravesando el hueco 7, hasta el interior del primer extremo 17, a través de los tubos 15 de calor, saliendo del segundo extremo 19, y entrando en el disipador de calor 23.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55 La FIG. 3 muestra un sistema 25' de suministro de agua durante una operación normal para controlar el flujo de agua al interior del hueco 7 (mostrado en la FIG. 2) según ciertas realizaciones de la invención. La FIG. 3 muestra el hueco 7 lleno de aire (no mostrado) y un colector 27 ubicado cerca de la parte superior, o en la misma, del hueco 7. El colector 27 está lleno de agua (no mostrada) que es suministrada desde un depósito 26 de agua conectado con el colector 27. Se coloca en el interior del colector 27 una válvula 29 de solenoide, que es alimentada con energía eléctrica de la propia central para permanecer energizada y cerrada durante una operación normal.

La FIG. 4 muestra un sistema 25" de suministro de agua durante un evento de pérdida de suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas, por ejemplo, una pérdida completa de suministro de corriente alterna, para controlar el flujo de agua al interior del hueco 7 (mostrado en la FIG. 2) según ciertas realizaciones de la invención. La FIG. 4 muestra el hueco 7, el colector 27, el depósito 26 de agua y la válvula 29 de solenoide según se muestran en la FIG. 3. Sin embargo, en la FIG. 3 durante una operación normal, el hueco 7 contiene aire y la válvula 29 de solenoide está cerrada para evitar el flujo de agua al interior del hueco y en la FIG. 4 durante un evento de pérdida de suministro eléctrico, la válvula 29 de solenoide está abierta para permitir que el agua fluya desde el depósito 26 de agua, a través del colector 27 y al interior del hueco 7. Dado que el agua es significativamente más conductora que el aire, el calor es conducido atravesando el hueco 7 hasta los tubos 15 de calor y el distribuidor 21 de calor (mostrado en la FIG. 2) y distribuido, subsiguientemente, al disipador de calor 23 (mostrado en la FIG. 2).

La FIG. 5 muestra una vista en sección del sistema pasivo alternativo 1 de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2 incluyendo la piscina 5' del combustible gastado, el hueco 7, la pared interna 9, la pared externa 11, los tubos 15 de calor y el primer extremo 17. Además, la FIG. 5 muestra un colector conmutador térmico 32 lleno, el hueco 7 carente de agua, y el conmutador térmico 34 desactivado en condiciones operativas normales.

La FIG. 6 muestra una vista en sección del sistema pasivo alternativo 1 de refrigeración de la piscina del combustible gastado mostrado en la FIG. 2 incluyendo la piscina 5' del combustible gastado, el hueco 7, la pared interna 9, la pared externa 11, los tubos de calor y el primer extremo 17. Además, la FIG. 6 muestra el colector conmutador térmico 32 y el conmutador térmico 34, según se muestran en la FIG. 5. Sin embargo, en la FIG. 6, el colector conmutador térmico 32 está vacío, el hueco 7 está lleno de agua (mostrada sombreada), y el conmutador térmico 34 está activado en condiciones de evento, por ejemplo, una pérdida completa de suministro de corriente alterna, para permitir la conducción térmica por medio de los tubos 15 de calor y al disipador de calor 23 (mostrado en la FIG. 2).

Aunque se ha descrito la invención en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que la invención puede ser puesta en práctica con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema pasivo (1) de refrigeración para una piscina (5, 5') de combustible gastado en una central eléctrica nuclear, para proporcionar refrigeración en ausencia de un suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas, comprendiendo el sistema pasivo (1) de refrigeración, en uso:
 - 5 un hueco (7) que tiene un primer lado (9) y un segundo lado (11) formado, al menos parcialmente, a lo largo de una periferia de la piscina (5, 5') del combustible gastado; el sistema pasivo (1) de refrigeración que comprende, además:
 - 10 un dissipador de calor (23) seleccionado del grupo que consiste en una masa de tierra, una masa de hormigón o de otro material utilizado en cimientos o suelos de estructuras de piscina del combustible gastado y combinaciones de las mismas;
 - 15 uno o más miembros conductores térmicos (15) que tienen un primer extremo (17) conectado con el segundo lado (11) del hueco (7) y un segundo extremo (19) conectado con el dissipador de calor (23), estando estructurados dichos uno o más miembros (15) para transportar calor desde el hueco (7) hasta el dissipador de calor (23); y
 - 20 un sistema (25', 25") de suministro de agua, que comprende:
 - 25 una fuente (26) de agua;
 - un colector (27) de descarga que tiene un primer extremo conectado con la fuente (26) de agua y un segundo extremo conectado con el hueco (7); y
 - un mecanismo conmutador térmico (34) que tiene una posición de activación y una posición de desactivación, estructurado para suministrar agua desde el sistema (25', 25") de suministro de agua al interior del hueco (7), cuando se encuentra en la posición de activación, y estructurado para inhibir la liberación de agua desde el sistema de agua y al interior del hueco (7), cuando se encuentra en la posición de desactivación, estando configurado el sistema pasivo (1) de refrigeración de forma que, cuando el mecanismo conmutador térmico (34) se encuentra en la posición de activación, el calor generado en la piscina (5, 5') del combustible gastado sea conducido hasta el hueco (7), transportado a través de los uno o más miembros conductores (15) y hasta el dissipador de calor (23).
 2. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la Reivindicación 1 que comprende, además, una o más aletas conductoras (22) de refrigeración fijadas al segundo extremo (19) de uno o más miembros (15) para mejorar el transporte del calor desde los miembros (15) hasta el dissipador de calor (23).
 3. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que una válvula (29) está ubicada en el colector (27) de descarga y estructurada para estar colocada en la posición abierta para permitir el flujo de agua en el hueco (7) y en la posición cerrada para inhibir el flujo de agua en el hueco (7).
 4. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, que comprende, además, un reactor de agua a presión.
 5. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, que comprende, además, un revestimiento de la piscina del combustible gastado, estando formado el primer lado (9) del hueco (7) por el revestimiento de la piscina del combustible gastado.
 6. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el segundo lado (11) del hueco (7) está formado por una pared de hormigón.
 7. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el hueco (7) es continuo.
 8. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el hueco (7) está dividido en una pluralidad de canales.
 9. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el colector (27) de descarga está ubicado en la parte superior o cerca de la parte superior del hueco (7).
 10. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 8, en el que cada uno de dicha pluralidad de canales tiene un colector (27) de descarga ubicado en el mismo.
 11. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 7 u 8, en el que el colector (27) de descarga, o cada uno de los mismos, comprende una válvula (29) de control del flujo que tiene una posición abierta y una posición cerrada.
 12. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el conmutador térmico (34) está configurado para activarse en respuesta a un evento de pérdida de suministro eléctrico desde fuentes externas

con o sin disponibilidad de generadores diésel de emergencia operables para suministrar energía eléctrica de CA a bombas de refrigeración activa de la piscina del combustible gastado.

- 5
13. El sistema pasivo (1) de refrigeración de la reivindicación 1, en el que el conmutador térmico (34) está configurado para activarse en respuesta a una pérdida completa de suministro de corriente alterna cuando todas las fuentes de reserva de energía eléctrica de CC están agotadas.
14. Un procedimiento para refrigerar de forma pasiva una piscina (5, 5') del combustible gastado en una central eléctrica nuclear en ausencia de un suministro eléctrico desde fuentes del interior de la central y desde fuentes externas, que comprende:
- 10 formar un hueco (7) que tiene un primer lado (9) y un segundo lado (11), al menos parcialmente, a lo largo de una periferia de la piscina (5') del combustible gastado;
proporcionar un disipador de calor (23) seleccionado del grupo que consiste en una masa de tierra, una masa de hormigón o de otro material utilizado en cimientos o suelos de estructuras de piscina de combustible gastado y combinaciones de las mismas;
llenar el hueco (7), al menos parcialmente, con agua;
- 15 conducir calor desde la piscina (5, 5') del combustible gastado a través del hueco (7) lleno, al menos parcialmente, de agua;
y
transportar el calor desde el hueco (7) lleno, al menos parcialmente, de agua hasta el disipador de calor (23);
- 20 en el que el transporte de calor desde el hueco (7) lleno, al menos parcialmente, de agua hasta el disipador de calor (23) comprende:
obtener al menos un miembro conductor térmico (15) que tiene un primer extremo (17) conectado con el segundo lado (11) del hueco (7) y un segundo extremo (19) conectado con el disipador de calor (23);
y
- 25 transportar el calor mediante el al menos un miembro conductor térmico (15) hasta dicho disipador de calor (23).
15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que el llenado, al menos parcialmente, del hueco (7) con agua comprende:
- 30 obtener una fuente (26) de agua;
descargar agua desde la fuente (26) de agua al interior de un colector (27) de descarga que está conectado con la fuente (26) de agua; y
descargar el agua desde el colector (27) de descarga al interior del hueco (7).

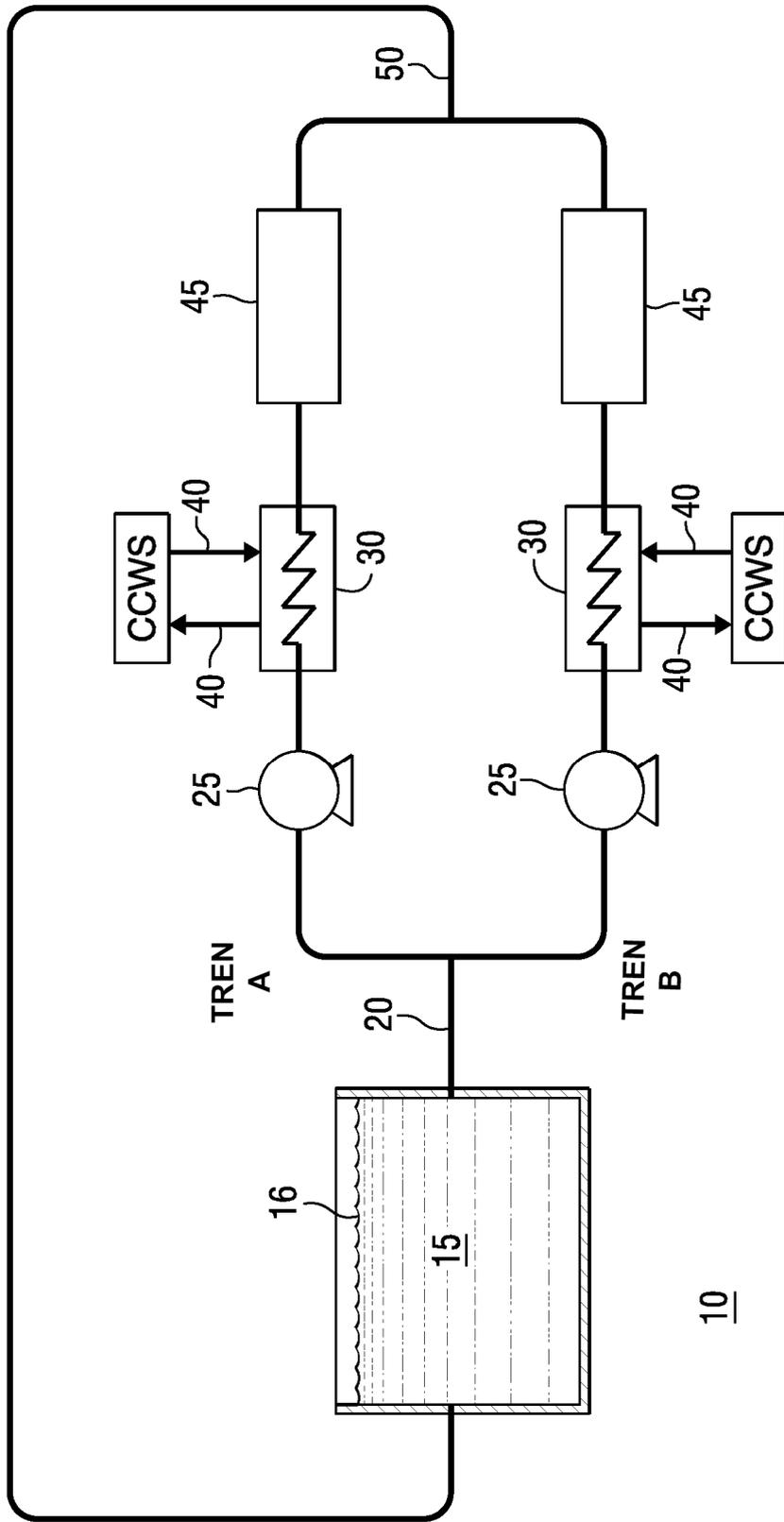


FIG. 1

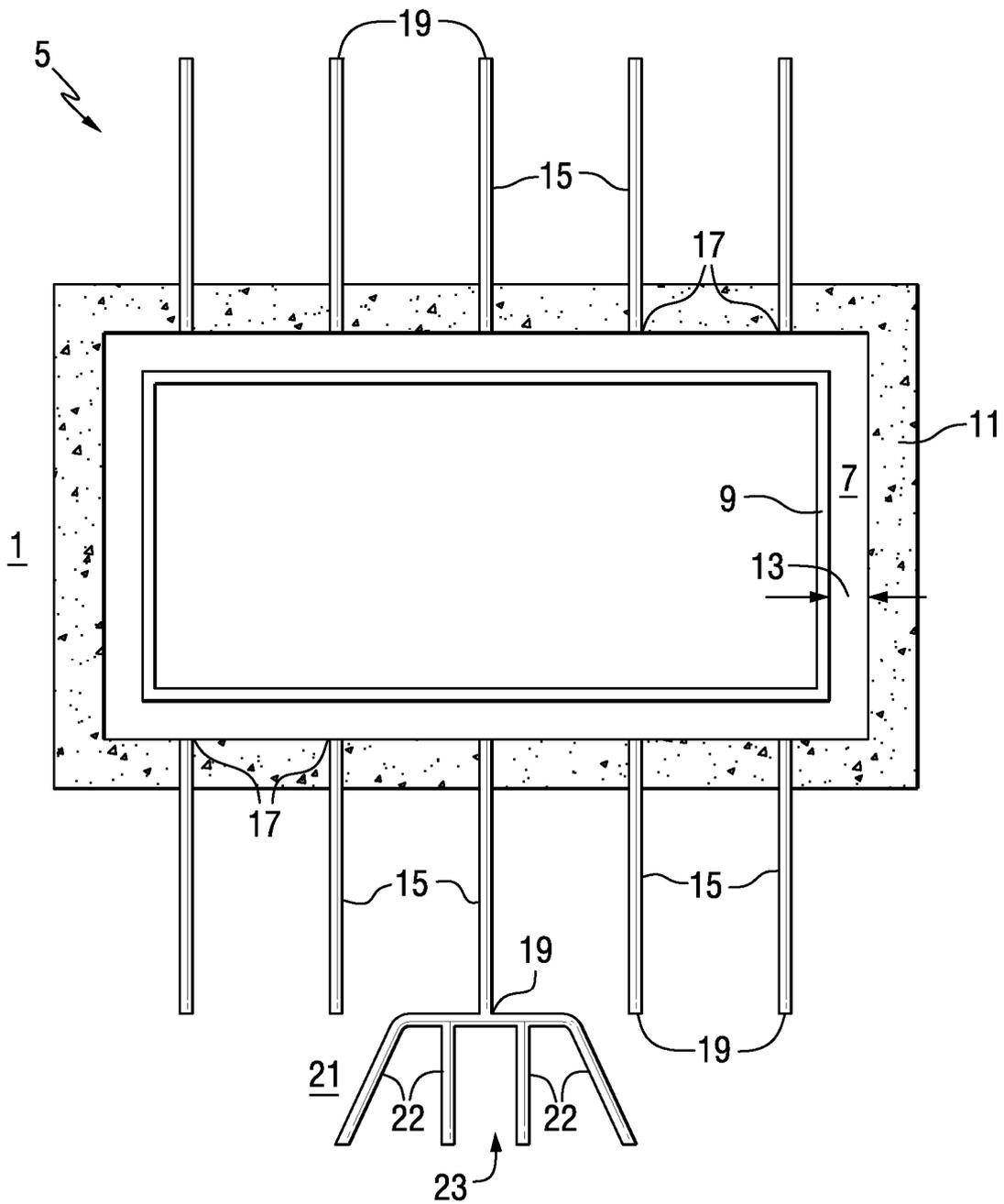


FIG. 2

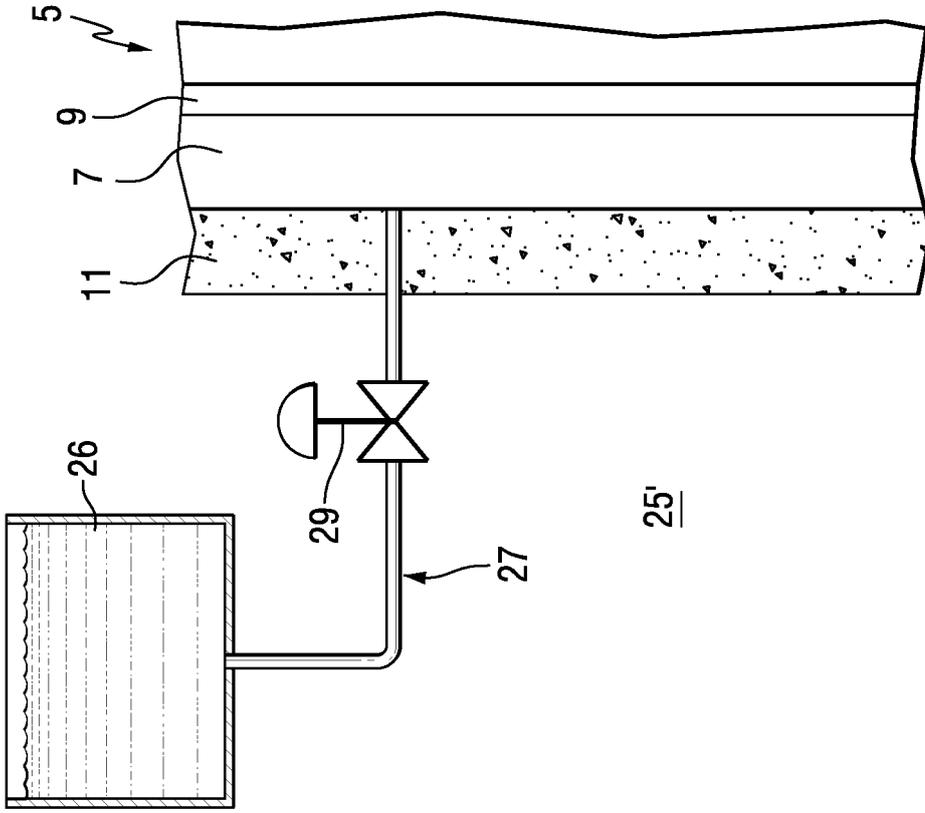


FIG. 4

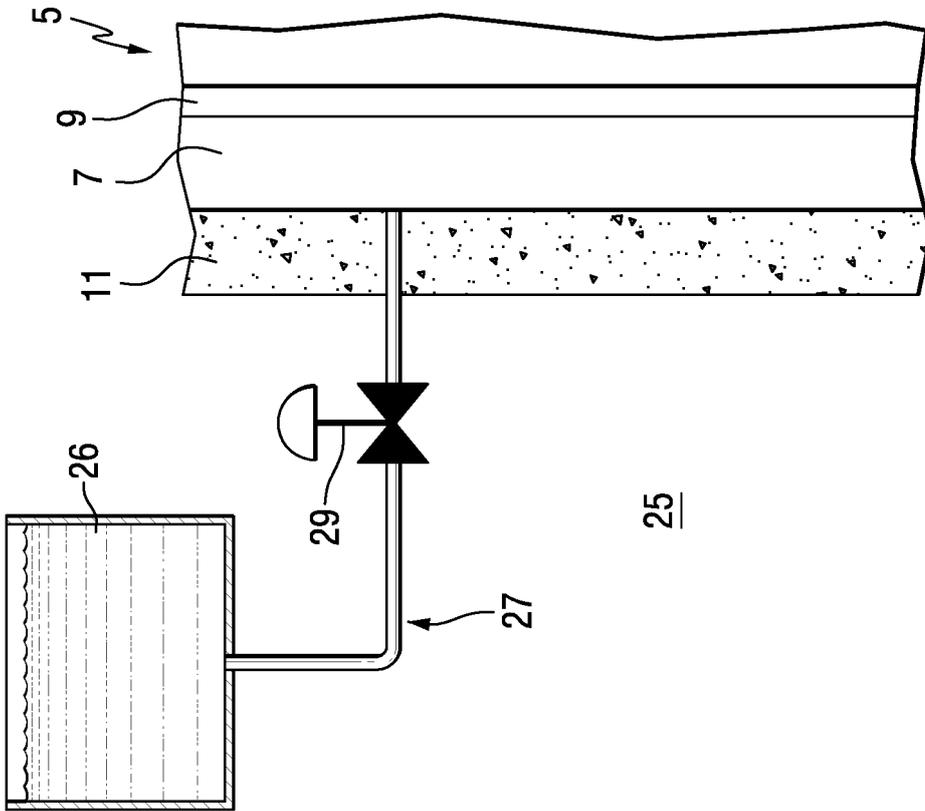


FIG. 3

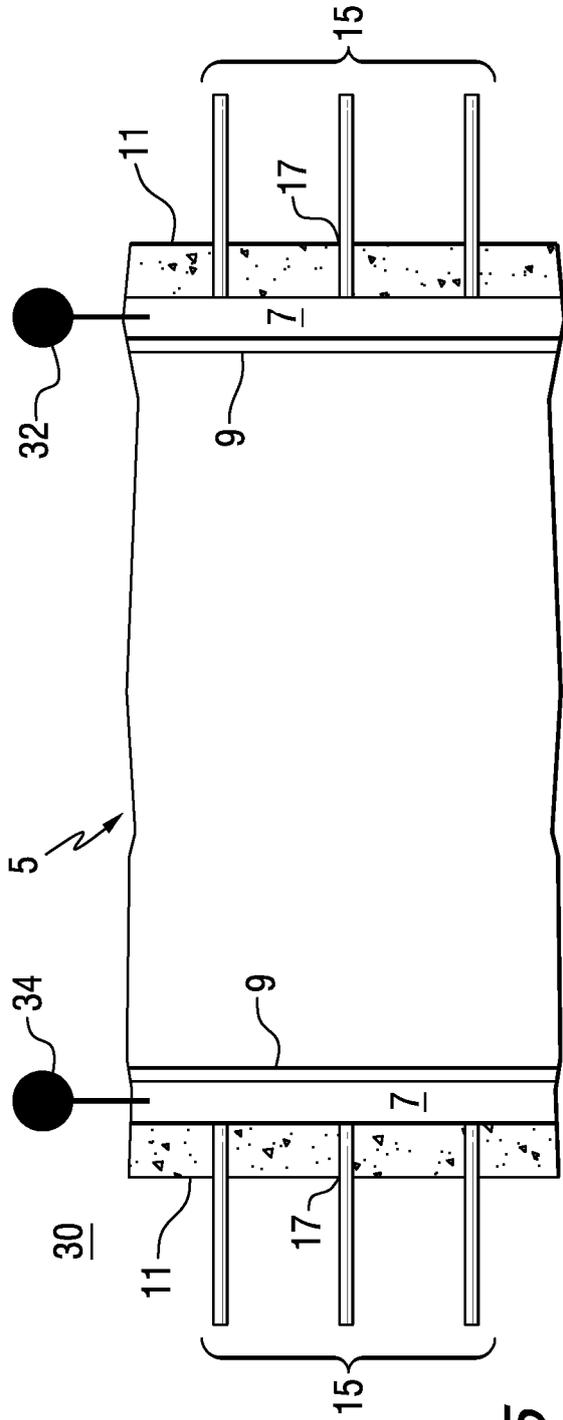


FIG. 5

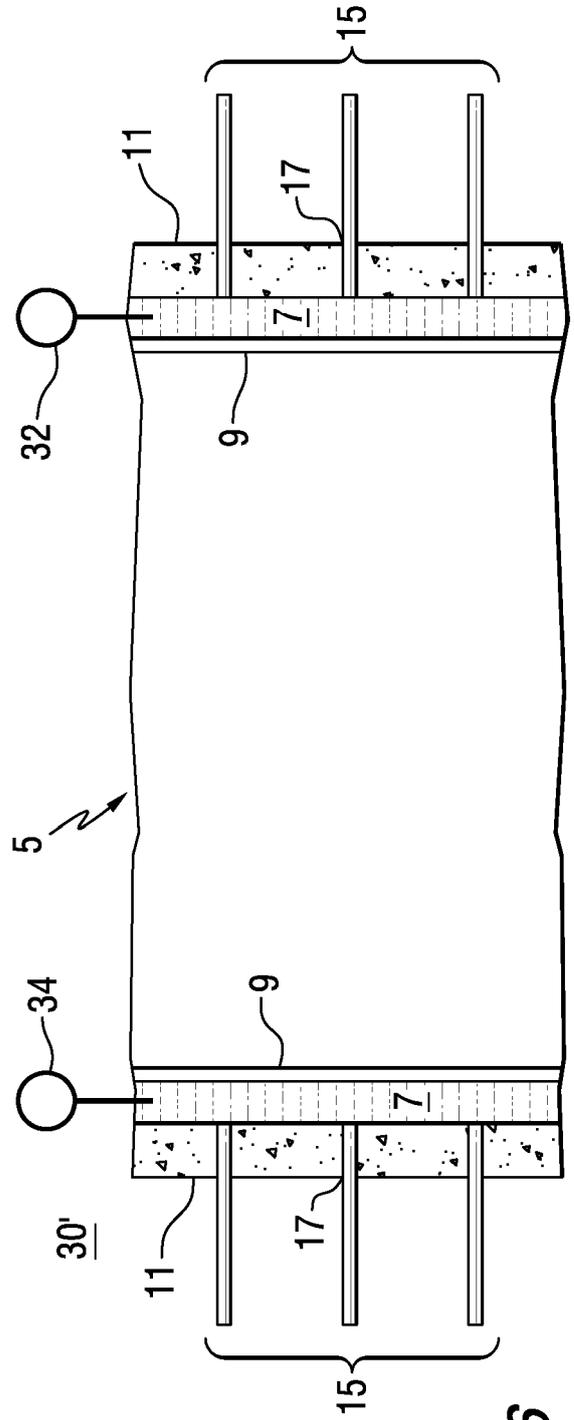


FIG. 6