

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 309**

51 Int. Cl.:

G21F 5/005 (2006.01)
G21C 19/00 (2006.01)
G21F 1/00 (2006.01)
G21F 1/04 (2006.01)
G21F 5/008 (2006.01)
G21F 9/34 (2006.01)
G21F 5/02 (2006.01)
G21F 5/08 (2006.01)
G21F 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2020** **PCT/US2020/047576**
87 Fecha y número de publicación internacional: **04.03.2021** **WO21041285**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2020** **E 20858457 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 4018462**

54 Título: **Recinto blindado contra la radiación para recipiente de combustible nuclear gastado**

30 Prioridad:

23.08.2019 US 201962890813 P

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

21.08.2024

73 Titular/es:

HOLTEC INTERNATIONAL (100.0%)
One Holtec Boulevard
Camden, NJ 08104, US

72 Inventor/es:

SINGH, KRISHNA, P.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 977 309 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

Recinto blindado contra la radiación para recipiente de combustible nuclear gastado

5 **Antecedentes**

La presente invención se refiere en general a sistemas para almacenar combustible nuclear usado o gastado, y más particularmente a un recipiente de combustible nuclear mejorado que forma parte del sistema de almacenamiento.

10 Ejemplos de tales sistemas se divulgan en los documentos US2012083644A1, US2006215803A1, US6605817B1.

En la operación de reactores nucleares, la fuente de energía nuclear está en forma de tubos huecos de zircaloy rellenos de uranio enriquecido, dispuestos colectivamente en múltiples conjuntos denominados conjuntos de combustible. Cuando la energía en el conjunto de combustible se ha agotado hasta un cierto nivel predeterminado, los conjuntos de combustible nuclear usados o "gastados" (SNF) se retiran del reactor nuclear. La estructura estándar usada para envasar conjuntos de combustible usado o gastado descargados de reactores de agua ligera para su envío fuera del emplazamiento o almacenamiento en seco in situ se conoce como cesta de combustible. La cesta de combustible es esencialmente un conjunto de celdas de almacenamiento prismáticas, cada una de las cuales está dimensionada para almacenar un conjunto de combustible que comprende una pluralidad de barras de combustible nuclear gastado individuales. La cesta de combustible está dispuesta dentro de un receptáculo de almacenamiento metálico cilíndrico (típicamente de acero inoxidable), que a menudo se denomina receptáculo multiusos (MPC), que forma la contención primaria.

El recipiente cargado con SNF se coloca a continuación en un sobreenvase o recipiente exterior ventilado, que forma la contención secundaria, para el transporte y almacenamiento seguros de los múltiples conjuntos de combustible gastado. Los recipientes se usan para transferir el SNF en el recipiente de la piscina de combustible gastado ("recipiente de transferencia") en la estructura de contención del reactor nuclear a un área de preparación más remota para el almacenamiento a término provisional, tal como en el sistema de almacenamiento de recipientes secos de una instalación de almacenamiento de combustible gastado independiente (ISFSI) en el sitio o fuera del sitio hasta que el gobierno federal disponga de un depósito final para el combustible nuclear gastado.

Un número significativo de recipientes de almacenamiento en seco que contienen SNF se congregaron en una plataforma de ISFSI, sin embargo, a menudo acumulan dosis de radiación en el límite del sitio de la planta nuclear que excede el límite permitido para la jurisdicción local y/o el gobierno federal. La dosis que emana de tales recipientes debe atenuarse para permitir que se usen en la función de almacenamiento a término intermedio en una ISFSI.

Se desean mejoras en la reducción del nivel de radiación para recipientes de almacenamiento en seco que superen las deficiencias anteriores.

40 **Breve resumen**

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjunto.

Para superar las limitaciones anteriores en la técnica para el almacenamiento intermedio de combustible nuclear gastado (SNF) u otros residuos nucleares radiactivos de alto nivel generados por el reactor nuclear en una instalación nuclear, la presente divulgación proporciona un enfoque de contención de radiación terciaria para complementar las medidas de contención primaria y secundaria del recipiente y el recipiente de almacenamiento en seco que aún pueden emitir radiación que supera los límites de dosificación aceptables.

Un sistema de almacenamiento de residuos nucleares de acuerdo con la presente divulgación comprende generalmente un recinto de contención de recipiente blindado contra la radiación exterior configurado para alojar un recipiente de almacenamiento en seco de residuos nucleares en su interior (que a su vez contiene el receptáculo de SNF radiactivo que aloja los residuos). El recinto blindado puede incorporarse directamente en la instalación de almacenamiento de combustible gastado independiente (ISFSI) mencionada anteriormente u otra instalación de almacenamiento de residuos nucleares intermedia. En algunas instalaciones, cada recipiente de almacenamiento en la matriz de recipientes de la ISFSI puede incluir un recinto exterior blindado contra la radiación terciaria.

En ciertas realizaciones, el recinto de contención de recipiente blindado exterior puede estar incrustado al menos parcialmente en la plataforma de hormigón de la instalación de almacenamiento de combustible gastado independiente (ISFSI) para aprovechar las propiedades de bloqueo/atenuación de radiación gamma y de neutrones de la masa de hormigón gruesa. El recinto blindado puede comprender dos partes que incluyen una porción de base inferior incrustada al menos parcialmente en la plataforma de hormigón, y una porción superior de blindaje contra la radiación discreta separada acoplada a la misma en una junta circular. En algunas realizaciones, las porciones pueden tener aproximadamente la misma altura que representan medias secciones; sin embargo, cualquier porción puede ser más alta que la otra en algunas implementaciones. Las porciones de base y de blindaje contra la radiación se acoplan juntas en el campo en la ISFSI para completar el recinto de contención del recipiente que rodea completamente el

recipiente de residuos nucleares. La porción de blindaje superior se acopla a la porción de base inferior después de que el recipiente se coloca dentro de la porción de base. En algunas realizaciones, una junta anular forma un sello hermético a los gases entre las porciones inferior y superior del recinto.

- 5 La porción de blindaje superior puede configurarse como una camisa de blindaje de bloqueo de radiación que se coloca sobre la porción superior del recipiente que sobresale hacia arriba más allá de la porción de base inferior y, de lo contrario, está expuesta por encima de la superficie superior de la plataforma de hormigón (es decir, nivel). La camisa está fabricada con material de bloqueo/blindaje contra la radiación para reducir las emisiones de radiación del recipiente. En una realización preferente, el material de blindaje comprende un material que contiene boro y un metal
10 que bloquea/atenúa eficazmente tanto la radiación gamma como la de neutrones.

- En algunas realizaciones, el recinto de contención de recipiente puede ventilarse para permitir que el aire de enfriamiento ambiente fluya hacia dentro entre el recinto de contención y el recipiente a través del flujo de aire inducido por efecto termosifón convectivo natural a medida que el aire dentro del recinto se calienta por el calor que irradia
15 hacia fuera desde el recipiente. El sistema de ventilación de aire de enfriamiento puede comprender una pluralidad de entradas de aire superiores formadas que pueden formarse en el área de cintura media del recinto de contención de recipiente en la junta circunferencial horizontal entre la porción de base inferior y la porción de blindaje superior. Por lo tanto, el sistema de ventilación de aire de flujo natural no está asistido por un soplador o ventilador alimentado que, por lo tanto, no depende de una fuente de energía disponible. Esto permite que el recinto de contención de recipiente
20 se ubique en sitios remotos y no sea susceptible a cortes de energía que podrían dar como resultado el sobrecalentamiento del recinto y comprometer la integridad estructural de los tanques de contención de receptáculo y recipiente.

- La plataforma de hormigón de la instalación de almacenamiento provisional puede ser expansiva en extensión y estar
25 dimensionada en longitud y anchura para contener una pluralidad de recintos blindados en una matriz. Ejemplos de tales instalaciones son la instalación de almacenamiento provisional consolidada HI-STORE de Holtec International de Camden, Nueva Jersey.

- Ventajosamente, el recinto de contención de recipiente divulgado en el presente documento reduce la radiación emitida
30 por el recipiente directamente en su origen, en contraste con otros posibles enfoques centrados en el límite del sitio de la ISFSI, tal como la construcción de bermas de tierra o paredes de hormigón gruesas alrededor de todo el perímetro del sitio de almacenamiento. Tal mejora periférica de los problemas de dosificación de radiación no solo es costosa debido a la longitud requerida de las bermas o paredes que se extienden perimetralmente, sino que, en particular, estas medidas no reducen los niveles de radiación ambiental dentro de la propia ISFSI donde trabajan las cuadrillas.
35 El campo de radiación dentro de la ISFSI se mejora beneficiosamente por el presente recinto de contención de recipiente, lo que da como resultado una dosis de radiación reducida para el personal de la planta en la ISFSI. De forma adicional, no hay límite a la cantidad de blindaje y/o tipo que se puede usar y combinar en la camisa de blindaje de bloqueo de radiación; por lo tanto, se pueden realizar reducciones sustanciales de la dosis, lo que no es posible con una construcción de berma.

- 40 De acuerdo con un aspecto, un recinto de contención para blindar un recipiente de residuos nucleares comprende: una porción de base inferior al menos parcialmente incrustada en una plataforma de hormigón, comprendiendo la porción de base una placa base que soporta una pluralidad de carcasas alineadas coaxialmente que definen una cavidad inferior; una porción superior de blindaje contra la radiación acoplada y soportada por la porción de base inferior, definiendo la porción de blindaje una cavidad superior; comprendiendo la porción de blindaje un material de blindaje contra la radiación configurado para bloquear la radiación gamma y de neutrones; definiendo colectivamente las cavidades inferior y superior un espacio de contención contiguo configurado para contener el recipiente; en donde las porciones de base y de blindaje encierran el recipiente.

- 50 De acuerdo con otro aspecto, un sistema de almacenamiento de residuos nucleares comprende: una plataforma de hormigón; y una pluralidad de recintos de contención de recipiente dispuestos en la plataforma de hormigón, alojando cada recinto de contención un recipiente de almacenamiento que contiene un receptáculo que contiene residuos nucleares radiactivos. Cada recinto de contención comprende: una porción de base inferior cilíndrica al menos parcialmente incrustada en la plataforma de hormigón, comprendiendo la porción de base inferior una placa base que
55 soporta una pluralidad de carcasas alineadas coaxialmente que definen una cavidad inferior; una camisa de blindaje superior separada acoplada y soportada por la porción de base inferior, teniendo la camisa de blindaje una construcción de pared que comprende materiales de blindaje contra la radiación que contienen boro, definiendo la camisa de blindaje superior una cavidad superior; una pluralidad de entradas de aire de enfriamiento ambiente formadas en la camisa de blindaje, las entradas de aire separadas circunferencialmente en una junta circunferencial
60 entre la porción de base y la camisa de blindaje; una cámara impelente de entrada de aire anular formada en la parte inferior de la camisa de blindaje por una porción escalonada rebajada hacia dentro de la camisa de blindaje, cámara impelente de entrada de aire ubicada en la junta circunferencial y en comunicación fluida directa con las entradas de aire y un tubo de bajada formado en la porción de base inferior; una pluralidad de pasos de intercambio de aire espaciados circunferencialmente en una parte inferior de la porción de base, los pasos en comunicación fluida con el
65 tubo de bajada y un tubo ascendente que se extiende verticalmente entre el recipiente y las superficies más interiores de la porción de base inferior y la camisa de blindaje; y una abertura de descarga superior formada en la camisa de

blindaje en comunicación fluida con el tubo ascendente y el aire ambiente; en donde el recipiente de almacenamiento que contiene residuos nucleares se coloca parcialmente en las cavidades superior e inferior de la porción de base inferior y la camisa de blindaje.

- 5 De acuerdo con otro aspecto, un método para proporcionar blindaje contra la radiación para un recipiente que contiene un receptáculo de residuos nucleares comprende: incrustar al menos parcialmente una porción de base abierta hacia arriba en una plataforma de hormigón; bajar el recipiente en la cavidad inferior abierta hacia arriba de la porción de base; colocar una camisa de blindaje sobre el recipiente; y acoplar a tope la camisa de blindaje con la porción de base formando una junta circunferencial entre las mismas; en donde el recipiente está completamente encerrado por la
- 10 camisa de blindaje y la porción de base.

Otras áreas de aplicabilidad de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción detallada proporcionada a continuación. Se debe entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican la realización preferida de la invención, están destinados únicamente a fines de ilustración y no pretenden

15 limitar el alcance de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entenderá más completamente a partir de la descripción detallada y los dibujos adjuntos, en donde los elementos similares están etiquetados de manera similar y en los que:

20

la figura 1 es una vista en perspectiva superior de un recinto de contención para blindar radiativamente un recipiente que almacena un receptáculo en su interior que contiene residuos nucleares de radiación, con el recinto mostrado parcialmente incrustado en una sección de una plataforma de hormigón;

25

la figura 2 es una vista en perspectiva superior del mismo del recinto de contención solo;

la figura 3 es una vista en perspectiva despiezada superior del mismo;

30 la figura 4 es una vista en perspectiva despiezada inferior del mismo;

la figura 5 es una vista lateral del mismo;

35 la figura 6 es una vista superior del recinto de contención y la plataforma de hormigón de la figura 1;

la figura 7 es una vista en perspectiva en sección transversal del mismo;

la figura 8 es un detalle ampliado de la figura 7;

40 la figura 9 es una sección transversal lateral del recinto de contención y la plataforma de hormigón de la figura 1;

la figura 10 es un primer detalle ampliado de la figura 9 que muestra una entrada de aire de enfriamiento ambiental de un sistema de ventilación de aire accionado por convección natural del recinto;

45 la figura 11 es un segundo detalle ampliado de la figura 9 que muestra un paso de intercambio de aire;

la figura 12 es una primera vista en sección transversal tomada de la figura 9 a través de una porción de blindaje superior del recinto de contención;

50 la figura 13 es una segunda vista en sección transversal tomada de la figura 9 a través de una entrada de aire de la porción de blindaje superior del recinto de contención;

la figura 14 es una tercera vista en sección transversal tomada de la figura 9 a través de una porción de base inferior del recinto de contención; y

55

la figura 15 es una vista en perspectiva superior de una instalación de almacenamiento de combustible gastado independiente (ISFSI) que comprende una matriz de recintos de contención de recipiente de acuerdo con la presente divulgación.

60 Todos los dibujos son esquemáticos y no necesariamente a escala. Las características mostradas numeradas en ciertas figuras que pueden aparecer sin numerar en otras figuras son las mismas características a menos que se indique lo contrario en el presente documento.

Descripción detallada

65 Las características y beneficios de la invención se ilustran y describen en el presente documento haciendo referencia

a realizaciones ilustrativas. Esta descripción de realizaciones ilustrativas está destinada a leerse en relación con los dibujos adjuntos, que deben considerarse parte de toda la descripción escrita. Por consiguiente, la divulgación no debe limitarse expresamente a tales realizaciones ilustrativas que ilustran alguna posible combinación no limitante de características que pueden existir solas o en otras combinaciones de características.

En la descripción de las realizaciones divulgadas en el presente documento, cualquier referencia a la dirección u orientación se pretende simplemente por conveniencia de la descripción y no se pretende de ninguna manera que limite el alcance de la presente invención. Términos relativos tales como "inferior", "superior", "horizontal", "vertical", "por encima", "por debajo", "arriba", "abajo", "parte superior" y "parte inferior", así como derivados de los mismos (p. ej., "horizontalmente", "hacia abajo", "hacia arriba", etc.) se deberían interpretar como en referencia a la orientación como se describe en ese momento o como se muestra en los dibujos en cuestión. Estos términos relativos son solo por comodidad de la descripción y no requieren que el aparato se interprete o se ponga en funcionamiento en una orientación particular. Términos como "unido", "fijado", "conectado", "acoplado", "interconectado", y similares se refieren a una relación en donde las estructuras están sujetas o unidas entre sí, ya sea directa o indirectamente a través de estructuras intermedias, así como uniones o relaciones tanto móviles como rígidas, a menos que se describa expresamente lo contrario.

Como se usa a lo largo de la descripción, cualquier intervalo divulgado en el presente documento se usa como abreviatura para describir todos y cada uno de los valores que están dentro del intervalo. Cualquier valor dentro del intervalo puede seleccionarse como el término del intervalo. En el caso de un conflicto en una definición en la presente divulgación y la de una referencia citada, la presente divulgación controla.

Como se usa en el presente documento, los términos "soldadura o soldeo de sello" se interpretarán de acuerdo con su significado convencional en la técnica como una soldadura continua que forma una junta estanca al gas entre las partes unidas por la soldadura.

Las figuras 1-14 representan un sistema de almacenamiento de residuos nucleares que comprende un recinto de contención de recipiente 100 para alojar y blindar un recipiente de residuos nucleares 20 para mejorar la radiación gamma y de neutrones emitida por el combustible nuclear gastado (SNF) u otros residuos radiactivos de alto nivel contenidos en el receptáculo de SNF contenido dentro del recipiente. El recipiente 20 puede ser cualquier recipiente de almacenamiento y/o transporte disponible comercialmente, tal como un recipiente HI-STORM disponible de Holtec International de Camden, Nueva Jersey u otro.

El recipiente 20 tiene un cuerpo cilíndrico metálico alargado verticalmente que incluye un extremo superior abierto 21, una placa de cierre inferior circular 22 que define un extremo inferior 23, una pared lateral cilíndrica 24 que se extiende entre los extremos y una cavidad interna 28. El receptáculo de SNF 30 metálico y cilíndrico (representado esquemáticamente por líneas discontinuas y bien conocido en la técnica) que contiene SNF radiactivo u otros residuos nucleares W se puede insertar en la cavidad 28 a través del extremo superior 21, que luego se cierra mediante una tapa atornillada 25 para sellar el recipiente 20. La cavidad 28 se extiende por toda la altura del recipiente. La cavidad 28 está configurada (p. ej., dimensiones y área de sección transversal) para contener convencionalmente solo un único receptáculo de SNF 30.

El recipiente 20 puede estar compuesto por una única carcasa cilíndrica larga 24 o, como alternativa, puede estar formado por una pluralidad de segmentos de cilindro alineados axialmente y apilados verticalmente soldados con sello entre sí en las juntas entre ellos, como se muestra mejor en la figura 9 para formar colectivamente el cuerpo de recipiente. Un par de orejetas de elevación o protuberancias 26 (véanse, p. ej., las figuras 3-4) se proporcionan de manera estándar para levantar y transportar el recipiente 20 a través de un tractor de oruga de recipiente motorizado típicamente accionada por orugas similares a tanques para transportar los recipientes extremadamente pesados (p. ej., 30 toneladas o más). Tales tractores de oruga de recipientes robustos son bien conocidos en la técnica sin necesidad de elaboración adicional y se usan convencionalmente para transportar y subir/bajar recipientes en una instalación de reactor nuclear (p. ej., planta de generación de energía u otra) o instalación de almacenamiento de residuos nucleares provisional. Los transportadores de orugas de recipiente están disponibles comercialmente de compañías tales como J&R Engineering Co. de Mukwonago, Wisconsin (p. ej., LIFT-N-LOCK®) y otros.

La placa de cierre inferior 22 del recipiente 20 puede considerarse en forma de copa en una realización que tiene una pared de tope vertical cilíndrica 22a que se eleva una corta distancia desde la superficie de soporte de receptáculo 22b plana y horizontal de la placa de cierre en la que se coloca el receptáculo de SNF 30 cuando se carga en el recipiente. En otras realizaciones posibles, sin embargo, la placa de cierre inferior 22 puede ser una placa plana y el extremo inferior de la carcasa cilíndrica 24 puede soldarse directamente al borde periférico de la placa.

La pared lateral 24 del recipiente 20 puede tener una construcción compuesta que incluye al menos una carcasa metálica cilíndrica 29 y material de blindaje contra la radiación 27. En algunas realizaciones, el material de blindaje 24 puede comprender hormigón, plomo, materiales que contienen boro, o una combinación de estos u otros materiales eficaces para bloquear y/o atenuar la radiación gamma y de neutrones emitida por los residuos nucleares W en el receptáculo 30 encerrado por el recipiente 20. En ciertas realizaciones, el material de blindaje contra la radiación puede intercalarse entre un par de carcasas 29 dependiendo de la naturaleza y dureza del material (solo se muestra una

carcasa en las figuras para mayor claridad).

El recinto de contención de recipiente 100 del sistema de almacenamiento de residuos nucleares se describirá a continuación con referencia general continua a las figuras 1-14.

El recinto de contención de recipiente 100 es un tanque de dos partes que generalmente incluye una porción de base inferior 101 y una porción superior de blindaje contra la radiación discreta y separada 102 acoplada a la misma en una junta circunferencial 107 en la ISFSI 200 u otra instalación de almacenamiento provisional (véase, p. ej., la figura 15). La porción superior de blindaje contra la radiación 102 puede denominarse alternativamente en el presente documento simplemente "porción de blindaje superior" por brevedad. El recinto de contención de recipiente 100 define un eje longitudinal vertical LA alineado con el centro geométrico del recinto (mostrado en la figura 9).

En algunas realizaciones, las porciones de base inferior y de blindaje superior 101, 102 pueden ser aproximadamente iguales en altura H1, H2 (respectivamente) que representan medias secciones; sin embargo, cualquiera de las porciones puede ser más corta o más alta que la otra en algunas implementaciones. Cada una de la porción de base inferior 101 y la porción de blindaje superior 102 tiene una respectiva altura H1, H2 que es menor que la altura H3 del recipiente 20. Por consiguiente, por lo tanto, las porciones inferior y superior están acopladas entre sí para rodear completamente y encerrar toda la altura del recipiente.

La porción de base inferior 102 puede estar incrustada al menos parcialmente en una plataforma de hormigón 50 de la ISFSI 200 como se muestra. La mayoría de la altura H1 de la porción de base inferior 101, y preferentemente sustancialmente toda la porción de base inferior, excepto la porción superior más superior que está acoplada a la porción de blindaje superior 102, puede estar incrustada (véase, p. ej., la figura 9). Esto proporciona que aproximadamente al menos la mitad de la altura H3 del recipiente 20 esté por debajo del nivel G para ayudar a proteger el recipiente y los residuos nucleares W en el caso de un impacto de proyectil. De forma adicional, el empotramiento da como resultado un perfil expuesto general más bajo del recinto de contención de recipiente 100, que es menos detectable y susceptible tanto a ataques como a incidentes meteorológicos severos. En algunas realizaciones, la porción de base inferior 101 puede tener una altura H1 sustancialmente mayor que la altura H2 de la porción de blindaje superior 102 de modo que la mayor parte de la altura del recipiente 20 se asiente y esté protegida por debajo del nivel G. Esto concomitantemente da como resultado que la porción de blindaje superior 102 más corta tenga un perfil expuesto más bajo que el ilustrado, y la porción de base inferior 101 incrustada más hacia abajo en la plataforma de hormigón 50 que la ilustrada. El presente recinto de contención de recipiente 100 permite ventajosamente que cualquiera de las porciones se personalice en altura según se desee.

Cabe señalar que las figuras que preceden a la figura 15, que muestra un ejemplo de una ISFSI 200 completa, muestran solo una porción recortada de la plataforma de hormigón 50 que rodea inmediatamente cada recinto de contención de recipiente 100 para fines ilustrativos compactos.

Con referencia continuada a las figuras 1-14, cada una de la porción de base inferior y la porción de blindaje superior 101, 102 define una cavidad de altura parcial de cierta profundidad vertical con respecto a la altura del recipiente 20. La porción de base inferior 101 define una cavidad inferior 103 del recinto de contención de recipiente 100. La porción de blindaje superior 102 define una cavidad superior 104 que se comunica directamente con la cavidad inferior. Cuando la porción de blindaje superior separable está acoplada a la porción de base inferior, las cavidades 103 y 104 se combinan para definir colectivamente un espacio de contención común contiguo 105 configurado para contener y encerrar la totalidad del recipiente 20. La profundidad de las cavidades 103, 104 puede ajustarse según se desee para adaptarse a consideraciones arquitectónicas u otras consideraciones de diseño.

Con referencia particularmente a las figuras 7, 11 y 14, la porción de base inferior 101 en algunas realizaciones puede comprender una placa base horizontal 106 que soporta una pluralidad de carcassas cilíndricas alineadas coaxialmente y orientadas verticalmente que definen la cavidad inferior 103. Las carcassas de la porción de base 101 comprenden una carcassa exterior 110 y un par de carcassas "conjugadas" 111, 112 más interiores estrechamente espaciadas que actúan estructuralmente como una única carcassa rígida de doble pared para soportar y transferir mejor el peso de la porción de blindaje superior 102 a la plataforma de hormigón 50. La carcassa 112 forma el límite interior de la porción de base 102 que rodea el recipiente 20 y define la cavidad inferior 103.

Las carcassas conjugadas emparejadas están separadas radialmente hacia dentro desde la carcassa exterior 110 por un hueco radial R1 que define una distancia correspondiente sustancialmente mayor que un hueco radial R2 formado entre las carcassas conjugadas (véase, p. ej., la figura 14). En algunas realizaciones, el hueco R2 puede ser de aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) o menos. El hueco R2 en ciertas realizaciones puede ser inferior a 1,27 cm (1/2 pulgada) tal como, por ejemplo, sin limitación, aproximadamente 0,318 cm (1/8 de pulgada) en una construcción no limitante. El hueco R2 puede evacuarse para aumentar la resistencia térmica a la transferencia de calor a través de las carcassas. Esto evita que el calor transmitido radialmente desde el recipiente 20 precaliente el aire de enfriamiento ambiental que desciende en el tubo de bajada de aire de enfriamiento 130 (figura 9) hasta que el aire pueda distribuirse uniformemente alrededor del exterior del recipiente, como se describe adicionalmente en el presente documento.

Los extremos inferiores de las carcasas 110-112 están soldados con sello herméticamente a la placa base 106. Los extremos superiores de las carcasas conjugadas 111, 112 están cerrados por una placa de sello anular 142 soldada a los mismos que encierra completamente el hueco radial R2. El hueco radial R1 entre la carcasa exterior 110 y las carcasas conjugadas permanece abierto en la parte superior para definir una porción de la entrada de aire de ventilación de enfriamiento al tubo de bajada anular 130. El hueco R1 define estructuralmente el tubo de bajada de aire de ventilación de enfriamiento 130 en la porción de base inferior 101.

La carcasa exterior 110 y las carcasas conjugadas emparejadas 111, 112 pueden estar formadas de acero y, preferentemente, de acero inoxidable resistente a la corrosión en una realización. Sin embargo, se pueden usar otros metales estructurales adecuadamente fuertes.

La porción de blindaje superior 102 puede tener la forma de una camisa de blindaje de bloqueo de radiación de doble pared 120 que comprende material de blindaje contra la radiación configurado y seleccionado para bloquear/atenuar eficazmente la radiación gamma y de neutrones. Debido a que la camisa de blindaje 120 está ubicada completamente por encima del nivel G de la plataforma de hormigón 50, preferentemente proporciona el blindaje contra la radiación suplementario necesario para compensar la emisión de radiación no bloqueada por el blindaje del recipiente 20 solo que puede exceder los límites de dosis locales y nacionales permitidos. La camisa de blindaje 120 se extiende preferentemente sustancialmente por toda la altura del cuerpo de la porción de blindaje superior 102 (véase, p. ej., la figura 9). La camisa de blindaje tiene una construcción de pared compuesta que comprende una pared exterior 121, una pared interior 122 y una capa intermedia 123 intercalada entre las mismas que está formada por un material de blindaje contra la radiación. La capa intermedia 123 es preferentemente más gruesa que las paredes interior y exterior en algunas realizaciones como se muestra.

La camisa de blindaje 120 de la porción de blindaje superior 102, formada por las paredes 121, 122 y la capa intermedia 123, puede tener una forma compuesta que incluye una sección cilíndrica inferior 120a y una sección troncocónica superior 120b en algunas realizaciones no limitantes. La sección troncocónica 120b actúa como un venturi que concentra el flujo de aire de ventilación ascendente y calentado interno y aumenta su velocidad dejando la abertura de descarga superior 124, aumentando así ventajosamente el efecto termosifón accionado naturalmente y la cantidad de aire de enfriamiento ambiental aspirado hacia el interior del recinto de contención de recipiente 100 para optimizar la disipación del calor generado por el recipiente 20. Las secciones 120a, 120b pueden fabricarse por separado y soldarse con sello juntas en el taller de fabricación del fabricante para formar una estructura de camisa de blindaje integrada y autoportante que puede levantarse y transportarse como una sola unidad. La porción superior de la cavidad superior 104 termina en un respiradero superior o abertura de descarga 124 definida en el extremo superior 126 de la camisa 120. La abertura superior está protegida por una tapa 125 que aún permite que el aire de enfriamiento calentado salga de la porción de blindaje superior 102, pero evita la entrada de residuos y lluvia en la camisa. La tapa 125 define una pluralidad de salidas de descarga de aire lateralmente abiertas 125a a través de las cuales el aire de enfriamiento calentado que asciende en el recinto de contención de recipiente 100 se descarga a la atmósfera.

Las paredes 121, 122 de la camisa de blindaje de bloqueo de radiación 120 pueden estar formadas de acero y, preferentemente, de acero inoxidable resistente a la corrosión en una realización. Sin embargo, se pueden usar otros metales estructurales adecuadamente fuertes. El acero es eficaz en el bloqueo de rayos gamma.

La capa intermedia 123 de la camisa 120 puede comprender material que contiene boro que es eficaz para desviar y atenuar la radiación de neutrones. En algunas realizaciones, la capa intermedia 123 puede estar formada de Holtite™ (un producto patentado de Holtec International de Camden, Nueva Jersey), que generalmente comprende polímero rico en hidrógeno impregnado con partículas de carburo de boro. Sin embargo, se pueden usar otros materiales que contienen boro y la invención no se limita al uso del producto patentado anterior. Las paredes metálicas 121, 122 protegen la capa intermedia 123 que puede ser más blanda y menos resistente al impacto. La capa intermedia 123 protege por tanto contra la transmisión directa de neutrones y, en algunas realizaciones, puede tener un espesor mayor que las paredes interiores o exteriores 121, 122. Se pueden incluir y usar otros materiales de bloqueo/atenuación de rayos gamma o de neutrones en la construcción de la camisa de blindaje de bloqueo de radiación 120, tal como, por ejemplo, sin limitación, plomo o cobre como algunos ejemplos no limitantes.

La porción de blindaje superior 102 está separada de y sellada a la porción de base inferior 101 en la junta circunferencial horizontal 107 por una junta anular plana 140 comprimida entre una placa de sello superior anular plana 142 de la porción de base inferior y una placa de sello inferior anular plana 141 de la porción de blindaje (que se muestra mejor en las figuras 9 y 10). Las placas de sello y la junta tienen preferentemente aproximadamente la misma anchura radial para formar un sello hermético al gas. Las placas de sello pueden estar formadas de un metal adecuado preferentemente resistente a la corrosión (p. ej., acero inoxidable) que está soldado a cada una de sus respectivas porciones inferior y superior 101, 102 en la junta. Se puede usar cualquier material de junta comercialmente disponible adecuado capaz de hacer un sello hermético a los gases en la junta 107 entre las placas de sello 141, 142 (p. ej., neopreno u otro). El peso de la porción de blindaje superior 102 mantiene la junta 140 en el estado comprimido.

El sistema de ventilación de aire de enfriamiento ambiental se describirá ahora adicionalmente. El sistema de ventilación de aire de enfriamiento incluye esencialmente: (1) un tubo de bajada anular 130 formado en la porción de

base inferior 101; (2) el tubo ascendente anular 132 formado colectivamente tanto en la base inferior como en las porciones de blindaje superior 101 entre el recipiente 20 y las porciones de base y de blindaje; (3) una pluralidad de entradas de aire superiores 133 separadas circunferencialmente formadas en la junta 107 entre las porciones de base inferior y de blindaje; (4) cámara impelente de entrada de aire superior 131 en comunicación fluida directa con las entradas de aire superiores y el tubo de bajada; (5) una pluralidad de pasos de intercambio de aire internos espaciados circunferencialmente 134 en la porción de base inferior 101 que están en comunicación fluida con la parte inferior tanto del tubo de bajada como del tubo ascendente para introducir aire de enfriamiento en la porción inferior de la cavidad inferior 103 de la porción de base; (6) la abertura de descarga superior 124 formada en la camisa de blindaje 120 de la porción de blindaje superior; y (7) aberturas de descarga superiores 125a formadas en la tapa 125. Estos componentes cooperan de manera fluida para atraer aire de enfriamiento ambiental al recinto de contención de recipiente 100 a través del efecto termosifón accionado por gravedad natural a medida que el aire calentado por el recipiente en el espacio de contención 105 del recinto crea la circulación o trayectoria del flujo de aire de enfriamiento mostrada por las líneas discontinuas de flujo de aire CA en la figura 9. El aire de enfriamiento disipa el calor emitido por el recipiente 20 de los residuos nucleares en descomposición almacenados en el receptáculo 30 en el mismo. Los detalles de las porciones anteriores del sistema de ventilación de aire de enfriamiento se describirán adicionalmente a continuación.

La cámara impelente de entrada de aire de enfriamiento 131 se forma en la junta de circunferencia 107 entre la porción de base inferior y la porción de blindaje superior 101, 102. El extremo inferior de la camisa de blindaje de bloqueo de radiación 120 puede tener una configuración escalonada hacia dentro como se muestra mejor en las figuras 9 y 10. Esto crea una región interior en la porción de cintura media del recinto de contención de recipiente 100 para definir la cámara impelente de entrada de aire superior anular 131 del sistema de ventilación de aire de enfriamiento. Esta porción de cintura y concomitantemente la cámara impelente de entrada de aire 131 están ubicadas por encima del nivel G de la plataforma de hormigón 50. En el caso de un viento predominante u otro relacionado con el clima, la cámara impelente de entrada permite ventajosamente que el aire ambiente circule alrededor del recinto de contención de recipiente 100 desde el lado de mayor presión de aire de barlovento hasta el lado de menor presión de aire de sotavento para garantizar una distribución uniforme del aire ambiente al tubo de bajada 130.

Para proteger en parte la cámara impelente de entrada de aire 131 de los residuos y la infiltración excesiva de lluvia, un faldón de entrada de aire almenado anular 145 está unido al extremo inferior de la pared exterior 122 de la camisa de blindaje 120. Por lo tanto, el faldón 145 encierra al menos parcialmente la cámara impelente de aire empotrada 131, que de otro modo estaría abierta hacia fuera. La pared exterior 122 de la camisa de blindaje 120 termina a una distancia vertical por encima de la parte superior de la carcasa exterior de la porción de base inferior 110, y este espacio es ocupado por el faldón 145. Por lo tanto, el faldón 145 puede tener el mismo diámetro exterior que la pared exterior 122 de la camisa 120 para formar una transición a ras entre la camisa y la porción de base inferior 101 como se muestra. En una realización, como se muestra mejor en la figura 10, una placa de anillo anular plana 147 puede soldarse al extremo inferior de la pared exterior 122. El extremo superior del faldón 145 está soldado a la placa anular.

El extremo inferior del faldón 145 definido por los extremos inferiores de las almenas 146 que se extienden hacia abajo puede soldarse en campo a su vez al extremo superior 149 de la carcasa exterior 110 de la porción de base inferior después de que la porción de blindaje superior 102 se coloque en la porción de base inferior 101 (véase, p. ej., la figura 10). Esto proporciona algunas ventajas. En primer lugar, esto estabiliza física y lateralmente el acoplamiento entre estas dos porciones para resistir las fuerzas que actúan lateralmente, tal como las que podrían crearse por un evento sísmico (p. ej., un terremoto). Rellenando el hueco o vacío vertical en la porción de cintura del recinto de contención de recipiente 100 creado por la cámara impelente de entrada de aire, el faldón 145 crea, por lo tanto, una estructura verticalmente continua entre la pared más exterior 122 de la camisa de blindaje 120 y la carcasa más exterior 110 de la porción de base inferior 101 para transmitir una porción del peso muerto de la camisa de blindaje superior a la porción de base inferior en la periferia del recinto de contención de recipiente 100. Además del acoplamiento entre la porción de base inferior 101 y la porción de blindaje superior 102 en la porción con junta interior de la junta 107, esto proporciona un acoplamiento externo secundario. Esto asegura además la estabilidad de la interfaz con junta interior entre la porción de base inferior 101 y la porción de blindaje superior 102. Por lo tanto, se puede considerar que la junta circunferencial 107 está tanto con juntas en su lado interior como soldada en su lado periférico exterior.

En la realización ilustrada, la pluralidad de entradas de aire superiores 133 están definidas por las áreas abiertas formadas entre las almenas 146 del faldón de entrada de aire 145; que representa cualquier función adicional del faldón. Las entradas de aire colocan la cámara impelente de entrada de aire 131 en comunicación fluida directa con el aire de enfriamiento ambiental. El tubo de bajada de aire de enfriamiento anular 130 está a su vez en comunicación fluida directa con la cámara impelente de entrada de aire 131. Las entradas de aire 133 están separadas circunferencialmente preferentemente alrededor de toda la circunferencia del recinto de contención de recipiente 100. Se pueden usar entradas de aire de cualquier forma adecuada, tal como poligonales (p. ej., rectangulares como se muestra) o no poligonales. Ventajosamente, el faldón de entrada de aire 145 está configurado para definir ambas entradas de aire 133 mientras que las almenas del faldón tienen un propósito estructural para distribuir una porción de la carga de peso de la camisa de blindaje 120 a la carcasa exterior 110 de la porción de base inferior 101. En una realización, el faldón de entrada de aire anular 145 puede ser circular y de estructura circunferencialmente continua.

Una pared de anillo anular 148 que tiene una altura mayor que el espesor radial cierra la porción interior o lateral de la cámara impelente de entrada de aire 131. La pared anular 148 puede soldarse con sello a la placa anular 147 en la parte superior y a la placa de sello 141 de la camisa de blindaje 120 en la parte inferior (véase, p. ej., la figura 10). El hueco radial R3 formado entre la pared anular 148 y la pared más interior 121 de las carcasas conjugadas de la porción de blindaje superior 101 se rellena con el mismo material de blindaje contra la radiación contiguo de la capa intermedia 123. Esto garantiza que la cámara impelente de aire de entrada 131 y las entradas de aire 133 protejan contra la radiación en línea recta que fluye desde el recipiente 20 al entorno ambiental desde el área de cintura del recinto de contención de recipiente 100. En la realización preferida ilustrada, la pared anular 148 y la pared más interior 121 de la camisa de blindaje 120 están separadas radialmente por la misma distancia radial (definida por el hueco R3) que la distancia radial (definida por el hueco R2) entre el par de carcasas conjugadas 111, 112 de la porción de base inferior 101. Esto asegura tanto la distribución uniforme de la carga de peso desde la porción de blindaje superior 102 a la porción de base inferior 101 como la compresión de la junta 140.

Los pasos de intercambio de aire internos 134 en una realización pueden formarse colectivamente mediante orificios pasantes alineados radialmente en las carcasas conjugadas emparejadas 111, 112 de la porción de base inferior 101. Preferentemente, los pasos 134 están formados en el extremo inferior terminal de las carcasas 111, 112 para introducir aire de enfriamiento en el punto más bajo posible del espacio de contención de recipiente 105 del recinto de contención de recipiente 100 en la placa base 106 de la porción de base inferior 101. Los pasos 134 están separados circunferencialmente y pueden tener cualquier forma poligonal o no poligonal adecuada. En la realización ilustrada no limitante, los pasos 134 están abiertos hacia abajo de modo que la placa base 106 formó el lado inferior de los pasos. Los pasos de intercambio de aire permiten que el aire que desciende al tubo de bajada 130 sea aspirado radialmente hacia dentro en el espacio de contención de recipiente 105 y entre en el extremo inferior del tubo ascendente de aire de enfriamiento 132 para un enfriamiento óptimo del recipiente 20.

El tubo ascendente de aire de enfriamiento anular 132 está formado en el espacio de contención 105 del recinto de contención de recipiente 100 por el hueco radial creado entre el recipiente 20 y la pared o carcasa más interior de la porción de blindaje superior 102 y la porción de base inferior 101 como se muestra mejor en la figura 9. Por consiguiente, el diámetro interior del recinto de contención es preferentemente mayor que el diámetro exterior del recipiente en una cantidad seleccionada para que sea la anchura radial del tubo ascendente anular. El tubo ascendente 132 termina en la parte superior para formar una cámara impelente de aire de descarga común 135 entre la parte superior del recipiente 20 y el extremo superior 126 de la camisa de blindaje 120 de la porción de blindaje superior 102. La cámara impelente 135 adopta una forma troncocónica debido a la forma de la sección troncocónica 120b de la camisa 120. Como se indica en otra parte del presente documento, la forma de conversión hacia arriba de la cámara impelente de aire de descarga se concentra y aumenta la velocidad del aire ascendente calentado por el recipiente para accionar eficazmente el termosifón (también conocido como efecto chimenea) que optimiza el enfriamiento del recipiente.

En funcionamiento, con referencia a las líneas de flujo de aire de enfriamiento CA en la figura 9, el aire a temperatura ambiente se aspira radialmente hacia dentro y a través de las entradas de aire superiores 133 y fluye radialmente hacia la cámara impelente de entrada de aire de enfriamiento 131 desde todos los lados del recinto de contención de recipiente 100. A continuación, el aire se aspira verticalmente hacia abajo en el tubo de bajada 130 hasta la parte inferior del recinto 100. El aire fluye radialmente hacia dentro a través de los pasos de intercambio de aire 134 hacia el espacio de contención 105 e invierte la dirección que fluye verticalmente hacia arriba en el tubo ascendente 132 a lo largo de los lados del recipiente 20 a medida que se calienta por el recipiente 20. El aire ascendente ahora calentado se acumula en la cámara impelente de descarga 135 por encima del recipiente a través de la abertura de descarga superior 124, entra en la tapa 125 y se descarga radial/lateralmente hacia fuera desde la misma a través de las múltiples salidas de descarga de aire 126a de vuelta a la atmósfera. Cabe señalar que este sistema de enfriamiento por aire accionado naturalmente enfría el recipiente que puede no ser un diseño ventilado como se muestra. El recipiente, que contiene el receptáculo SNF 30 que contiene los residuos nucleares, emite calor de descomposición que debe dispersarse para proteger la integridad estructural tanto del recipiente como del receptáculo.

En el diseño del sistema de ventilación de aire de enfriamiento anterior, cabe señalar que no existe una línea de visión recta desde el espacio de contención 105 dentro del recinto de contención de recipiente 100 hasta el entorno exterior a través de las entradas de aire 133 o las salidas de descarga de aire 125a en la tapa 125. La tapa 125 termina en la parte superior con una cubierta 125b para eliminar una línea de visión recta en la dirección vertical desde la parte superior del recipiente 20 hasta la atmósfera.

También es notable que el sistema de ventilación de aire de enfriamiento, y particularmente la cámara impelente de entrada de aire 131 y las entradas de aire 133, solo se forman completamente y se completan para su funcionamiento una vez que la camisa de blindaje superior 120 se coloca en la porción de base inferior 101 incrustada en la plataforma de hormigón 50.

A continuación se resumirá brevemente un método o proceso para proporcionar blindaje contra la radiación para un recipiente 20 que contiene un recipiente de residuos nucleares 30 usando el recinto de contención de recipiente 100. Se hace referencia general a las figuras 1-14 en la descripción que sigue, con referencia a figuras específicas indicadas según sea necesario.

El método comienza con la etapa de incrustar en primer lugar la porción de base inferior 101 del recinto de contención de recipiente 100 en la plataforma de hormigón 50. Esta etapa en algunas implementaciones puede incluir subetapas que incluyen un proceso de dos vertidos para formar la plataforma de hormigón. Esto incluye primero verter/formar una sección de cimentación inferior de parte superior plana 50a de la plataforma de hormigón (referencia a la figura 7). Esto proporciona un soporte temporal para la porción de base inferior 101. Seguidamente, la porción de base inferior 101 se coloca entonces en la parte superior de la sección de cimentación vertida. La placa base 106 de la porción de base inferior 101 descansa directamente sobre la sección de cimentación como se muestra. Seguidamente, se realiza un segundo vertido creando una sección superior 50b de la plataforma de hormigón 50 que incrusta la porción de base inferior 101 del recinto de contención de recipiente 100. La sección superior 50b se vierte a una profundidad tal que el nivel final G de la plataforma de hormigón 50 permanece por debajo de las entradas de aire de enfriamiento 133, manteniendo así las entradas expuestas. Cabe señalar que debido a su incrustación, la porción de base inferior 101 preferentemente no tiene aberturas laterales para evitar que el hormigón sin endurecer entre en la porción de base. La parte expuesta de la carcasa exterior 110 de la porción de base inferior 101 tiene preferentemente una altura suficiente seleccionada para evitar que la escorrentía entre en las entradas de aire 133.

El método o proceso principal continúa bajando y colocando el recipiente 20 que contiene el receptáculo 30 con residuos nucleares WV en el interior de la cavidad inferior abierta hacia arriba 103 de la porción de base inferior 101. La junta anular 140 puede colocarse en la placa de sello anular 142 de la porción de base inferior 101 antes o después de colocar el recipiente en la porción de base inferior.

A continuación, el proceso continúa colocando la porción de blindaje superior 102 (es decir, la camisa de blindaje 120) sobre el recipiente y encima de la porción de base inferior incrustada 101 del recinto de contención de recipiente 100. Durante el proceso, la junta 140 en la junta circunferencial 107 está comprimida entre la porción de base inferior y la porción de blindaje superior (es decir, entre la placa de sello 142 de la porción de base inferior y la placa de sello 141 de la porción de blindaje superior). Las almenas 146 del faldón de entrada de aire 145, que preferentemente ya está soldado en taller sobre la camisa de blindaje 120, se acoplan simultáneamente a tope con la carcasa exterior 110 de la porción de base inferior 101. Las almenas pueden soldarse a continuación a la carcasa 110. Cabe señalar que las orejetas de elevación 150 (representadas esquemáticamente en la figura 5) de cualquier configuración adecuada pueden soldarse a la porción de base inferior 101 y a la porción de blindaje superior 102 para facilitar el levantamiento de estas partes del recinto de contención de recipiente 100 con un tractor de oruga de transporte de recipientes, grúa u otro equipo de elevación adecuado.

El proceso simple anterior blindará eficazmente el recipiente 20. El sistema de ventilación de enfriamiento por aire convectivo natural se activa automáticamente por el calor emitido desde el recipiente una vez encerrado en el recinto de contención de recipiente 100 ahora completamente ensamblado.

La figura 15 muestra un ejemplo de una ISFSI (instalación de almacenamiento de combustible gastado independiente) completa que comprende una matriz de recintos de contención de recipiente 100 de acuerdo con la presente divulgación. Los pasillos vacíos formados entre las filas de los recintos solo necesitan ser lo suficientemente anchos como para permitir que las orugas o ruedas del tractor de oruga de recipiente se extiendan a horcajadas sobre cada recinto para cargar primero el recipiente en las porciones de base inferiores 101 previamente incrustadas, y colocar las porciones de blindaje superiores 102 sobre las mismas. Esto permite que los recintos de contención de recipiente se empaqueten herméticamente en una matriz en la plataforma de hormigón 50. La plataforma puede formarse como una única estructura de hormigón grande formada al mismo tiempo, o en múltiples secciones formadas a lo largo del tiempo a medida que se necesita espacio de almacenamiento de recipiente adicional.

Se pueden atribuir numerosas ventajas al recinto de contención de recipiente de dos piezas 100. Por ejemplo, el sistema de dos partes que se ensambla en el campo hace que sea más fácil manipular y transportar cada una de la porción de base inferior 101 y la porción de blindaje superior 102 individualmente en lugar de como un recinto de almacenamiento de recipiente de un solo recinto fabricado en taller más grande con una cubierta de cierre superior circular. En otro aspecto, múltiples porciones de base inferiores 101 formadas por las carcasas metálicas coaxiales cilíndricas descritas anteriormente en el presente documento pueden preinstalarse e incrustarse en la plataforma de hormigón 50 mucho antes de almacenar cualquier SNF u otros residuos de radiación de alto nivel en la ISFSI. Por lo tanto, la ISFSI está preparada para aceptar recipientes 20 que contienen los residuos nucleares en cualquier momento posterior cuando sea necesario de acuerdo con el método descrito anteriormente en el presente documento. Las porciones de base inferiores preinstaladas 101 pueden taparse temporalmente para evitar la entrada de agua de lluvia hasta que se necesite el espacio de almacenamiento de recipiente. De forma adicional, dado que la porción de base inferior 101 recibe el beneficio del blindaje contra la radiación proporcionado por la plataforma de hormigón 50, no se requieren materiales de blindaje contra la radiación adicionales para esta unidad inferior, lo que reduce el coste total del recinto de almacenamiento de recipiente.

Aunque la descripción y los dibujos anteriores representan algunos sistemas de ejemplo, se entenderá que varias adiciones, modificaciones y sustituciones se pueden realizar en los mismos sin apartarse del alcance de la invención según se reivindica en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de recinto de contención de dos piezas (100) para blindar un recipiente de residuos nucleares (20) que comprende:
 - 5 una porción de base inferior (101) al menos parcialmente incrustada en una plataforma de hormigón (50), comprendiendo la porción de base inferior una placa base (106) que soporta una pluralidad de carcasas alineadas coaxialmente que definen una cavidad inferior (103);
 - 10 una porción superior de blindaje contra la radiación (102) acoplada y soportada por la porción de base inferior (101), definiendo la porción superior de blindaje contra la radiación una cavidad superior (104) y estando completamente expuesta por encima de la plataforma de hormigón (50);
 - comprendiendo la porción superior de blindaje contra la radiación (102) un material de blindaje contra la radiación
 - 15 configurado para bloquear la radiación gamma y de neutrones;
 - definiendo colectivamente las cavidades inferior y superior (103, 104) un espacio de contención contiguo (105) configurado para contener el recipiente (20);
 - 20 teniendo el recipiente (20) una altura (H3);
 - comprendiendo la porción de base inferior (101) una altura (H1) y comprendiendo la porción superior de blindaje contra la radiación (102) una altura (H2);
 - 25 en donde cada una de la altura (H1) de la porción de base inferior (101) y la altura (H2) de la porción superior de blindaje contra la radiación (102) es menor que la altura (H3) del recipiente (20);
 - en donde la porción superior de blindaje contra la radiación (102) está acoplada y sellada a la porción de base inferior (101) en una junta circunferencial horizontal (107);
 - 30 en donde las porciones de base inferior y superior de blindaje contra la radiación (101, 102) encierran el recipiente (20).
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el material de blindaje contra la radiación comprende boro; en donde la porción superior de blindaje contra la radiación (102) tiene una construcción de pared lateral compuesta que comprende una pared exterior (121), una pared interior (122) y una capa intermedia (123) intercalada entre las mismas que comprende el boro; y en donde las paredes exterior e interior están formadas de acero.
3. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la porción superior de blindaje contra la radiación (102) comprende una sección de pared lateral cilíndrica recta (120a) y una sección de pared superior troncocónica (120b) que termina en una abertura superior (124) protegida por una tapa (125).
4. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la porción superior de blindaje contra la radiación (102) está sellada a la porción de base inferior (101) en la junta circunferencial horizontal (107) por una junta anular (140) comprimida entre una placa de sello superior anular (142) de la porción de base inferior (101) y una placa de sello inferior anular (141) de la porción superior de blindaje contra la radiación (102), y en donde la junta anular está separada radialmente hacia dentro desde una superficie exterior del recinto de contención de recipiente (100).
5. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además un sistema de ventilación de aire de enfriamiento ambiente que comprende un tubo de bajada anular (130) formado en la porción de base inferior (101), y un tubo ascendente anular (132) formado colectivamente en las porciones de base inferior y superior de blindaje contra la radiación entre el recipiente (20) y las porciones de base inferior y superior de blindaje contra la radiación.
6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el sistema de ventilación comprende además:
 - una pluralidad de entradas de aire superiores (133) separadas circunferencialmente en la junta circunferencial (107) entre la porción de base inferior y la porción superior de blindaje contra la radiación;
 - una cámara impelente de entrada de aire superior anular (131) en comunicación fluida con las entradas de aire superiores (133) y el tubo de bajada (130);
 - una pluralidad de pasos de intercambio de aire (134) espaciados circunferencialmente en una parte inferior de la porción de base inferior, los pasos en comunicación fluida con el tubo de bajada (130) y el tubo ascendente (132); y

una abertura de descarga superior (124) formada en la porción superior de blindaje contra la radiación (102) en comunicación fluida con el tubo ascendente (132);

en donde el sistema de ventilación define una vía de aire de ventilación natural impulsada por convección en la que el aire entra en las entradas de aire superiores (133) en una dirección lateralmente hacia dentro, fluye hacia abajo en el tubo de bajada (130) a los pasos de intercambio de aire (134), invierte la dirección y fluye hacia arriba en el tubo ascendente (132) hasta la abertura de descarga superior (124).

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 6, en donde un extremo inferior de la porción superior de blindaje contra la radiación tiene una configuración almenada que define las entradas de aire superiores (133).

8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además un faldón de entrada de aire anular almenado (145) soldado a un extremo inferior de la porción superior de blindaje contra la radiación (102) que comprende una pluralidad de almenas separadas circunferencialmente, y en donde los extremos inferiores de las almenas están soldados a un extremo superior (149) de la porción de base inferior.

9. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en donde la cámara impelente de entrada de aire superior anular (131) está ubicada en la junta circunferencial (107) y está rebajada dentro de la porción superior de blindaje contra la radiación (102), y en donde la junta circunferencial comprende una junta anular (140) ubicada dentro de la cámara impelente de entrada de aire anular.

10. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, que comprende además una cámara impelente de descarga de forma troncocónica (135) ubicada en la porción superior de blindaje contra la radiación (102) por encima del recipiente (20), y en donde no existe una línea de visión recta a través de las entradas de aire superiores hacia el exterior para evitar la transmisión de radiación en línea recta.

11. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde el espacio de contención (105) está configurado para contener no más de uno del recipiente (20), y en donde el recipiente contiene un receptáculo de combustible nuclear gastado (30) en el mismo que contiene los residuos nucleares.

12. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde las carcasas de la porción de base inferior (101) comprenden una carcasa exterior (110) y un par de carcasas conjugadas (111, 112) separadas radialmente hacia dentro de la misma por una distancia (R1) mayor que un hueco radial (R2) formado entre las carcasas conjugadas.

13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en donde un extremo inferior de la porción superior de blindaje contra la radiación (102) comprende una porción escalonada rebajada hacia dentro que incluye un par de paredes conjugadas (121, 148) separadas radialmente por un hueco radial (R3) igual que el hueco radial (R3) entre las carcasas conjugadas (111, 112) de la porción de base inferior (101), y que comprende además una primera placa de sello anular (141) unida a las paredes conjugadas y una segunda placa de sello anular (142) unida a las carcasas conjugadas, y una junta anular (140) comprimida entre la primera y la segunda placa de sello anulares.

14. Una instalación de almacenamiento de residuos nucleares que comprende una pluralidad de recintos de contención (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

15. Un método para proporcionar blindaje contra la radiación para un recipiente (20) que contiene un receptáculo de residuos nucleares, comprendiendo el método:

incrustar al menos parcialmente una porción de base abierta hacia arriba (101) en una plataforma de hormigón (50);

bajar el recipiente (20) en una cavidad inferior abierta hacia arriba (103) de la porción de base (101);

colocar una camisa de blindaje (120) sobre el recipiente (20); y

acoplar a tope la camisa de blindaje (120) con la porción de base (101) formando una junta circunferencial (107) entre medias;

teniendo el recipiente (20) una altura (H3);

comprendiendo la porción de base (101) una altura (H1) y comprendiendo la camisa de blindaje (120) una altura (H2);

en donde cada una de la altura (H1) de la porción de base (101) y la altura (H2) de la camisa de blindaje (120) es menor que la altura (H3) del recipiente (20);

en donde el recipiente (20) está completamente encerrado por la camisa de blindaje (120) y la porción de base (101).

- 5 16. El método de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la etapa de acoplamiento a tope incluye además comprimir una junta (140) entre la porción de base (101) y la camisa de blindaje (120) en la junta circunferencial (107), y en donde la junta está separada radialmente hacia dentro de las superficies exteriores de la camisa de blindaje y la porción de base en la junta circunferencial, y que comprende además soldar las superficies exteriores de la camisa de blindaje a la porción de base en la junta circunferencial.
- 10 17. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15-16, en donde una pluralidad de entradas de aire de enfriamiento (133) separadas circunferencialmente y abiertas lateralmente están formadas en la junta circunferencial (107) por la etapa de acoplamiento a tope, en donde las entradas de aire están definidas por áreas abiertas de un faldón almenado (145) unido a un extremo inferior de la camisa de blindaje (120), y en donde las
- 15 18. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15-17, en donde el escalón de acoplamiento a tope forma además una cámara impelente anular rebajada hacia dentro (131) en la junta circunferencial (107).
- 20 19. El método de acuerdo con la reivindicación 15, en donde las entradas de aire (133) están en comunicación fluida directa con una porción superior de un tubo de bajada anular periférico (130) en la porción de base (101), el tubo de bajada en comunicación fluida con la cavidad inferior (103) de la porción de base a través de una pluralidad de pasos de intercambio de aire espaciados circunferencialmente (134) formados radialmente a través de una carcasa más interior (112) de la porción de base.
- 25 20. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15-19, en donde la etapa de descenso da como resultado que el recipiente (20) sobresalga hacia arriba fuera de la cavidad inferior (103) de la porción de base (101).
- 30 21. El método de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la camisa de blindaje (120) comprende un material de bloqueo de radiación que contiene boro (123); en donde el material de bloqueo de radiación está intercalado entre un par de carcasas metálicas (121, 122), y en donde la camisa de blindaje comprende una sección troncocónica (120b) acoplada a una sección cilíndrica (120a) que se acopla a tope con la porción de base (101).

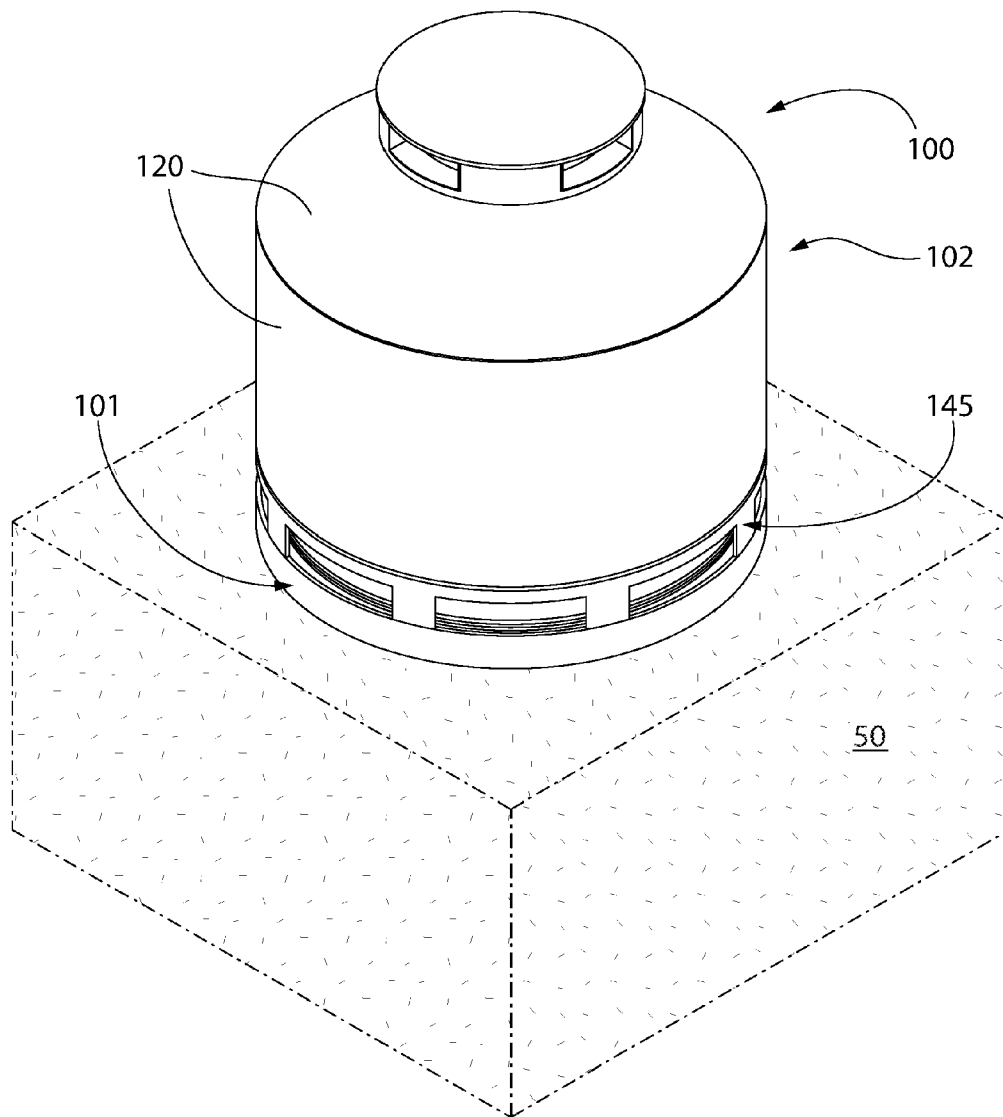


FIG. 1

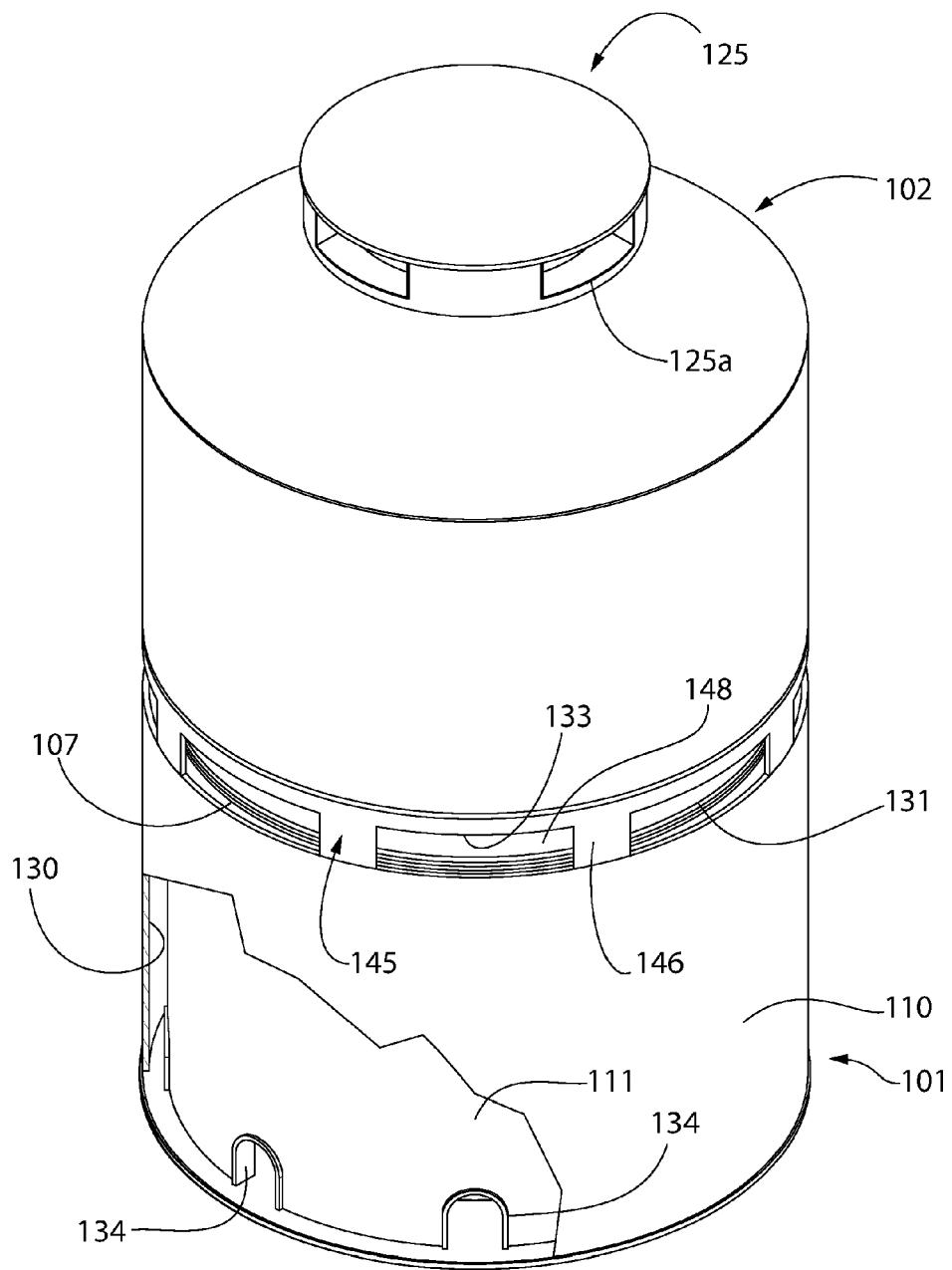


FIG. 2

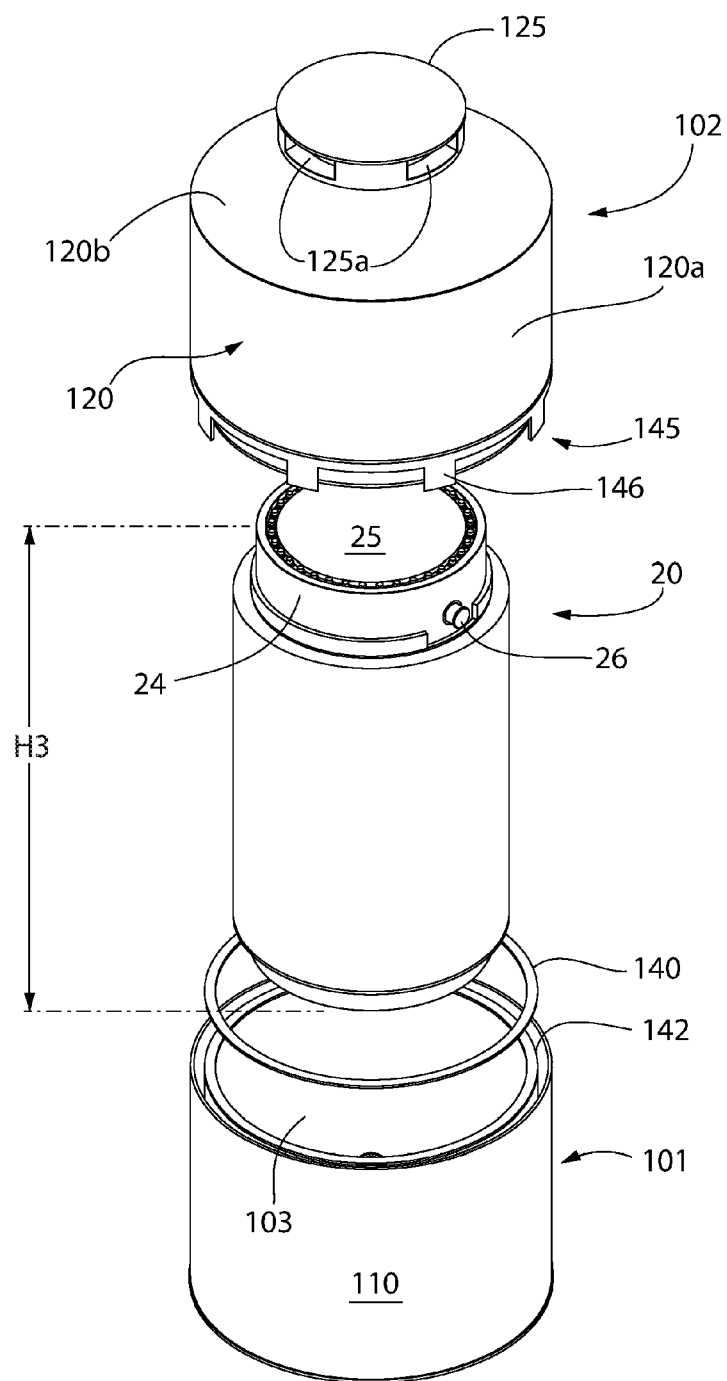


FIG. 3

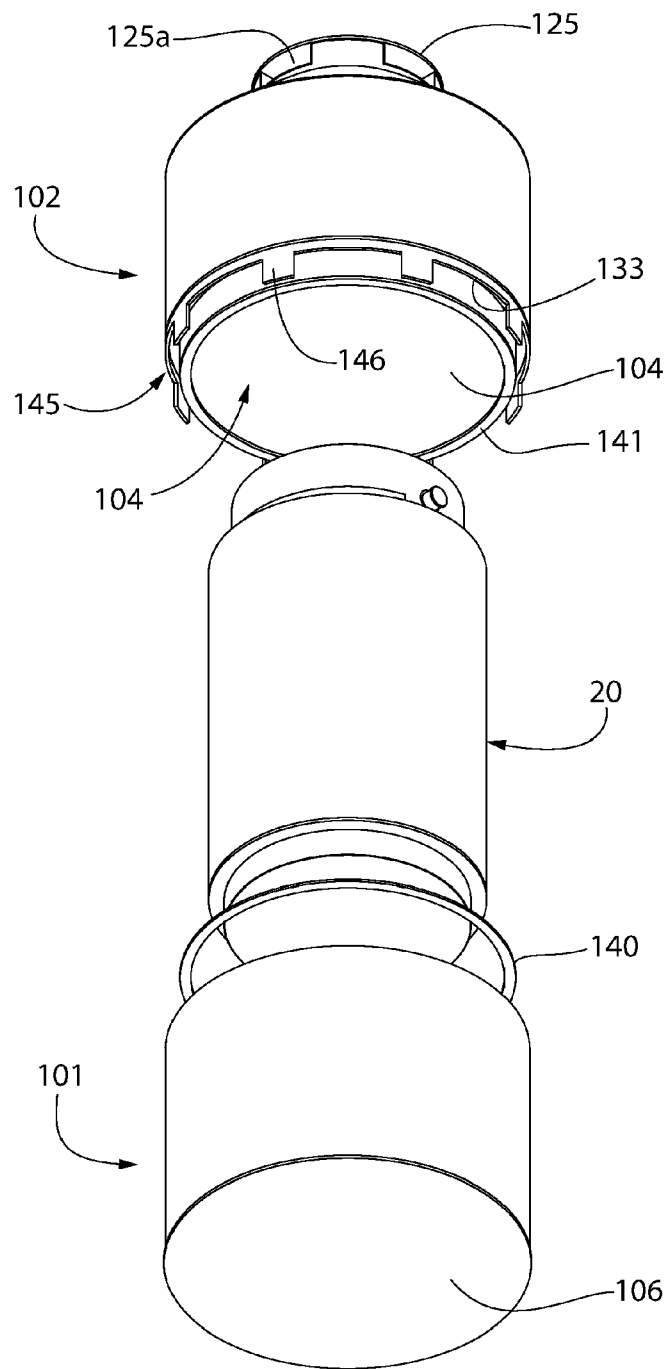
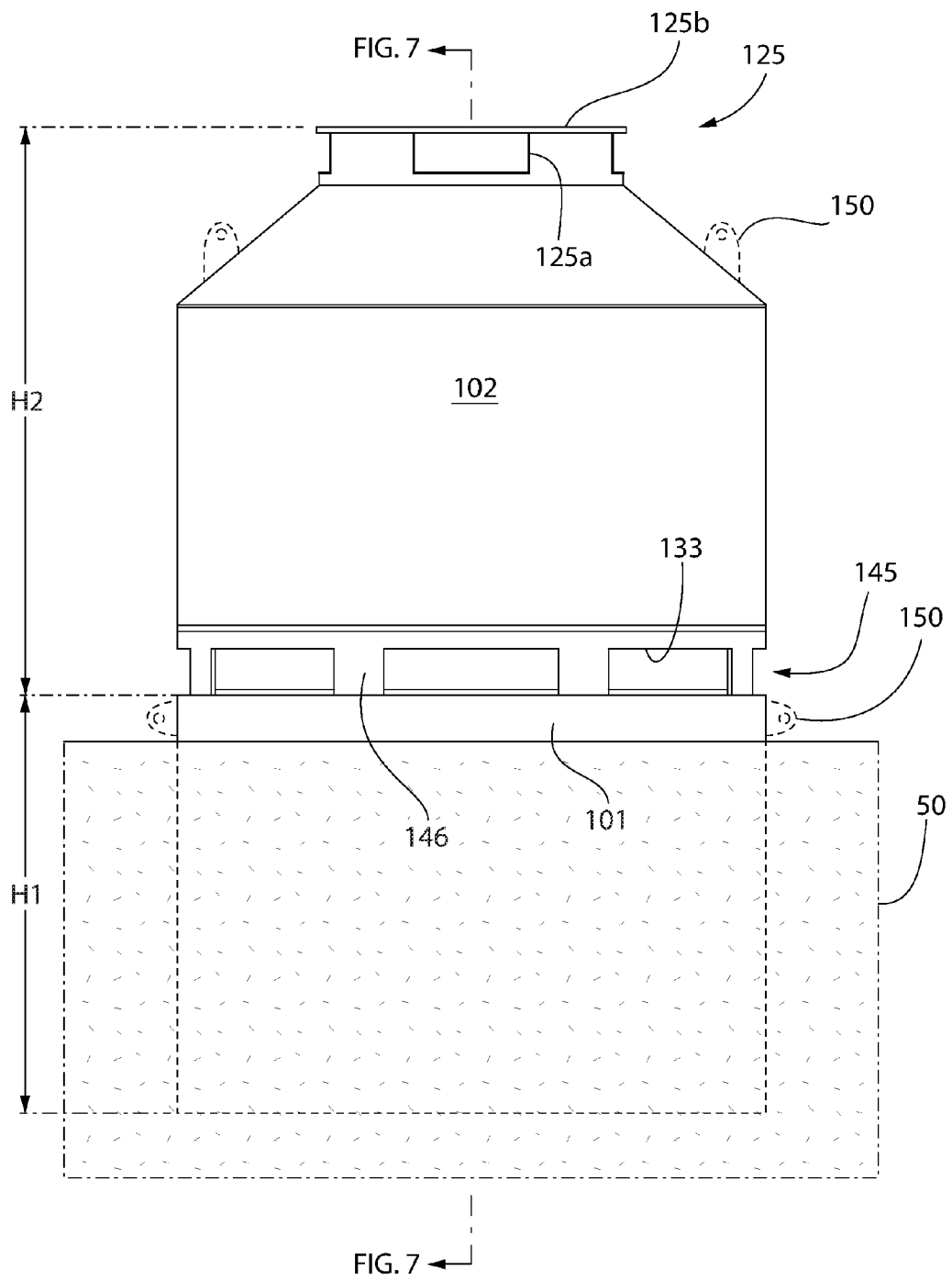


FIG. 4



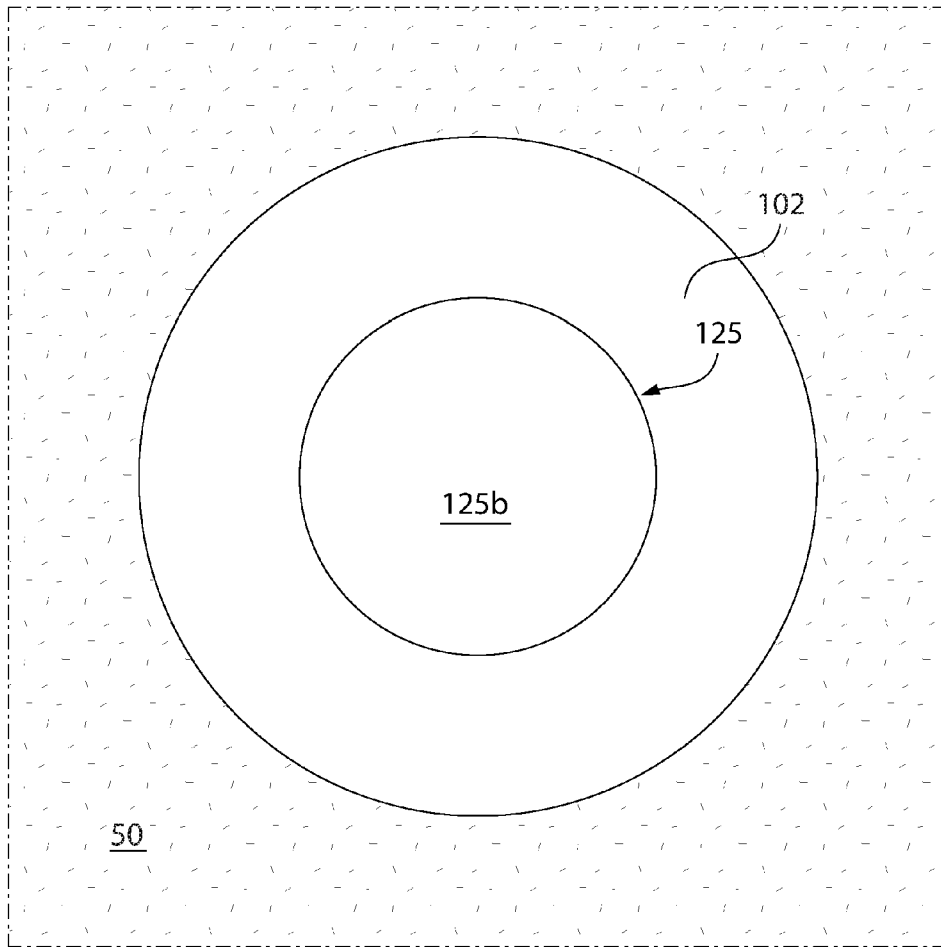


FIG. 6

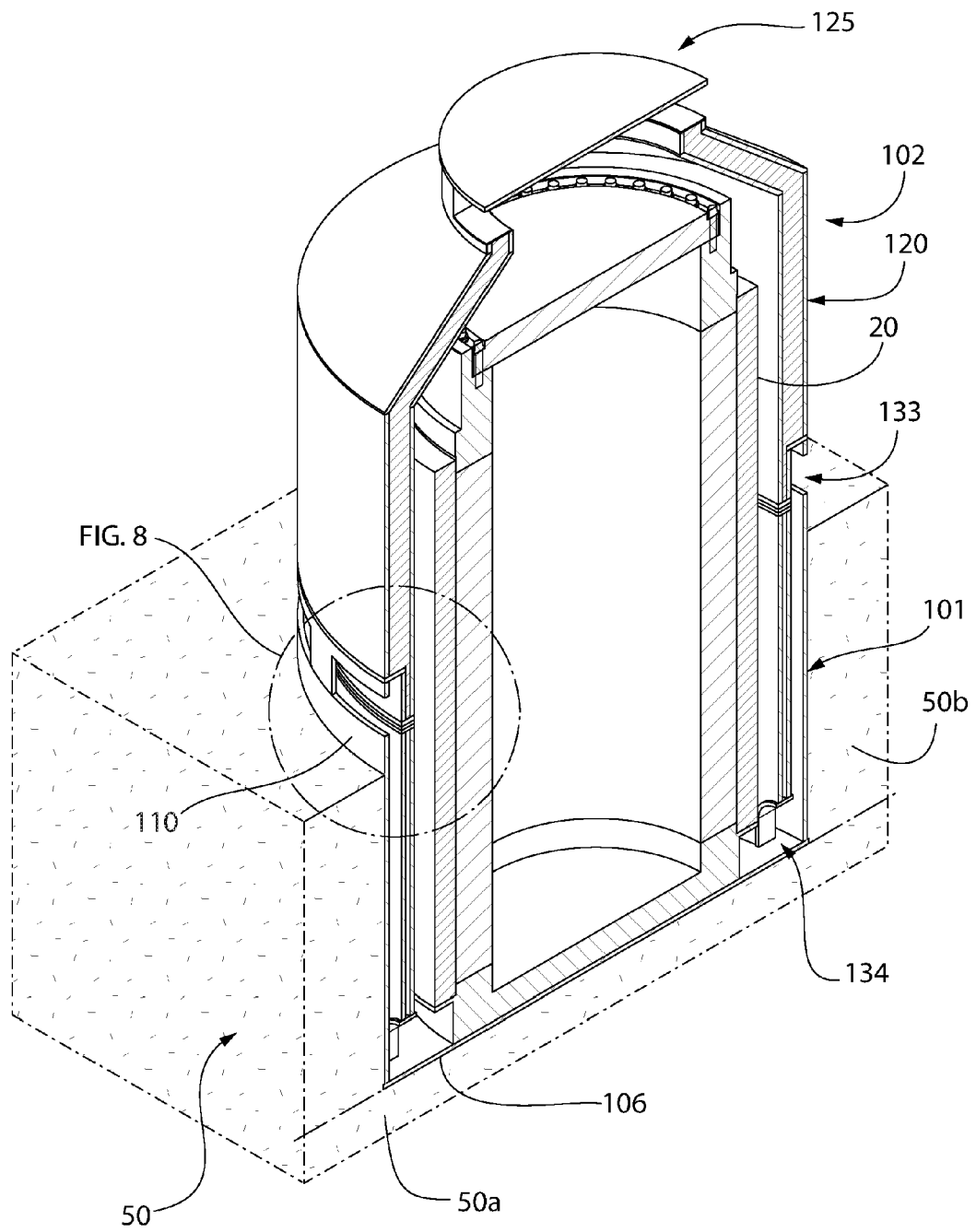


FIG. 7

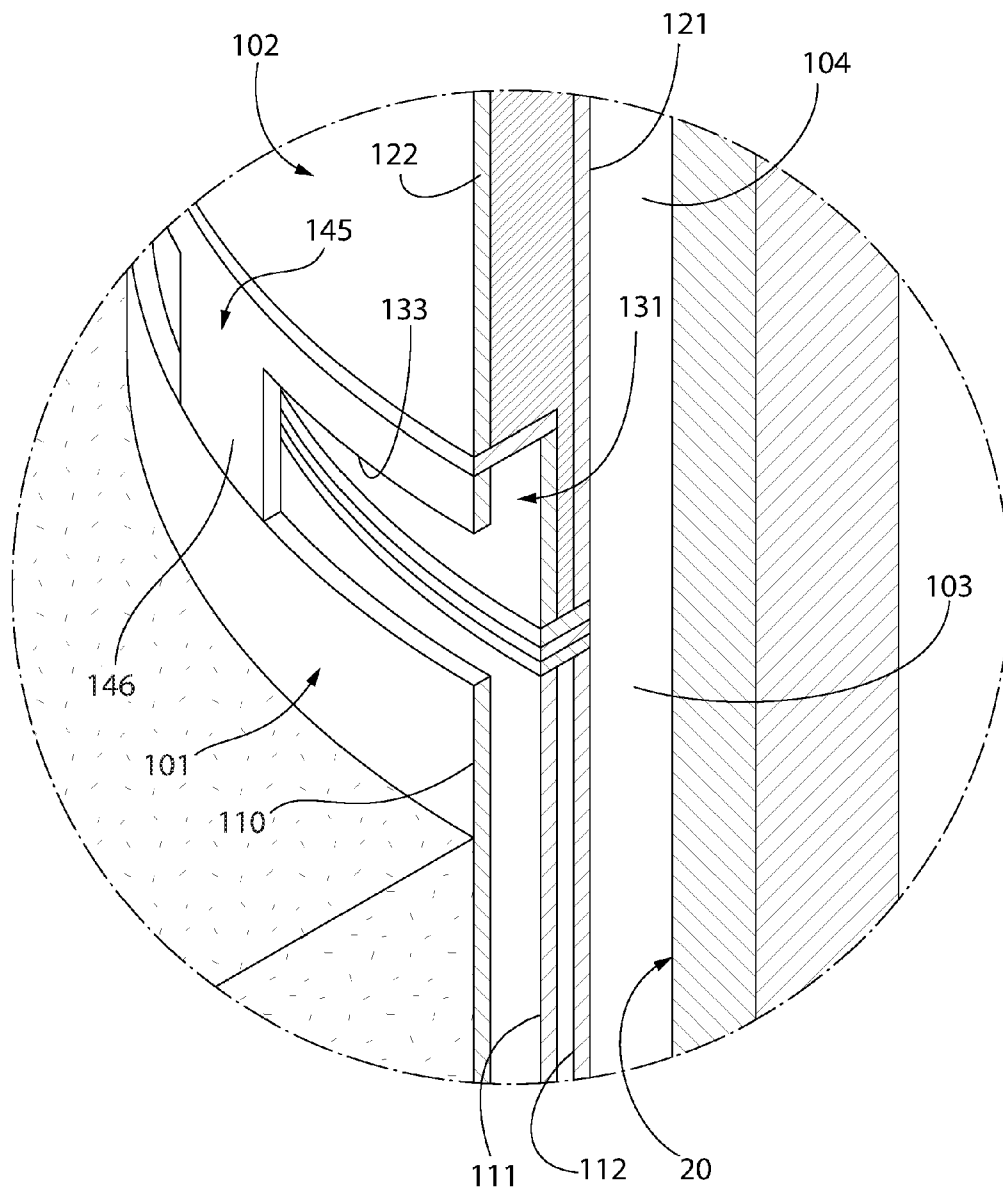


FIG. 8

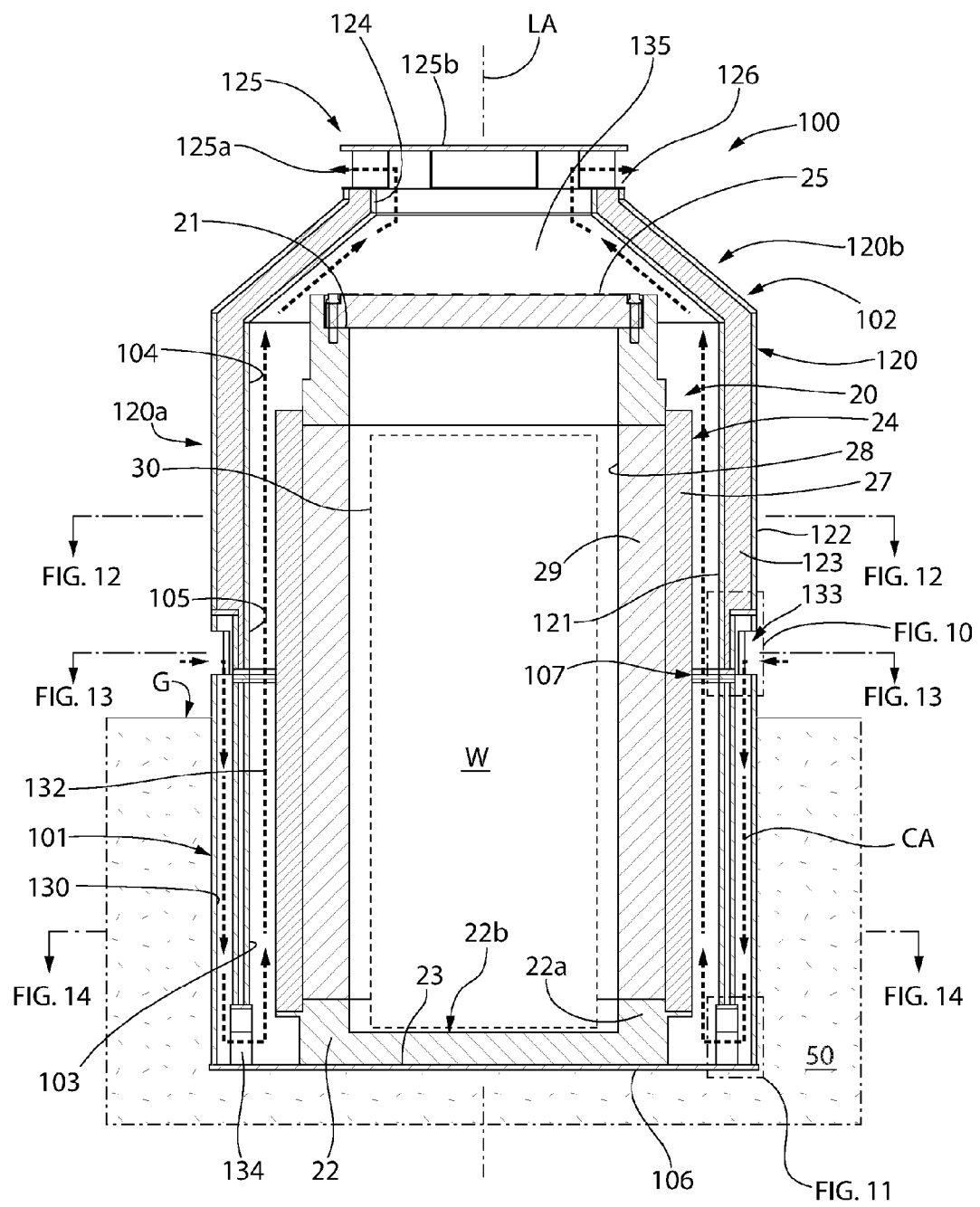


FIG. 9

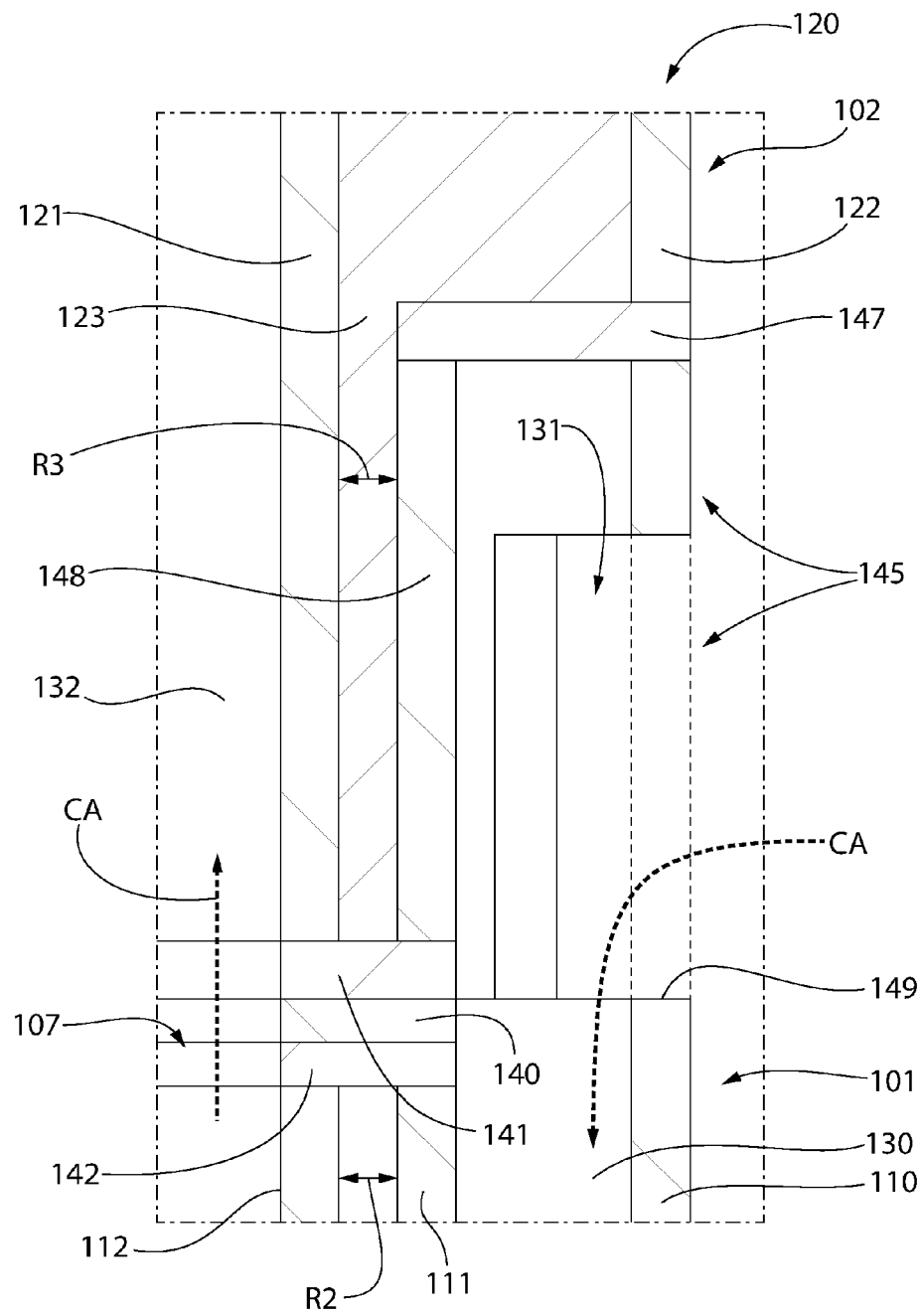


FIG. 10

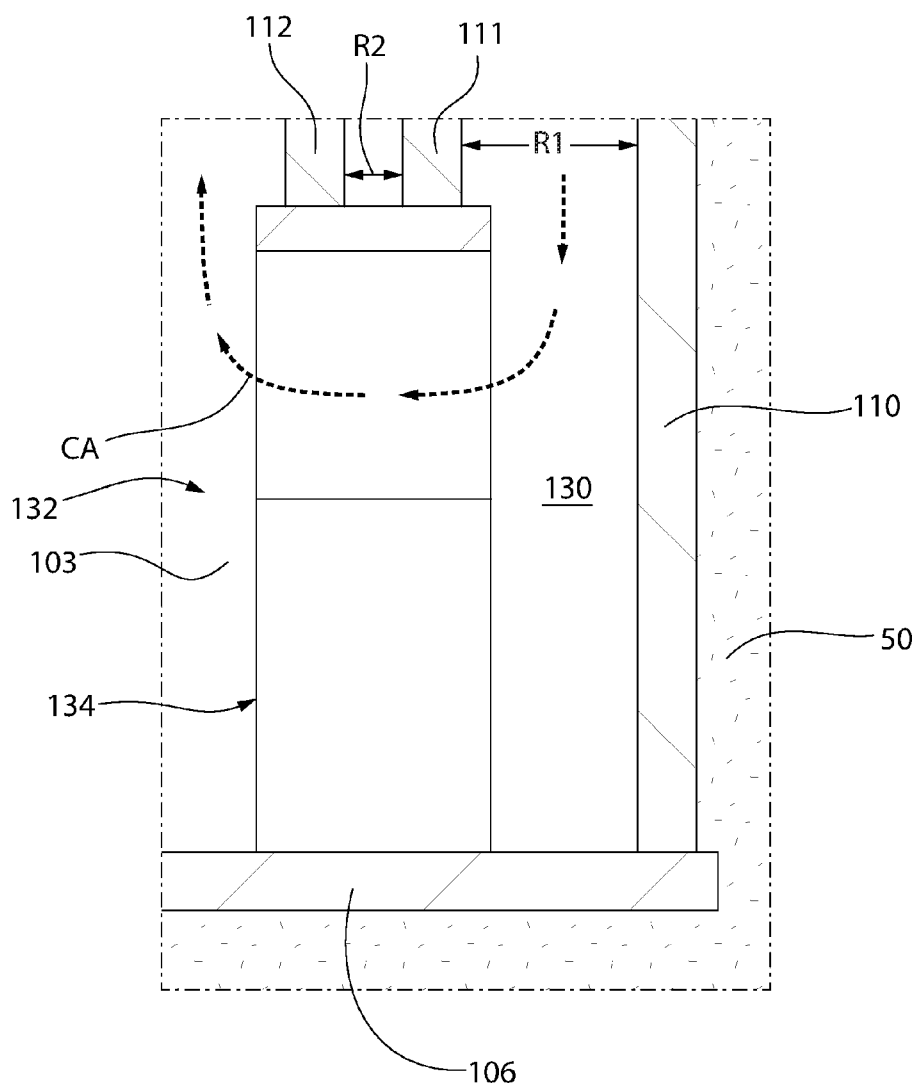


FIG. 11

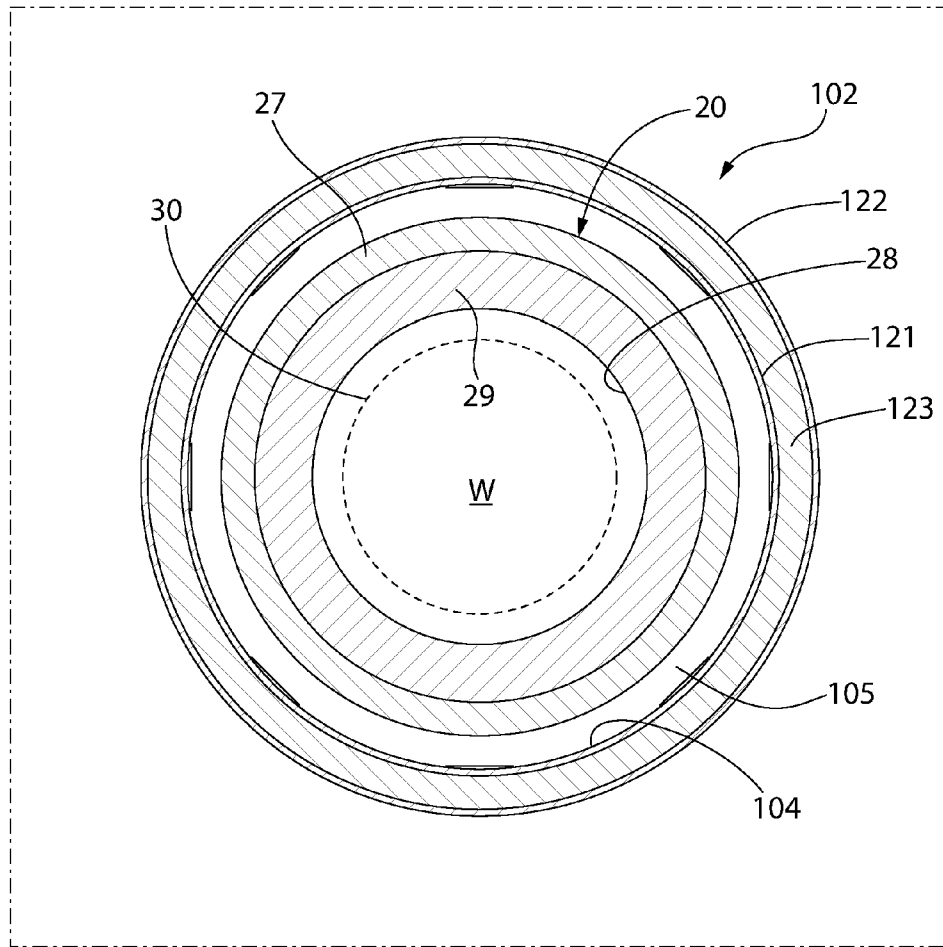


FIG. 12

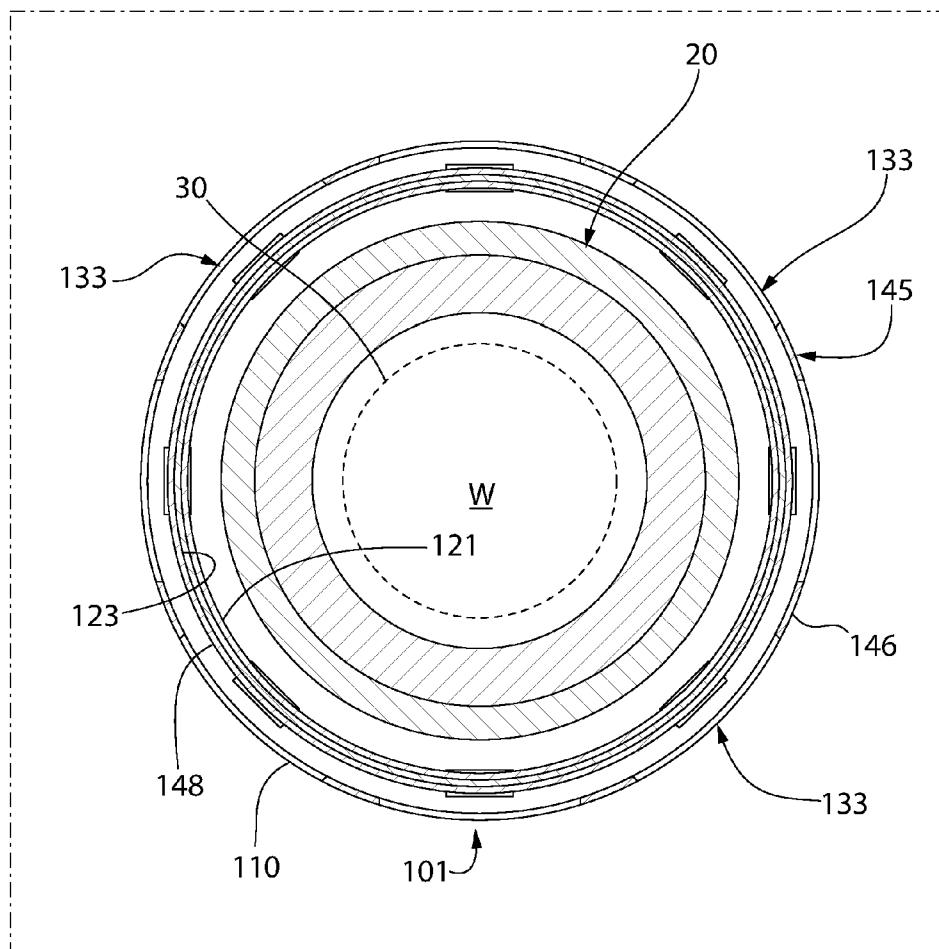


FIG. 13

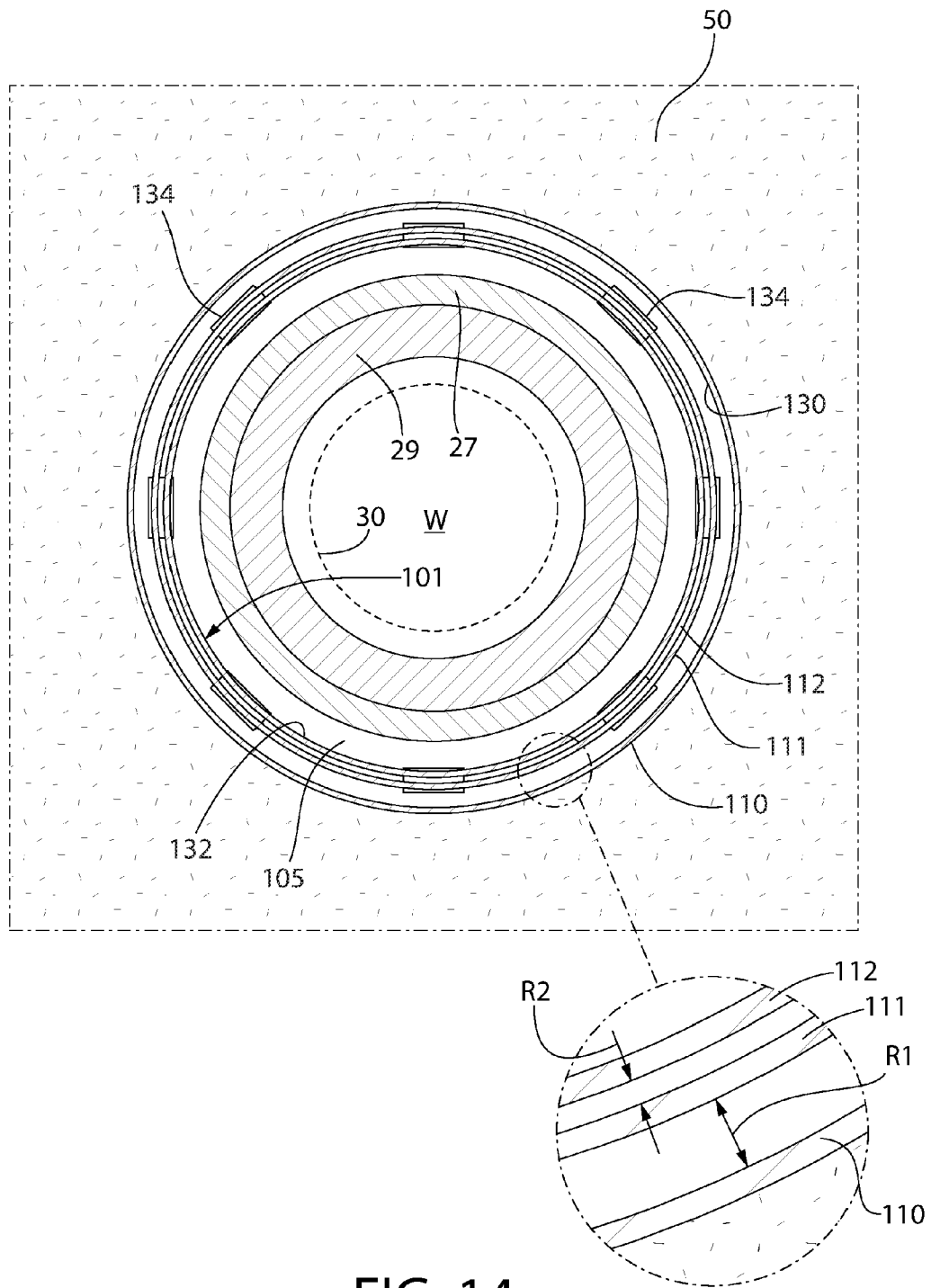


FIG. 14

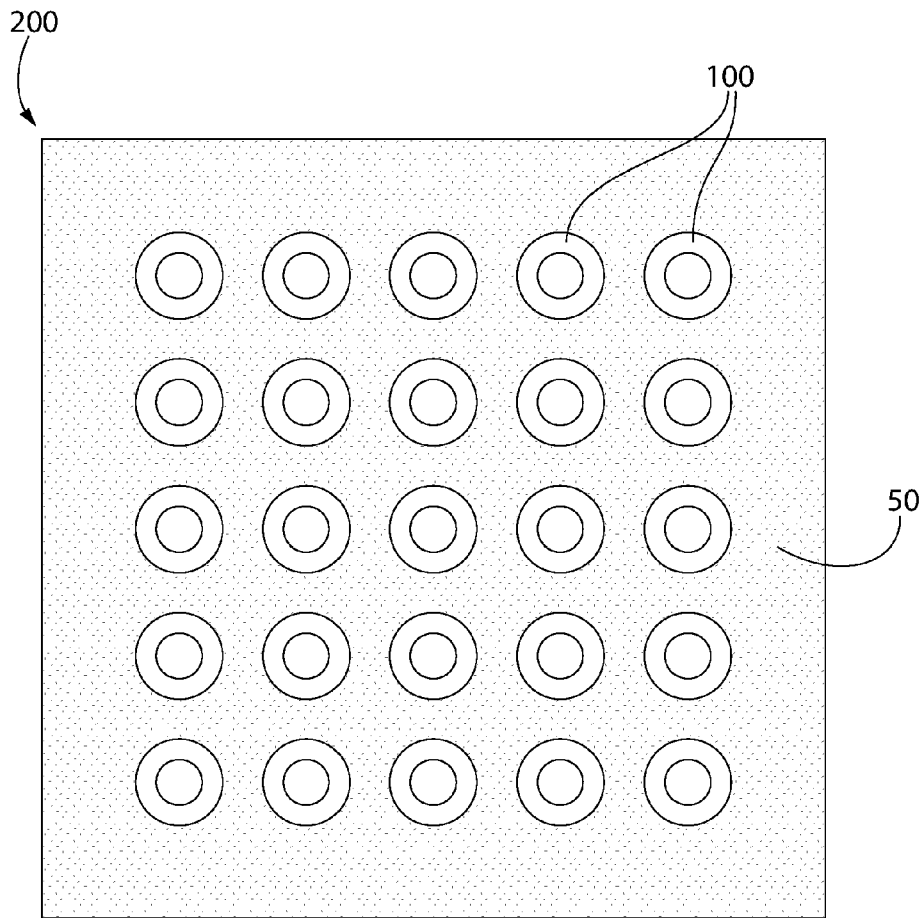


FIG. 15