

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 860**

51 Int. Cl.:

G21F 9/00	(2006.01)	G21C 15/25	(2006.01)
G21F 9/04	(2006.01)		
G21F 9/12	(2006.01)		
G21C 17/022	(2006.01)		
G21C 17/013	(2006.01)		
G21C 19/307	(2006.01)		
G21C 19/20	(2006.01)		
E04H 4/16	(2006.01)		
B08B 3/04	(2006.01)		
B08B 3/14	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2015** **E 15165798 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017** **EP 2940695**

54 Título: **Sistemas de reducción de la deposición superficial y la contaminación**

30 Prioridad:

30.04.2014 US 201414266302

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LOEWEN, ERIC P.;
DOOIES, BRETT J. y
O'NEILL, NICHOLAS F.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 622 860 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 de reducción de la deposición superficial y la contaminación

Antecedentes

Como se muestra en la figura 1, una estación de energía nuclear incluye convencionalmente un recipiente 10 de presión del reactor sellado dentro de una estructura de contención 50 que alberga varios sistemas y de equipo para la producción de energía. El reactor 10 puede incluir varias configuraciones de partes internas de combustible y de reactor para la producción de energía nuclear. Por ejemplo, el recipiente 10 puede incluir varios conjuntos de combustible situados dentro de un núcleo cilíndrico general. Un refrigerante y/o moderador fluido puede fluir a través del reactor 10; por ejemplo, en reactores de agua ligera de US, el fluido puede ser agua purificada, en reactores de uranio natural, el fluido puede ser agua pesada purificada, y en los reactores refrigerados por gas, el fluido refrigerante puede ser un gas, tal como helio, con moderación proporcionada por otras estructuras.

El recipiente 10 se puede sellar y abrir a través de la cabeza 95 superior en la brida 90. Como se muestra en la figura 1, durante la fabricación de plantas y en servicio regular y/o paradas de recarga, la cabeza 95 superior puede ser retirada y los operadores y/o equipos pueden acceder a partes internas de recipiente 10 en el interior de la estructura 50 de contención para diversos fines. Por ejemplo, con el acceso a las partes internas de reactor, algunos de los conjuntos de haces de combustible pueden ser reemplazados y/o moverse dentro del núcleo y una preparación de combustible o área(s) de piscina del combustible gastado, y el mantenimiento/instalación en otras estructuras del reactor en la contención 50 pueden ser realizados.

Durante tal mantenimiento, una cavidad 20 de recarga por encima de la brida 90 y el reactor 10 circundante puede ser llenado, o inundado, con fluido refrigerante. El refrigerante líquido puede tanto eliminar el calor como bloquear que la radiación se escape a operadores alrededor de la cavidad 20, tales como los trabajadores que realizan el mantenimiento en el piso 25 de operaciones por encima de la cavidad 20. Con tal blindaje, la cavidad 20 de recarga puede ser utilizada para el almacenamiento de las estructuras radiactivas y un área de preparación para la manipulación de combustible, así como una interfaz general para el acceso dentro del reactor 10.

Un puente 1 de repostaje con el mástil 3 y el garfio 4 son utilizables durante los cortes con el acceso al recipiente del reactor 10 para realizar la descarga, la recarga, la recomposición de combustible, y/o mantenimiento. El puente 1 de repostaje puede estar colocado en el piso 25 de operaciones por encima o sobre la brida 90 cuando se abre el recipiente 10 del reactor. El puente 1 puede incluir un carro 2 capaz de girar y/o de moverse lateralmente a cualquier posición horizontal o vertical. El carro 2 puede incluir un mástil 3 de repostaje de combustible con la caja de elevación y el garfio 4 que descienden al reactor 10 y realizar movimientos de combustible y de otras estructuras a lo largo de la cavidad 20 durante los cortes.

En otros períodos de interrupción y durante las operaciones, la cavidad 20 puede ser drenada completamente o parcialmente (por ejemplo, hacia abajo hasta la brida 90). Debido a que la cavidad 20 puede haber sido previamente inundada con refrigerante líquido antes de dicho drenaje, residuos y partículas en el fluido refrigerante pueden adherirse a superficies de la cavidad, incluyendo las paredes 21 de la cavidad. Estos restos del fluido pueden ser indeseables - tales como radiactivo o químicamente corrosivos - para condiciones de funcionamiento dentro de la cavidad 20, en el piso 25 de operaciones, y/o en cualquier lugar a lo largo de edificio 50 de contención. Como tal, los operadores veces toman medidas para reducir las partículas y las impurezas en cualquier líquido que llena la cavidad 20. Por ejemplo, los operadores de la planta pueden añadir disolventes o cambiar el producto químico de refrigerante de otra manera para reducir la deposición en las superficies drenadas de refrigerante y/o pueden utilizar filtros sumergibles, estacionarios en un piso de la cavidad 20. Por ejemplo, los filtros bajo el agua de Tri Nuclear Corporation pueden asentarse en un fondo de la cavidad 20 y el filtro o fluido desmineralizante en la cavidad 20.

El documento JP 2007 198839 A1 se refiere a un procedimiento para mantener una cámara de supresión. El documento US 5.553.106 se refiere a un procedimiento de mejorar de tensión residual para los elementos de un recipiente de presión del reactor.

Sumario

La presente invención proporciona un sistema de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones y procedimientos del ejemplo reducen la sedimentación de los materiales no deseados fuera de un fluido sobre las estructuras, causando un flujo alrededor de las estructuras. Las realizaciones de ejemplo usan una fuente de fluido y descargan el fluido desde la fuente contra la estructura en el fluido. El flujo de fluido descargado y el fluido ambiente que rodea la estructura puede ser el mismo o diferente. Por ejemplo, ambos fluidos pueden ser agua, pero el fluido ambiente puede tener partículas no deseadas o contaminantes disueltas en ella, mientras que el fluido pulverizado puede ser filtrado y/o tratado químicamente para ayudar a eliminar los materiales no deseados de las estructuras. Las realizaciones y procedimientos de ejemplo pueden utilizar una velocidad de flujo de aproximadamente 2 metros por segundo o más, que es eficaz en varios tipos de agua para evitar la deposición fuera del agua sobre las superficies. La velocidad de flujo puede ser creada por una fuente de fluido a presión y/o una bomba local, y el fluido de hidromasaje puede venir del mismo volumen que rodea la estructura, pero con filtrado

opcional, ajuste de temperatura, y/o tratamiento químico, para la totalidad o una porción del chorro de fluido.

Las realizaciones de ejemplo pueden ser totalmente sumergidas en el fluido y todavía funcionar, utilizando la descarga de flujo para moverse en el fluido para pulverizar diferentes superficies deseadas, así como otros procedimientos de movimiento como cambiar la flotabilidad. Sistemas de la realización de ejemplo también pueden trabajar con porciones en el fluido y otras porciones fuera del fluido. Por ejemplo, un filtro de múltiples etapas puede estar equipado dentro de un conjunto móvil y sumergido en el agua refrigerante en una cavidad inundada, en el que se hace pasar el agua a través del filtro y se dispersa para crear la velocidad de 2 m/s mediante una bomba de inducción. Alternativa o adicionalmente, otro filtro y bomba pueden aspirar el agua de refrigeración de la cavidad y alimentarla a través de una base fuera de la cavidad, en el que el agua es tratada química y térmicamente y entregada de nuevo en la cavidad para ser rociada en las superficies de deposición. Con la flotabilidad, el tamaño, y la descarga de pulverización adecuadas, cualquier conjunto móvil sumergido puede moverse entre o hacia las superficies que se desea limpiar.

Filtros multi-etapa utilizables con realizaciones de ejemplo pueden eliminar una variedad de contaminantes, incluyendo conjugados metálicos liberados específicamente por la química del agua del flujo. Los filtros de la realización de ejemplo pueden incluir depósitos gruesos, filtros fibrosos, partículas cargadas, metálicos sinterizados, resinas, etc., en varias etapas diferentes que son independientemente extraíbles y desechables.

Breves descripciones de los dibujos

Ejemplo de realizaciones se harán más evidentes describiendo en detalle los dibujos adjuntos, en los que elementos similares están representados por números de referencia similares, que se dan a modo de ilustración solamente y por lo tanto no limitan los términos que ellos representan.

La figura 1 es una ilustración de una técnica relacionada del interior de la estructura del contenedor del reactor nuclear con la cavidad de repostaje.

La figura 2 es una ilustración de un sistema inductor de flujo de la realización de ejemplo.

La figura 3 es una ilustración de un conjunto móvil de la realización de ejemplo.

La figura 4 es una ilustración de una base de la realización de ejemplo.

La figura 5 es una ilustración de un filtro de la realización de ejemplo.

Descripción detallada

Este es un documento de patente, y amplias reglas generales de construcción deben aplicarse durante la lectura y la comprensión de la misma. Todo lo descrito y mostrado en este documento es un ejemplo de la materia que cae dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Cualesquiera detalles estructurales y funcionales específicos descritos en este documento son meramente para fines de descripción de cómo hacer y usar realizaciones de ejemplo o procedimientos. Varias realizaciones diferentes no descritas específicamente en el presente documento caen dentro del alcance de la reivindicación; como tal, las reivindicaciones se pueden realizar de muchas formas alternativas y no se deben interpretar como limitadas a solamente las realizaciones de ejemplo aquí establecidos.

Se entenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden utilizarse en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos sólo 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 ser denominado un primer elemento, sin apartarse del alcance de las realizaciones de ejemplo. 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 denomina como siendo "conectado", "acoplado", "emparejado", "unido" o "fijado" a otro elemento, puede ser conectado o acoplado al otro elemento directamente o pueden estar presentes elementos intermedios. Por el contrario, cuando un elemento se denomina como estando "conectado directamente" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otros términos utilizados para describir la relación entre los elementos deben ser interpretados de una manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.). De manera similar, un término tal como "una conexión de comunicación" incluye todas las variaciones de rutas de intercambio de información entre dos dispositivos, incluyendo dispositivos intermediarios, redes, etc., conectados de forma inalámbrica o no.

Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el/la" están destinados a incluir tanto las formas singulares y plurales, a menos que el lenguaje indique explícitamente de otra manera con palabras como "solo", "único", y/o "uno". Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usan aquí, especifican la presencia de características, etapas, operaciones, elementos, ideas, y/o componentes, pero por sí mismos no excluyen la presencia o adición de uno o más de otras características, etapas, operaciones, elementos, componentes, ideas, y/o grupos de los mismos.

Debe observarse también que las estructuras y operaciones que se indican a continuación pueden producirse fuera del orden descrito y/o que se indica en las figuras. Por ejemplo, dos operaciones y/o figuras que se muestran en sucesión pueden de hecho ser ejecutados simultáneamente o, a veces pueden ser ejecutadas en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/actos involucrados. Del mismo modo, las operaciones individuales dentro de los procedimientos de ejemplo que se describen a continuación pueden ser ejecutadas de forma repetitiva, individualmente o secuencialmente, a fin de proporcionar un bucle u otra serie de operaciones aparte de las operaciones individuales que se describen a continuación. Se debe suponer que cualquier realización que tenga características y funcionalidades que se describen a continuación, en cualquier combinación viable, cae dentro del alcance de las realizaciones de ejemplo.

Los inventores han reconocido que la limpieza de líquido refrigerante en instalaciones de energía nuclear existentes, centrándose en la eliminación de iones de refrigerante del reactor con depuradores estacionarios en una cavidad inundada y/o a través de filtros de limpieza del refrigerante, resinas y desionizadores existentes en combinación con el ajuste de las propiedades químicas del refrigerante para disminuir la deposición de partículas, no elimina completamente los iones metálicos complejados presentes como partículas en el refrigerante del reactor. Esto es especialmente problemático con radioisótopos metálicos como cobalto, cesio (particularmente en el caso de una fuga de la barra de combustible), y zinc, que fácilmente se complejan con hierro para formar partículas que se depositan sobre las superficies inundadas y no se pueden quitar con eficacia con medidas de remediación mecánica y química convencionales. Estos radioisótopos depositados sobre superficies inundadas generalmente permanecen en el tiempo y pueden convertirse en aéreos al secarse, presentando una contribución de dosis de radiación significativa para el personal y el equipo en las áreas durante y después de la inundación, además de servir como depósito para la contaminación del refrigerante futuro cuando se les perturba de las superficies mediante reinundaciones.

Los inventores han reconocido que las partículas metálicas radioactivas, complejadas que se han depositado sobre superficies de la planta durante el contacto con el refrigerante pueden ser eliminadas mediante la acción fluido-mecánica. En las superficies de deposición, las partículas generalmente no están expuestas a flujos mayores de fluido debido a la naturaleza de la capa límite adyacente a una superficie estacionaria formada en un refrigerante del reactor como el agua. Sin embargo, al hacer que el fluido fluya a velocidad suficiente, las partículas metálicas se pueden eliminar de la superficie y se les impide volver a depositarse en la superficie. Por lo tanto, moviendo refrigerante a una velocidad de transporte suficiente en las superficies de deposición, las partículas metálicas pueden ser mantenidas en el refrigerante, en el que pueden ser retiradas a través de fregado convencional y/o filtrado adicional, evitando que se depositen y aumentando la exposición a la radiación.

Con el fin de descubrir la velocidad de transporte necesaria para evitar la disolución de fluido-dinámico recientemente reconocida a la deposición de radioisótopos, los inventores buscaron a Poirier, "Minimum Velocity Required to Transport Solid Particles from the 2H-Evaporator to the Tank Farm" US DoE Technical Report WSRC-TR-2000-00263, Sep. 27, 2000, incorporado por referencia en el presente documento en su totalidad, como referencia para las velocidades de transporte de partículas en sistemas cerrados. La reutilización de los cálculos de transporte y la velocidad de deposición a partir del informe Poirier para sistemas abiertos con las características de densidad de partículas de cobalto y el uso de diámetros típicos de tales partículas para derivar números de Reynolds en las soluciones, los inventores descubrieron que una velocidad de flujo de aproximadamente 2 metros por segundo inhibía la deposición de partículas de hasta 5 milímetros de diámetro. Esta tasa es muy inferior a la velocidad necesaria esperada para la velocidad de transporte de partículas, especialmente a la luz de su uso en un sistema abierto y en comparación con las velocidades en el informe Poirier.

Los inventores, además, reconocen que el movimiento del fluido a velocidades muy por debajo de 2 m/s en las superficies de deposición da como resultado altos niveles de sedimentación de partículas radiactivas. La siguiente descripción supera únicamente estos y otros problemas, por la influencia de sistemas y procedimientos que mueven fluidos portadores de partículas a velocidades calculadas cerca o por encima de 2 m/s, suficiente para evitar la sedimentación de contaminantes radiactivos en estas superficies.

La presente invención se define en la reivindicación 1 y proporciona un sistema para reducir la deposición de contaminantes sobre una superficie sumergida en un fluido.

La figura 2 es una ilustración de un ejemplo del sistema 100 inductor de flujo de la realización utilizable para evitar la sedimentación de partículas en las superficies de refrigerante fluido, incluyendo la deposición preventiva de partículas radiactivas sobre estructuras sumergidas en fluidos que llevan el mismo. Como se muestra en la figura 2, el sistema 100 puede incluir una base 120 posicionada sobre o por encima de un reactor 10. Por ejemplo, el sistema 100 inductor puede estar posicionado sobre la brida 90 del reactor 10 durante un corte de mantenimiento en el que se elimina un cabezal superior del reactor 10 para el acceso a las partes internas del núcleo de combustible y del reactor. El sistema 100 de la realización de ejemplo incluye un conjunto 150 móvil que se puede extender hacia abajo en el reactor 10 y en el refrigerante en el mismo, a través de una conexión 101. De esta manera, el sistema 100 inductor de flujo de la realización de ejemplo puede incluir componentes y/o interfaces de operaciones en base 120, tales como las conexiones eléctricas de potencia, interfaces de usuario, fuentes de refrigerante purificado, estructuras de movimiento externo, etc., que funcionan mejor fuera de refrigerante, mientras que conjunto 150 móvil induce el flujo en el refrigerante en el que está inmerso y a distancia desde la base 120. Alternativamente, se

entiende que la base 120 se puede combinar en conjunto 150 móvil para proporcionar una estructura unitaria para la inducción de flujo y la prevención de la deposición de partículas sobre las superficies expuestas al refrigerante u otros fluidos portadores de contaminantes en partículas.

El conjunto 150 móvil hace que el flujo de refrigerante de aproximadamente 2 metros por segundo o más sea dirigido a las superficies deseadas. El conjunto 150 móvil es móvil dentro del refrigerante a lo largo de superficies y en los espacios que contienen el mismo para evitar la deposición en varias posiciones. Por ejemplo, como se muestra en la figura 2, el conjunto 150 móvil puede moverse verticalmente a lo largo de la conexión 101 para llegar a varias posiciones axiales diferentes de una pared del reactor 10. Del mismo modo, el conjunto 150 móvil puede moverse radialmente o angularmente con las fuerzas propias de cualquier otra superficie en la que puede ser deseable un flujo inducido para reducir la deposición. Una pista 190 u otra trayectoria de movimiento, tal como una proporcionada a través de grúa u otras estructuras de locomotora, puede ser proporcionada sobre la brida 90 para permitir también el movimiento angular de la base 120. Del mismo modo, la pista 190 se podría colocar en un piso 25 de operaciones o en otra área para proporcionar un movimiento y/o posicionamiento del sistema 100 inductor de flujo de la realización de ejemplo deseado.

Aunque el sistema 100 inductor de flujo de la realización de ejemplo se muestra en la figura 2 sobre un reactor 10 en la brida 90, se entiende que el inductor 100 se puede instalar en otros lugares. Por ejemplo, una base 120 se podría colocar sobre un piso 25 de operaciones de contención (figura 1), con el conjunto 150 móvil que se extiende dentro y en movimiento dentro de una cavidad 20 (figura 1). O, por ejemplo, el sistema 100 puede ser utilizado en una piscina de combustible gastado o una nueva zona de concentración de combustible en una planta de energía nuclear. Aún más, el sistema 100 inductor de flujo de la realización de ejemplo puede ser utilizado en cualquier sistema con contaminación del fluido extraíble a través de flujo de fluido.

Las figuras 3 y 4 son ilustraciones de porciones de los sistemas de inductor de flujo de la realización de ejemplo, con la figura 3, que ilustra en detalle una realización de ejemplo del conjunto móvil y la figura 4, que ilustra en detalle un ejemplo de base de la realización. Como tales, los componentes de la figura 3 podrían ser utilizables como o con el conjunto 150 móvil de la figura 2, y los componentes de la figura 4 podrían ser utilizables como o con base 120 de la figura 2. O las realizaciones de ejemplo de las figuras 3 y 4 se pueden utilizar por separado o con diferentes sistemas o combinados en un único sistema móvil, por ejemplo.

Como se muestra en la figura 3, un conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo puede incluir una variedad de componentes para crear un flujo de refrigerante reductor de la deposición contra varias superficies diferentes en un volumen de fluido refrigerante. El conjunto 300 puede estar conectado a un brazo de guía o de movimiento para el posicionamiento. Por ejemplo, una varilla 301 desmontable fija, alambre o poste puede abarcar una profundidad axial de una cavidad 20 de repostaje o en otro espacio, y el conjunto 300 de la realización de ejemplo puede conectarse a la barra 301 a través de un conector 302 móvil como un ojo de cerradura, lazo, o arandela que sólo permite el movimiento axial del conjunto 300 a lo largo de varilla 301 fija. La varilla 301 puede conectarse a otros componentes fuera de la cavidad 20, tal como una base 120 que incluye un suministro 354 de refrigerante, un suministro 358 eléctrico, etc., o la varilla 301 puede ser utilizado en el aislamiento.

El suministro 354 de refrigerante puede estar acoplado con el poste 301 o suministrado de otro modo al conjunto 300 móvil. El suministro 354 de refrigerante puede proporcionar volumen adicional de refrigerante u otro fluido compatible para la creación de un flujo inducido para la eliminación de partículas. Por ejemplo, si el refrigerante es agua desionizada o borada ligera, el suministro 354 de refrigerante puede suministrar agua a juego. El suministro 354 de refrigerante puede también proporcionar fluido relativamente más limpio, así como fluido químicamente tratado y a temperatura moderada para una óptima limpieza de contaminantes. Por ejemplo, el suministro 354 de refrigerante puede proporcionar agua relativamente más fría tratada con un ácido débil y/u oxidante para mejorar la solubilidad de partículas y la capacidad de eliminación por los filtros. El suministro 354 de refrigerante puede también proporcionar refrigerante para inducir el flujo de fluido a una presión superior o de funcionamiento, por ejemplo, la realización de conjunto 300 móvil. El suministro 354 de refrigerante puede alimentarse directamente en el conjunto 300 o conectarse a través de una conexión de suministro de refrigerante 355, que puede ser una tubería o un inyector, por ejemplo.

El conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo puede incluir también una bomba 344 u otra estructura inductora de flujo hidrodinámico. Por ejemplo, la bomba 344 puede ser una bomba de chorro inductiva, una bomba centrífuga, una bomba hidráulica, etc. La bomba 344 puede ser alimentada localmente a través de baterías o puede estar conectada a una fuente de alimentación externa, a distancia, tales como el suministro 358 eléctrico a través de la varilla 301. Aunque la bomba 344 se puede omitir con suficiente presión y la conformación del flujo del suministro 354 de refrigerante para crear flujos de refrigerante deseados, la bomba 344 puede ser usada con un suministro 354 de refrigerante a presión o sin suministro 354 de refrigerante.

Según la invención, el conjunto 300 móvil utiliza fluido proporcionado a partir del suministro 354 de refrigerante y el refrigerante de la cavidad 20 para crear un flujo dirigido a las superficies deseadas, tales como pared 21 de la cavidad. En el ejemplo de la figura 3, el conjunto 300 utiliza tanto fluido refrigerante proporcionado y ambiente en la creación de un flujo 352. Por ejemplo, el refrigerante de baja temperatura a partir del suministro 354 de refrigerante puede entrar en un colector 356 superior y fluir hacia abajo a través de una serie de tubos y/o deflectores en un

intercambiador 357 de calor. El refrigerante puede fluir en un colector 358 de recogida inferior a partir de los tubos y en una sección final de la conexión de suministro 355 de refrigerante, que puede ser un tubo flexible o un dispositivo de inyección. La bomba 344 a continuación presuriza y acelera el refrigerante, potencialmente a través de una boquilla y/o difusor, en un flujo 352 inducido contra las superficies 21.

Además, el refrigerante ambiente de la cavidad 20 se puede tomar a través de una entrada 353 superior y pasa a través de un filtro 350 interno alrededor del intercambiador 357 de calor. El filtro 350 interno puede filtrar las impurezas y desalojar/disolver deposiciones de radionucleidos de refrigerante ambiente tomado de la cavidad 20, lo que permite flujos de fluido inducidos relativamente más limpios. Un ejemplo de filtro de la realización utilizable como filtro 350 se discute en relación con la figura 5. Si el refrigerante del suministro 354 de refrigerante es más frío que el refrigerante en la cavidad 20, la convección natural del refrigerante de baja temperatura en el intercambiador 357 de calor puede ayudar en la conducción del refrigerante ambiente desde la cavidad 20 en la entrada 353 y el filtro 350 interno. El refrigerante ambiente, después de ser filtrado a través del filtro 350 interno, se puede conectar a la bomba 344 a través de un conector 345 de refrigerante ambiente.

La bomba 344 puede arrastrar refrigerante ambiente del conector 345 de refrigerante ambiente con cualquier refrigerante acelerado previsto desde el suministro 354 de refrigerante a través de la conexión 355 de suministro de refrigerante. Con el uso de una trayectoria de flujo adecuada, incluyendo potencialmente un difusor, el refrigerante acelerado a partir de la bomba 344 puede proporcionar una succión al conector 345 de refrigerante ambiente, llevando refrigerante ambiente adicional a la entrada 353 y a través del filtro 350. Por ejemplo, con la energía de la bomba y la trayectoria de flujo apropiadas, el refrigerante puede extraerse desde el refrigerante ambiente en una proporción de 2 a 1 de refrigerante a partir del suministro 354 de refrigerante.

Según la invención, el conjunto 300 móvil utiliza tanto refrigerante proporcionado y refrigerante ambiente para crear un flujo de refrigerante.

El flujo 352 de refrigerante inducido se expulsa o se descarga bajo la fuerza de la bomba 344 y, potencialmente, una boquilla o difusor a cualquier velocidad deseada. Por ejemplo, con una energía de la bomba y/o un estrechamiento de la trayectoria de flujo apropiadas, el flujo 352 de refrigerante puede ser de 2 m/s o mayor, lo que resulta en la deseada prevención de la deposición y la eliminación discutida anteriormente. El flujo 352 de refrigerante puede estar dirigido a varias superficies que se desea mantener libre de deposición de radionucleidos mientras que están inmersas en el refrigerante, como la pared 21 de la cavidad.

El conjunto 300 móvil realización de ejemplo puede también ser móvil, axialmente o de otra manera, debido al flujo 352 de refrigerante. Por ejemplo, si el refrigerante es agua ligera en un flujo 352 en una cavidad 20 inundada de la misma, suficiente fuerza puede ser generada por el flujo 352 en el conjunto 300 para mover el conjunto 300 hacia arriba a lo largo del poste 301, incluso con flujo 352 en sólo un ligero ángulo hacia abajo. El flujo 352 se puede redirigir y/o cambiar en intensidad para crear el movimiento hacia arriba o hacia abajo deseado del conjunto 300 móvil a lo largo del poste 301, potencialmente alcanzando toda la longitud axial de una superficie de posicionada cerca únicamente bajo las fuerzas generadas por el flujo 352 de refrigerante. Del mismo modo, la gravedad y la flotabilidad se pueden usar para mover selectivamente el conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo en un refrigerante suficientemente denso como el agua, solos o en combinación con las fuerzas del flujo 352, así como otras estructuras de movimiento y fuerzas. Un movimiento axialmente suficiente hacia arriba también puede mejorar el flujo de refrigerante ambiente en la entrada 353 para el filtrado, si se utiliza.

Como se muestra en la figura 4, una base 400 de ejemplo de la realización puede incluir una variedad de componentes para tratar y proporcionar refrigerante fluido a, y potencialmente mover y controlar, un conjunto móvil para la creación de flujo. La base 400 de la realización de ejemplo puede estar colocada cerca o por encima de un espacio lleno de refrigerante para ser de eyectado o expuesto a los flujos de eliminación de deposición por conjunto 150 móvil, como el repostaje de combustible de la cavidad 20 por ejemplo. O la base 400 puede estar situada más distante, potencialmente extendida entre varias instalaciones diferentes, o un componente dentro del conjunto 150 móvil.

El refrigerante puede proporcionarse a la base 400 desde cualquier fuente, incluyendo una cavidad 20 inundada, de reserva de refrigerante, agua de alimentación de la planta, grifos locales, etc. Por ejemplo, un filtro 410 de succión puede ser sumergido en refrigerante en la cavidad 20, y el refrigerante puede ser arrastrado a la tubería 411 de la base a través del filtro 410 mediante una bomba 413. El filtro 410 puede eliminar eficazmente los radionucleidos en solución o como partículas en refrigerante. Por ejemplo, el filtro 410 puede ser similar al filtro 500 de la realización de ejemplo que se discutió en relación con la figura 5 utilizable en un conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo. La tubería 411 puede ser cualquier trayectoria de transporte capaz de transportar fluido refrigerante, incluyendo tubos de plástico y tubos de metal. La bomba 413 puede ser cualquier tipo de dispositivo de fluido-motriz, incluyendo aquellos diseños utilizables como bomba 344 (figura 3) en una realización de ejemplo del dispositivo móvil, así como bombas más grandes o no sumergibles que trabajan fuera de un refrigerante.

La base 400 de la realización de ejemplo puede incluir varios componentes para la creación de refrigerante óptimo para suministrar a conjunto 150 móvil, incluyendo la limpieza óptima, temperatura óptima, y/o el producto químico óptimo. Por ejemplo, un intercambiador 412 de calor puede colocarse a lo largo de la tubería 411 en cualquier punto

para reducir sustancialmente una temperatura del refrigerante, de tal manera que la del refrigerante proporcionado al conjunto 150 móvil es más baja que la temperatura del refrigerante ambiente y se puede utilizar para el movimiento convectivo natural y/o reducir la deposición potencial con una temperatura más baja. Y, por ejemplo, un sistema 420 de inyección de productos químicos puede ser instalado a lo largo de las tuberías 411 para proporcionar un pH deseado, tamponado, oxidación, oxigenación, boración, agente tensioactivo, claridad, salinidad, cationes de reemplazo, y/o concentración de resina, etc., al refrigerante.

Como se muestra en la figura 4, un ejemplo de un sistema 420 de inyección de productos químicos puede incluir un Venturi 421 instalado a lo largo de las tuberías 411. El punto de compresión de baja presión del Venturi 421 puede proporcionar una succión para que los productos químicos se inyecten en el líquido refrigerante en ese punto cuando se abre una válvula 422 de cierre. Del mismo modo, un inyector o mezclador el flujo se puede usar para el Venturi 421 para proporcionar adiciones deseadas al refrigerante. Más allá de la válvula 422 de cierre puede haber varios tanques de aditivos diferentes con sus propias válvulas de cierre para controlar determinados tipos de aditivos. Por ejemplo, un pre-oxidante, tal como peróxido de hidrógeno, puede ser mantenido en el depósito 424 por la válvula 423, y un ácido diluido, tal como ácido nítrico relativamente más débil, puede ser mantenido en el tanque 426 mediante la válvula 425.

Mediante la mezcla de los componentes de los tanques 424 y 426 en las proporciones deseadas y las cantidades totales a través de las válvulas 423, 425, y 422, el agua utilizada como refrigerante puede incluir un ácido diluido que cataliza o acelera las reacciones de oxidación dentro de las superficies expuestas a los flujos inducidos incluyendo el ácido. El pH de refrigeración del agua local en el intervalo de 5-6 se puede mantener cerca de tales superficies para de esta manera, facilitar la eliminación y la disolución de la deposición metálica. Los óxidos de metal enriquecido en las superficies pueden ser oxidados adicionalmente por el peróxido de hidrógeno en el agua refrigerante a un ion soluble, tal como la oxidación de óxidos a base de cromo a cromato soluble, bajo estas condiciones. De este modo se pueden eliminar radionucleidos en los óxidos más fácilmente a través de filtros en los sistemas de la realización de ejemplo, así como en sistemas de limpieza de refrigerante existentes. Por supuesto, otros productos químicos deseados se pueden inyectar a través de cualquier número de diferentes tanques para conseguir la química de flujo de refrigerante deseado.

La base 400 de la realización de ejemplo puede conectarse a un conjunto 150 móvil a través de la conexión 101, proporcionando refrigerante tratado a una presión deseada para su uso en la creación de un flujo para evitar la sedimentación de partículas. Del mismo modo, la energía eléctrica, las instrucciones del operador, y/o reubicación/locomoción pueden proporcionarse a través de la conexión 101 de la base 400.

La figura 5 es una ilustración de un filtro 500 realización de ejemplo que se puede usar como filtro 350 en el conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo (figura 3) y/o filtro 410 de base (figura 4). Como se muestra en la figura 5, el filtro 500 puede incluir varias capas diferentes configuradas para filtrar impurezas del refrigerante no deseadas, incluyendo radionucleidos en complejos metálicos disueltos en el refrigerante, potencialmente después de haber sido retirado de un depósito de superficie en el refrigerante por los sistemas de la realización de ejemplo. Las capas pueden estar discretamente escalonadas o ser progresivas para filtrar contaminantes más y más finos.

Por ejemplo, justo debajo de la entrada 353 (figura 3), puede ser un depósito 534 grueso con filtros de paso ancho para detener macro objetos como limaduras, virutas de la pintura, sujetadores, trapos, etc., que a menudo caen en los espacios de refrigerante durante el mantenimiento. Un filtro 533 fibroso puede estar a continuación con una malla más densa o capas fibrosas que atrapan las partículas grandes en el refrigerante. A continuación, puede haber un lecho 532 cargado de un material con un potencial electrostático, tal como una arena o grava fina con distintos iones de superficie o cadenas poliméricas cargadas, que atrae y retiene partículas de corrosión más pequeñas fuera del refrigerante que pasa a su través. Un lecho 531 filtrante metálico se puede colocar junto con láminas metálicas onduladas sinterizadas o finamente porosas.

Por último, un lecho 530 de resina puede ser capturado entre dos pantallas 529 y 528. El lecho 530 de resina puede ser una resina ionizada no soluble, como las utilizadas en sistemas de pulido y de limpieza de refrigerante de energía nuclear convencionales. Estas resinas pueden incluir productos conocidos como Amberlyte, poliestirenos reticulados, y Amberjet. El lecho 530 de resina puede ser emparejado específicamente para capturar complejos metálicos conocidos liberados en el refrigerante después de la exposición de una superficie contaminada a una velocidad de flujo de una velocidad de transporte.

Las pantallas 529 y 528 pueden ser suficientemente finas para evitar que la resina migre fuera de filtro 500 mientras que permite que el refrigerante limpio pase libremente. Una pantalla 527 de respaldo puede estar por debajo de la pantalla 528 para impedir la fuga de resina 530 en el caso de fallo de la pantalla 528.

El refrigerante puede fluir a través de cada etapa de filtro 534, 533, 532, 531, y 530 progresivamente, en el colector 526, que puede drenar en una salida, como la línea 345 de suministro de refrigerante (figura 3) o la tubería 411 (figura 4), por ejemplo. En el ejemplo de la línea 345 de suministro de refrigerante en un filtro 300 de la realización de ejemplo de la figura 3, la succión de una bomba de inducción puede ser suficientemente grande para superar la caída de presión a través de cada capa, conduciendo y filtrando el refrigerante a través del filtro 500 en un volumen suficiente para crear un flujo inducido más grande, combinado y limpio de al menos 2 m/s. De esta manera un flujo

inducido no sólo puede reducir las deposiciones de partículas de radionucleidos en superficies sumergidas en líquido refrigerante, sino que también puede propulsar un conjunto móvil que limpia el mismo y el filtro de refrigerante a través del conjunto móvil cerca de una zona propensa a tener mucho contaminante de refrigerante para ser interceptado a través de los filtros de la realización de ejemplo.

5 El filtro 500 de la realización de ejemplo puede estar construido de una manera que permite un fácil montaje/desmontaje y minimiza la manipulación adicional de componentes potencialmente radiactivos posterior al uso. Por ejemplo, cada etapa 534, 533, 532, 531, y 530 pueden estar contenida en un segmento de filtro resistente con bridas 501 exteriores alrededor de un perímetro de cada extremo del segmento. Cada brida 501 puede sellarse
10 contra una brida adyacente entre segmentos adyacentes con una liberación 502 rápida como una hebilla o sujetador que permite a los segmentos individuales ser retirados fácilmente para la limpieza y/o eliminación en las bridas 501. Las bridas 501 y liberaciones 502 pueden ser compatibles con sistemas de eliminación de alta integridad en forma y estructura de unión para permitir la evacuación directa de elementos de filtro usados, sucios de un segmento de filtro. Además, las bridas 501 pueden alojar un blindaje adicional y/o anillos de flotación que se añaden al filtro 500. Por ejemplo, un anillo de blindaje denso, tal como uno hecho de tungsteno, se puede añadir para rodear el filtro 500
15 y asentarse contra las bridas 501 para minimizar la exposición durante la manipulación. Del mismo modo, un anillo flotante de flotación puede pasar alrededor de un segmento de filtro 500 en virtud de una brida 501 y cambiar la flotabilidad del filtro 500 y del conjunto 300 móvil de ejemplo realización (figura 3) para permitir la flotabilidad deseada y el movimiento en el refrigerante.

El sistema 100 del ejemplo de realización, que incluye una base 120 y/o un conjunto 150 móvil y sus componentes
20 300, 400, 500 de la realización de ejemplo, puede estar configurado para operar en un entorno de reactor nuclear. Por ejemplo, todos los componentes estructurales en la base 400 de la realización de ejemplo y el conjunto 300 móvil de la realización de ejemplo pueden estar fabricados de materiales diseñados para mantener sustancialmente sus características físicas cuando se exponen a la radiación, temperaturas variables, y ambientes cáusticos encontrados en los reactores nucleares. Del mismo modo, los materiales utilizados en las realizaciones de ejemplo
25 pueden ser de una calidad fiable para evitar el fracaso en determinaciones de evaluación de riesgos probabilísticos y pueden estar diseñados para minimizar partículas de radionucleidos o arrastre o adsorción de soluto para minimizar los requisitos de contaminación y limpieza radiactivos posteriores al uso.

Las realizaciones de ejemplo se pueden utilizar en una variedad de maneras para prevenir la deposición de partículas en superficies sumergidas en un fluido. Por ejemplo, en una planta de energía nuclear, como áreas BWR, ESBWR, PWR, CANDU, o ABWR, como una cavidad de recarga o la chimenea, pueden ser inundadas con agua de refrigeración durante las operaciones y/o el mantenimiento, y los sistemas de la realización de ejemplo pueden estar instalados en tales áreas para inducir el flujo de agua de refrigeración de aproximadamente 2 metros por segundo
30 contra las superficies en el refrigerante. Esto se puede conseguir con un conjunto móvil de la realización de ejemplo creando el flujo mientras está inmerso en el refrigerante. Los operadores pueden configurar y dirigir realizaciones de ejemplo a los flujos de posición específica sobre superficies para la eliminación de la deposición en el refrigerante. Realizaciones de ejemplo pueden también proporcionar el filtrado activo de agua refrigerante en la proximidad directa del flujo que desaloja la deposición de partículas de las superficies. Realizaciones de ejemplo pueden proporcionar además la química del agua con el pH de n de eliminación y de disolución de la deposición, oxidación, cationes de recambio, etc. Al mantener las deposiciones de refrigerante de las superficies, los radionucleidos no
35 pueden permanecer fácilmente en superficies sumergidas o posteriormente convertirse en aéreas cuando se secan las superficies durante otras operaciones.

Realizaciones y procedimientos de ejemplo que de este modo se describen, se apreciará por un experto en la materia que las realizaciones de ejemplo se pueden variar a través de la experimentación de rutina mientras que todavía caen dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, un fluido como el refrigerante del reactor agua ligera se puede utilizar para crear un flujo contra superficies en algunas realizaciones, pero otros
40 fluidos, como agua pesada, son igualmente utilizables en las realizaciones de ejemplo. Aunque las realizaciones de ejemplo se muestran en partes de una base, conjunto móvil, y el filtro, se entiende que estas partes se pueden combinar en una unidad sumergible y/o más dividida dependiendo de la funcionalidad deseada. Una variedad de diferentes reactores y diseños del reactor y estructuras de gestión de residuos radiactivos son compatibles con las realizaciones y procedimientos de ejemplo simplemente a través de un dimensionamiento apropiado. Todos estos cambios están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones, y tales variaciones no deben ser consideradas como un alejamiento del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de reducción de la deposición de contaminantes sobre una superficie (21) sumergida en un fluido, comprendiendo el sistema:
5 un fluido ambiente en el que se sumerge un aparato (300) del sistema;
un suministro (354) de fluido que proporciona fluido relativamente más limpio y a temperatura más baja que el fluido ambiente; y
estando configurado el aparato (300) para descargar un flujo (352) de fluido contra una superficie (21) mientras se está inmerso en el fluido ambiente,
10 **caracterizado porque** el flujo de fluido comprende el fluido proporcionado desde el suministro (354) de fluido y el fluido ambiente.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el suministro de fluido incluye,
una bomba (413) configurada para extraer el fluido ambiente de una cavidad (20) en la que se sumerge el aparato (300).
3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el aparato (300) incluye la bomba (413), de tal manera que la bomba
15 está sumergida en el fluido ambiente.
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el fluido (352) es el agua refrigerante, y en el que el aparato (300) está configurado además para descargar el agua refrigerante para crear una velocidad de flujo del agua de refrigeración inmediatamente sobre la superficie (21) de por lo menos de 2 metros por segundo.
5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende, además:
20 un filtro (350) dentro de al menos uno de entre el suministro (354) de fluido y el aparato (300), en el que el filtro está configurado para eliminar los contaminantes del flujo (352) de fluido descargado por el aparato, en el que el filtro incluye al menos una etapa de resinas para eliminar los contaminantes disueltos en el fluido.
6. El sistema de la reivindicación 5, en el que el suministro (354) de fluido incluye,
25 un intercambiador (412) de calor para enfriar el flujo (352) de fluido descargado por debajo de una temperatura del fluido en el que se sumerge la superficie (21); y
un inyector (420) de productos químicos configurado para modificar una química del flujo (352) de fluido descargado.
7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que,
el suministro (354) de fluido incluye una base (400) que tiene una bomba (413), un primer filtro (410), y la tubería (411) configurados juntos para extraer el fluido ambiente de una zona (20) en la que el aparato (300) se sumerge en
30 el fluido ambiente, el aparato siendo un conjunto (300) móvil que incluye una bomba (344) conectada al suministro (354) de fluido, y el conjunto móvil pudiéndose mover dentro del fluido ambiente para descargar el flujo (352) de fluido en varias posiciones diferentes sobre la superficie (21).
8. El sistema de la reivindicación 7, en el que
35 el suministro (354) de fluido incluye además un intercambiador (412) de calor y un inyector (420) de productos químicos, el conjunto (300) móvil incluyendo una entrada (353) y un segundo filtro (350) configurados juntos para extraer el fluido del ambiente del área en la que el conjunto móvil se sumerge en el fluido ambiente, y el conjunto (300) móvil siendo móvil por la fuerza de la bomba (344) descargar el flujo (352) de fluido dentro del área (20).
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que la entrada (353) y el segundo filtro (350) están conectados a la bomba (344) para que el fluido ambiente se extraiga activamente a través de la entrada y el segundo filtro es arrastrado con
40 el fluido del suministro (354) de fluido para crear el flujo (352) de fluido descargado.
10. El sistema de la reivindicación 1, en el que el aparato es un aparato (300) móvil para reducir las deposiciones de contaminantes mediante la inducción de corrientes en los espacios (20) inundado con el fluido ambiente, el aparato móvil comprendiendo:
45 una entrada (353) de flujo que recibe el fluido ambiente desde el espacio (20); y
un filtro (350) multi-etapa configurado para filtrar partículas y contaminantes disueltos del fluido ambiente; y
una salida para dirigir el fluido ambiente hacia una superficie (21) a fin de crear una velocidad de flujo de al menos 2 metros por segundo del fluido en contacto con la superficie.
11. El aparato (300) móvil de la reivindicación 10, que comprende, además:
50 una bomba conectada a la entrada de flujo, en el que la bomba está configurada para crear el flujo mientras que el aparato móvil está completamente sumergido en el fluido ambiente en el espacio (20).

12. El aparato (300) móvil de la reivindicación 11, que comprende, además:

una conexión de líquido configurada para recibir el fluido desde el suministro de fluido, en el que la bomba es una bomba que impulsa el fluido desde el suministro de fluido y el fluido ambiente de la entrada juntos para crear el flujo (352).

5 13. El aparato (300) móvil de la reivindicación 12, en el que el fluido del suministro (354) de fluido tiene una temperatura diferente, un pH diferente, y un contenido de oxidante diferente del fluido ambiente de la entrada.

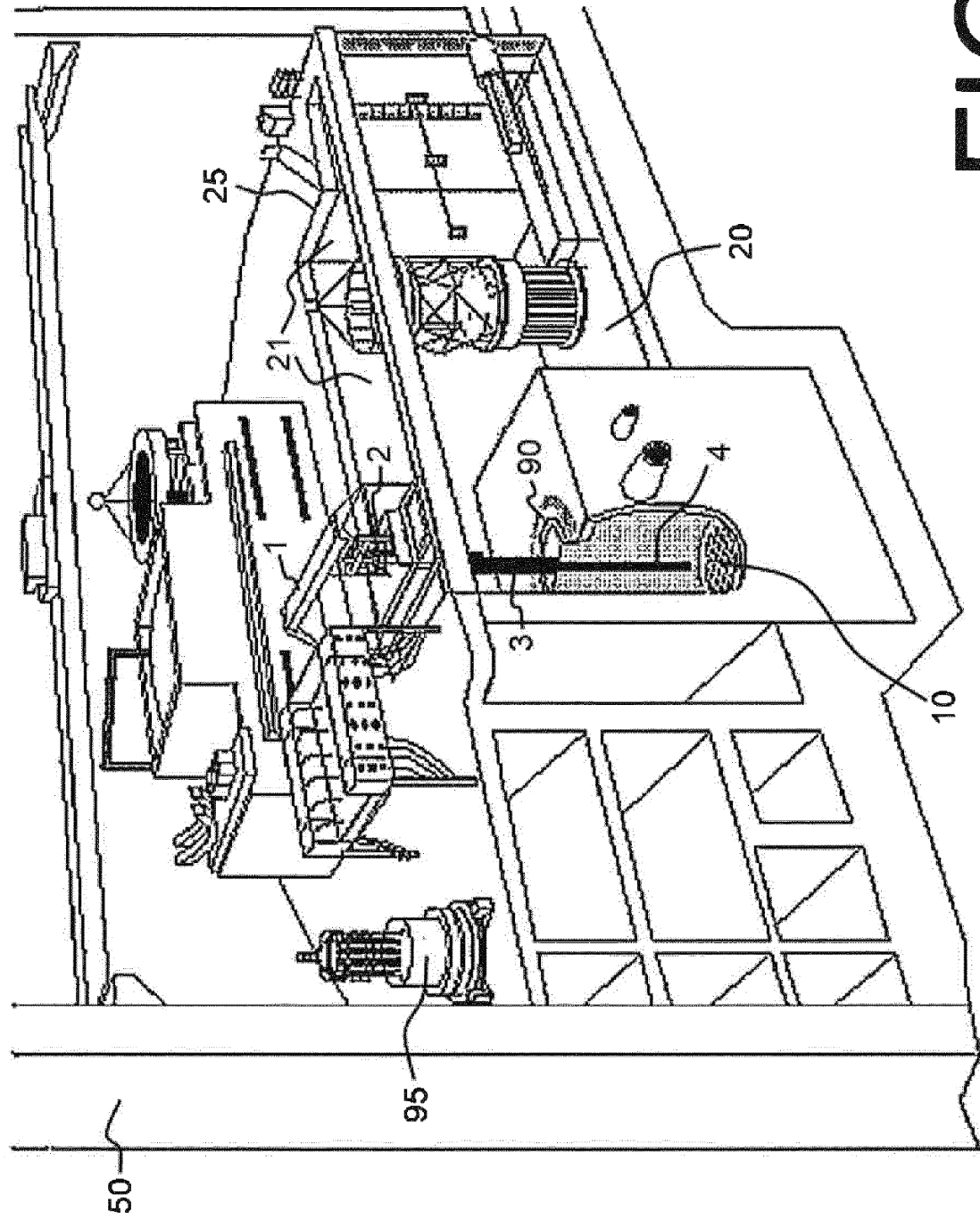


FIG. 1

FIG. 2

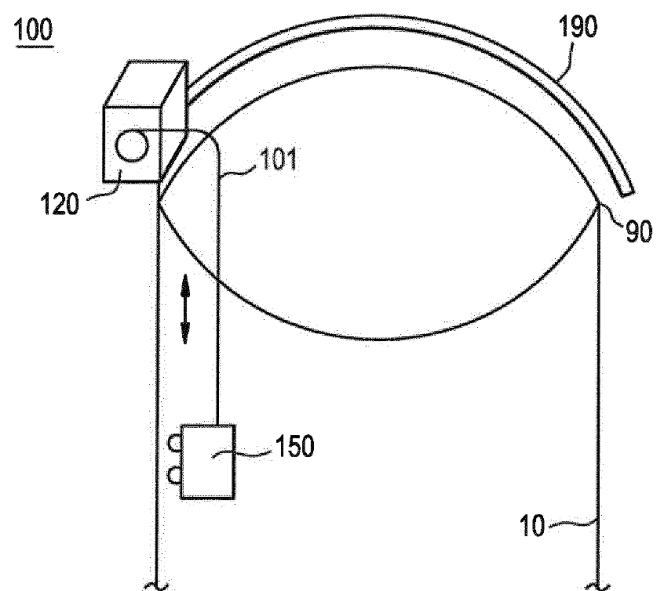


FIG. 3

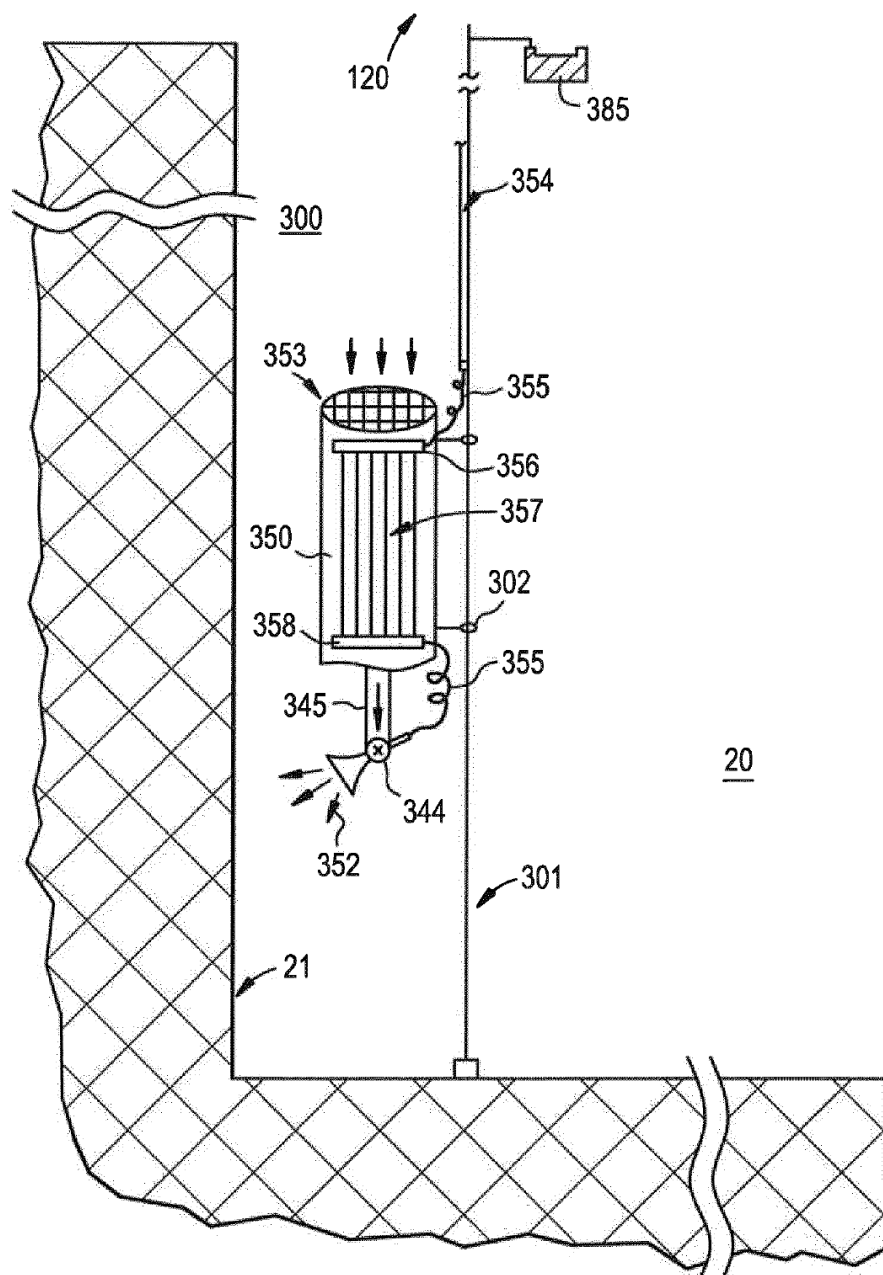


FIG. 4

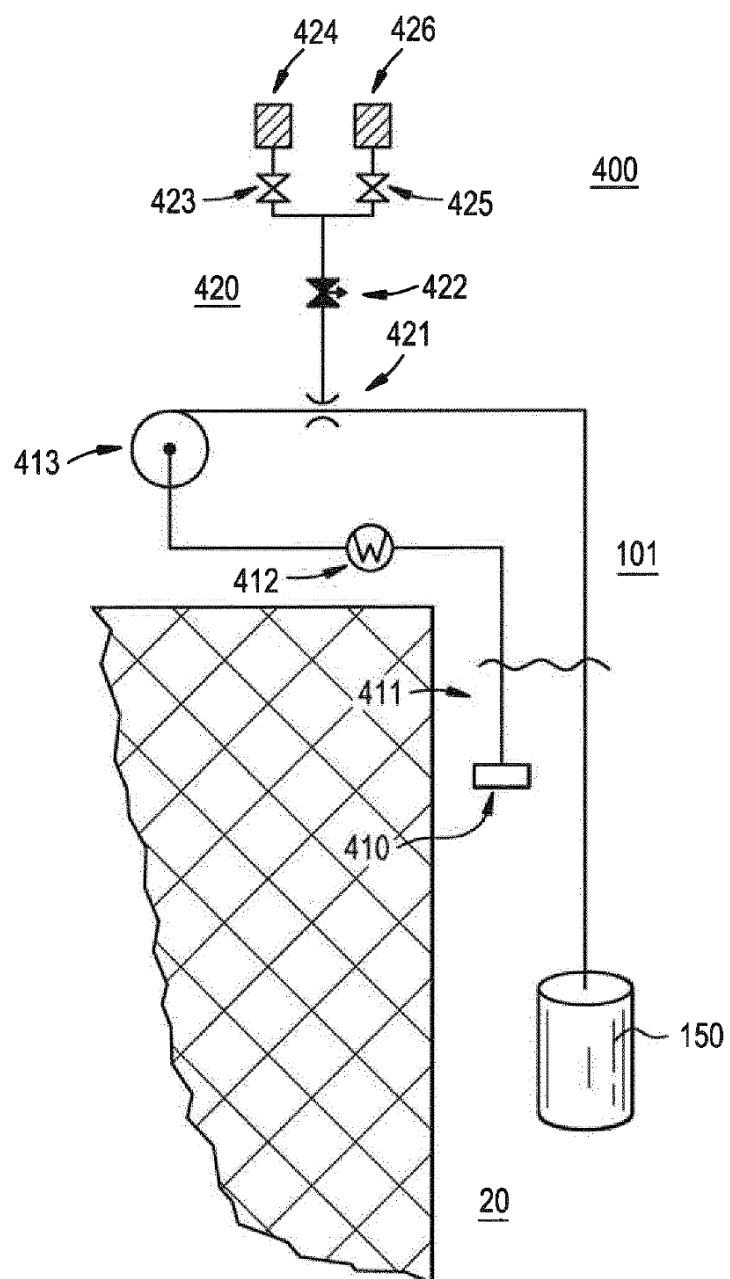


FIG. 5

500

