

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 225**

51 Int. Cl.:

B01D 29/01 (2006.01)

B65D 90/22 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

G21C 9/012 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2013 PCT/US2013/075051**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14099668**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2013 E 13815335 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2936498**

54 Título: **Conjunto de reducción de arrastre, sistema que incluye el conjunto, y procedimiento de reducción de arrastre de gases con el conjunto**

30 Prioridad:
20.12.2012 US 201213721346

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.12.2017

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

72 Inventor/es:
**LOEWEN, ERIC, PAUL;
TRIPLETT, BRIAN, SCOTT;
DOOIES, BRETT, JAMESON y
HAGAMAN, JORDAN, E.**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 646 225 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

Conjunto de reducción de arrastre, sistema que incluye el conjunto, y procedimiento de reducción de arrastre de gases con el conjunto

Antecedentes

5 Campo

La presente descripción se refiere a la reducción o prevención del arrastre de gases en la succión de una bomba durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA).

Descripción de la técnica relacionada

10 Durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA), el Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) debe bombear agua para mantener el nivel de agua del núcleo del reactor y proporcionar una función de refrigeración al núcleo del reactor. Sin embargo, este mismo transitorio puede hacer que los gases se vean forzados hacia abajo en un filtro de succión del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) operativo, lo que da como resultado el arrastre de gases. En particular, durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA), tanto los gases condensables (por ejemplo, vapor de agua) como los gases no condensables (por ejemplo, nitrógeno (N₂)) se pueden dirigir a una piscina de supresión, elevando así el nivel de la piscina de supresión. Una bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) se puede utilizar para mantener la piscina de supresión a un nivel aceptable mediante la succión del exceso de líquido de la piscina de supresión y el suministro del exceso de líquido al núcleo del reactor. Sin embargo, los gases no condensables pueden llegar a arrastrarse junto con el líquido en la succión de la bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS), lo que causa la pérdida de succión y la disminución del flujo al núcleo del reactor. Además, la presencia de gases no condensables dentro de la bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) causa la cavitación y daños en la bomba, lo que plantea riesgos de seguridad adicionales.

20 El documento JP2002 168985 divulga un reactor nuclear con una disposición de ventilación que conecta el pozo seco del reactor con su pozo húmedo. Una estructura de succión se extiende en la porción inferior del pozo húmedo. Entre la estructura de succión y el extremo distal de la disposición de ventilación se disponen estructuras tubulares que protegen la estructura de succión de las burbujas de los gases sin condensar.

Sumario

30 La presente divulgación describe diversos dispositivos, conjuntos, sistemas y procedimientos para evitar que las bombas (por ejemplo, las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS)) reciban de cantidades relativamente grandes de gas arrastrado en la tubería de succión, lo que causaría su cavitación y en última instancia, daría como resultado el fallo de la bomba. Las enseñanzas en la presente memoria promueven también la mitigación o prevención de que los gases no condensables lleguen a los filtros de succión dentro del pozo húmedo. Pantallas o tabiques deflectores especialmente diseñados se pueden disponer entre el tubo de descenso de ventilación del pozo seco al pozo y el filtro de succión de bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). Al evitar que los gases alcancen del agua de succión del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS), la capacidad de operación de la bomba durante un accidente estimado se puede aumentar.

35 Un conjunto de reducción de arrastre puede incluir un recipiente configurado para contener un líquido. El recipiente puede incluir una porción superior y una porción inferior. Una disposición de ventilación se puede extender en el recipiente. La disposición de ventilación se puede configurar para dirigir los gases en el recipiente. Una estructura de succión se puede extender en la porción inferior del recipiente. La estructura de succión se puede configurar para realizar una extracción del líquido del recipiente. Un deflector se puede disponer entre la estructura de succión y la disposición de ventilación dentro del recipiente. El deflector se puede configurar para reducir el arrastre de gases sin condensar durante la extracción del líquido.

40 Un sistema de reactor puede incluir un primer recipiente y un segundo recipiente. El primer recipiente puede definir un pozo seco en su interior. El segundo recipiente puede definir un pozo húmedo en su interior. El segundo recipiente puede incluir una porción superior y una porción inferior. Una disposición de ventilación puede conectar el pozo seco con el pozo húmedo. La disposición de ventilación puede incluir un extremo proximal que se extiende en el pozo seco y un extremo distal que se extiende en la porción superior del pozo húmedo. Una estructura de succión se puede extender en la parte inferior del pozo húmedo. Un deflector se puede disponer entre la estructura de succión y el extremo distal de la disposición de ventilación dentro del segundo recipiente.

45 Un procedimiento para reducir el arrastre puede incluir descargar gases desde una disposición de ventilación en un líquido. El procedimiento puede incluir adicionalmente aliviar un nivel elevado del líquido resultante de la condensación de los gases mediante la realización de una extracción del líquido con una estructura de succión. El procedimiento puede incluir además proteger la estructura de succión del arrastre de gases sin condensar en el líquido con un deflector durante la extracción del líquido.

Breve descripción de los dibujos

5 Las diversas características y ventajas de las realizaciones no limitantes en la presente memoria pueden ser más evidentes tras la revisión de la descripción detallada junto con los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos se proporcionan simplemente para fines ilustrativos y no deben interpretarse para limitar el alcance de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no son tienen que considerarse como dibujados a escala a menos que se indique explícitamente. Para fines de claridad, las diversas dimensiones de los dibujos pueden haberse exagerado.

La Figura 1 es una vista simplificada, en sección transversal de un sistema de reactor.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de un conjunto de reducción de arrastre que se puede utilizar en el sistema de reactor de la Figura 1.

10 La Figura 3 es una vista en sección transversal de un deflector de acuerdo con una realización no limitante que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

La Figura 4A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

La Figura 4B es una vista en planta del deflector de la Figura 4A.

15 La Figura 5A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

La Figura 5B es una vista en planta del deflector de la Figura 5A.

La Figura 6A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

20 La Figura 6B es una vista en planta del deflector de la Figura 6A.

La Figura 7A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

La Figura 7B es una vista en planta del deflector de la Figura 7A.

25 La Figura 8A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2.

La Figura 8B es una vista en planta del deflector de la Figura 8A.

Descripción detallada

30 Se debe entender que cuando un elemento o capa se refiere como estando "sobre", "conectado/a a", "acoplado/a a", o "cubriendo" otro elemento o capa, puede estar directamente sobre, conectado/a a, acoplado/a a, o cubriendo el otro elemento o capa o elementos o capas intermedias pueden estar presentes. Por el contrario, cuando un elemento es referido como estando "directamente sobre", "directamente conectado/a a", o "directamente acoplado/a a" otro elemento o capa, no hay elementos o capas intermedias presentes. Los números iguales se refieren a elementos similares en toda la memoria. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

35 Se debe entender que, aunque los términos primero, segundo, tercero, etc., se pueden utilizar en la presente memoria para describir diversos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones no deben estar limitados por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento, componente, región, capa o sección de otra región, capa o sección. Por lo tanto, un primer elemento, componente, región, capa o sección descrita a continuación podrían denominarse un segundo elemento, componente, región, capa o sección sin apartarse de las enseñanzas de las realizaciones ejemplares.

40 Los términos espacialmente relativos (por ejemplo, "debajo", "abajo", "inferior", "arriba", "superior", y similares) se pueden utilizar en la presente memoria para facilitar la descripción de describir la relación de un elemento o característica con otro elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las Figuras. Se debe entender que los términos espacialmente relativos pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo durante su uso u operación además de la orientación representada en las Figuras. Por ejemplo, si el dispositivo en las Figuras se voltea, los elementos descritos como "abajo" o "por debajo" de otros elementos o características estarían entonces orientados "por encima" de los otros elementos o características. Pe tanto, el término "por debajo" puede abarcar tanto una orientación de arriba como de abajo. El dispositivo se puede orientar de otro modo (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos utilizados en la presente memoria se interpretan en consecuencia.

45

50

La terminología utilizada en la presente memoria tiene la finalidad de describir solamente diversas realizaciones y no se pretende limitar las realizaciones ejemplares. Como se utiliza en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "incluye", "incluyendo", "comprende", y/o "comprendiendo", cuando se

5 utilizan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

Las realizaciones ejemplares se describen en la presente memoria con referencia a ilustraciones en sección transversal que son ilustraciones esquemáticas de las realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias) de realizaciones ejemplares. Como tal, las variaciones de las formas de las ilustraciones como resultado, por ejemplo, de técnicas de fabricación y/o tolerancias, son de esperar. Por lo tanto, las realizaciones ejemplares no deben interpretarse como limitadas a las formas de las regiones ilustradas en la presente memoria sino que han de incluir desviaciones en formas que resultan, por ejemplo, de la fabricación. Por ejemplo, una región implantada ilustrada como un rectángulo, por lo general, tiene características redondeadas o curvas y/o un gradiente de concentración implante en sus bordes en lugar de un cambio binario de la región implantada a la región sin implantar. Igualmente, una región enterrada formada por implantación puede dar como resultado alguna implantación en la región entre la región enterrada y la superficie a través de la que tiene lugar la implantación. Por lo tanto, las regiones ilustradas en las Figuras son de naturaleza esquemática y sus formas no pretenden ilustrar la forma real de una región de un dispositivo y no pretenden limitar el alcance de realizaciones ejemplares.

10 A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo términos técnicos y científicos) utilizados aquí tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto ordinario en la materia a la que pertenecen las realizaciones ejemplares. Se entenderá además que los términos, incluyendo los definidos en los diccionarios utilizados comúnmente, deberían interpretarse como teniendo un significado que es consistente con su significado en el contexto de la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina expresamente así en la presente memoria.

Diversas realizaciones de la presente divulgación se refieren a dispositivos y conjuntos, que cuando se utilizan dentro de un reactor nuclear (por ejemplo, en pozos húmedos (toro) de un Reactor de Agua en Ebullición (BWR) Mark I o Mark II), mitigan o resuelven el problema de la "pérdida de succión" en las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) debido al arrastre de vapor y/o gases no condensables durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA) en el pozo seco. Diversas realizaciones de la presente divulgación se refieren también a sistemas y procedimientos para reducir el arrastre de gases.

30 Si bien la descripción en la presente memoria está en el contexto de un Reactor de Agua en Ebullición (BWR), se debe entender que las realizaciones ejemplares no se limitan al mismo. Además de los diversos tipos de Reactores de Agua en Ebullición (BWR), la presente divulgación se puede aplicar también a sumideros de agua de emergencia de Reactores de Agua Presurizada (PWR) con filtros de succión. Además, las enseñanzas en la presente memoria se pueden aplicar a configuraciones sin reactores. Por ejemplo, los dispositivos, conjuntos, sistemas y procedimientos se pueden utilizar en otras situaciones en las que se toma una succión desde un gran depósito de líquido (por ejemplo, agua), después de lo que una gran inyección de gases no condensables podría resultar en que estos gases sean arrastrados o barridos en la tubería de succión, causando así el fallo de la bomba corriente abajo.

40 La Figura 1 es una vista simplificada, en sección transversal de un sistema de reactor. Haciendo referencia a la Figura 1, un sistema 100 de reactor incluye un primer recipiente 102 que define un pozo 104 seco y un segundo recipiente 108 que define un pozo 110 húmedo. Un recipiente 106 de presión del reactor se sitúa dentro del pozo 104 seco. Un cuerpo de líquido 112 (por ejemplo, la piscina de supresión) se dispone dentro del pozo 110 húmedo. El pozo 104 seco se conecta con el pozo 110 húmedo a través de una disposición 114 de ventilación. Los detalles de la Figura 1 se discuten en conexión con los siguientes dibujos.

45 La presente divulgación detalla la mitigación o prevención de que los gases sean arrastrados en la succión de las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). Tal mitigación o prevención puede mejorar la operación de la seguridad y la disponibilidad de las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA). En particular, un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA) relativamente importante puede forzar gas en las tuberías del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). Un arrastre relativamente grande de gas puede conducir al gas que entra en una bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS), lo que da como resultado daños a la bomba debido a la cavitación y flujo reducido (si hay flujo en absoluto) en el núcleo del reactor. En consecuencia, la capacidad de las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) para mantener el nivel de agua adecuado en el núcleo del reactor puede verse afectada. Dicho esto, la presente divulgación se dirige a mitigar o evitar la posibilidad de que el gas llegue a la succión de las tuberías del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS).

60 Una bomba centrífuga se utiliza en los Sistemas de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) de Reactores de Agua en Ebullición (BWR) y Reactores de Agua Presurizada (PWR). Una bomba centrífuga requiere un cabezal de succión positiva neta (NPSH) en un lugar determinado con respecto a un punto de referencia tal como se define

por la siguiente ecuación:

$$NPSH = \frac{P_0 - P_v}{\rho g} + \Delta z - h_L \quad (1)$$

5 en la que P_0 es la presión que actúa sobre el fluido en el punto de referencia, P_v es la presión de saturación para el fluido a la temperatura actual, ρ es la densidad del fluido, g es la aceleración gravitacional, Δz es la diferencia de altura del punto actual al punto de referencia, y h_L es la pérdida de carga entre los dos puntos.

10 Si una bomba centrífuga no tiene un cabezal de succión positiva neta (NPSH) suficiente, entonces poco o ningún flujo, el desgaste de la bomba, y en el peor de los casos, la detención de bomba se producirá. Durante un Accidente de Pérdida de Refrigerante (LOCA), como se explicará, los gases (por ejemplo, el nitrógeno no condensable, que se ha utilizado previamente para inertizar el pozo seco, y vapor, que resulta del flujo intermitente de una base de diseño discontinua) se pueden forzar a través del filtro de succión en el pozo húmedo (por ejemplo, pozo húmedo en forma de toro) y luego en el colector de succión del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) y finalmente en la bomba.

15 Dependiendo de la configuración anticipada del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) de configuración y posibles fallos activos, los intervalos de flujo¹ en un colector del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) varían de 600 a 30.000 gal/min (5010 a 417.000 lbs/min; 1 gal = 3,79 litros, 1 lb = 454 gramos). Con un diámetro de colector anular de 2 pies (1 pie = 30,5 cm), lo que da como resultado un número de Reynolds que va de 10^5 a 10^7 . Reynolds

20 ¹ Suponiendo RCIC ~600 gpm, HPCS (BWR/5s y 6s) ~ 7175 gpm, sistemas de baja presión que toman succión SP: LPCI -4 bombas * 8,400 gpm/bomba = 33.600 gpm, LPCS ~ bombas 2 * 8,400 gpm/bomba = 16.800 gpm. número² es la relación de fuerzas de inercia dentro de un fluido con respecto a sus fuerzas viscosas y se define por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{QD}{\nu A} \quad (2)$$

25 en la que Q es el caudal del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS), D es el diámetro hidráulico, ν es la viscosidad cinemática, y A es el área de sección transversal del colector anular.

² Suponiendo Viscosidad a 100 °F (100 °F = 37,8 °C)
 Viscosidad cinemática = $4,579E-4 = 4,579E-4$ lb_m/ft²s; Densidad a 100 °F = 8,34 lb_m/galón;
 $-4/8,34 * 60 = 0,003294$ gal/ft³/min; $D = 2$ pies; $D/A = D/(1/4 \pi D^2) = 4/(\pi D) = 0,6366$ 1/ft; $Re = Q$ [gal/min]*193,2 min/gal.

30 Debido al número de Reynolds relativamente elevado, el régimen de flujo es altamente turbulento y la fuerza de inercia domina sobre fuerzas de flotación del gas arrastrado en el agua. Por lo tanto, para eliminar los gases arrastrados del agua el número de Reynolds necesita alcanzar un valor por debajo de 1.000, de manera que la flotabilidad del gas arrastrado pueda permitir la separación de fases. Incluso a un número de Reynolds de aproximadamente 100, una oscilación hace que las burbujas aumenten en una espiral o trayectoria helicoidal. Esta velocidad del fluido puede producirse con la expansión del área de flujo y se ha mejorado con los cambios de dirección de flujo. Estas burbujas de aire arrastradas en la piscina tendrán mucho más tiempo de subir a la superficie debido a la viscosidad del agua. Las burbujas de aire subirán y alcanzarán una velocidad terminal gobernada por la ley de Stokes.

40 La Figura 2 es una vista en sección transversal de un conjunto de reducción de arrastre que se puede utilizar en el sistema de reactor de la Figura 1. Aunque el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2 se muestra en conexión con una piscina de supresión del Reactor de Agua en Ebullición (BWR) Mark I, se debe entender que configuraciones ejemplares no se limitan a los mismos. Haciendo referencia a la Figura 2, el conjunto 200 de reducción de arrastre incluye el segundo recipiente 108, que define el pozo 110 húmedo y mantiene el cuerpo de líquido 112 (por ejemplo, la piscina de supresión de agua) en su interior. La disposición 114 de ventilación conecta el pozo 104 seco (Figura 1) con el pozo 110 húmedo. La disposición 114 de ventilación incluye una tubería 202 de ventilación, un colector 204, y una pluralidad de tubos 206 de descenso. Una estructura 212 de succión sobresale en el segundo recipiente 108 en una posición por debajo de la superficie del líquido 112. La estructura 212 de succión incluye una tubería 214 de succión y un filtro 216 asegurado a la tubería 214 de succión. El filtro 216 puede tener una variedad de configuraciones y formas y se diseña para permitir que el líquido 112 ingrese con relativa facilidad mientras se filtran escombros con un tamaño relativamente grande.

50 Un deflector 210 se dispone entre la estructura 212 de succión y la disposición 114 de ventilación para desviar gas 208 sin condensar lejos de la estructura 212 de succión para reducir o evitar el arrastre del gas 208 sin condensar con el líquido 112. Una distancia de separación entre el deflector 210 y la estructura 212 de succión puede ser igual a o menos de la mitad de una distancia total entre la disposición 114 de ventilación y la estructura 212 de succión. El deflector 210 puede fijarse al segundo recipiente 108 de tal manera que el deflector 210 no entra en contacto directamente con la estructura 212 de succión. Después de pasar a través del filtro 216 y entrar en la tubería 214 de succión, el líquido 112 se dirige a través de la línea de succión a una bomba. Opcionalmente, un separador de

gas/líquido se puede conectar adicionalmente a la línea de succión para separar cualquier gas sin condensar que pueda haber sido arrastrado con el líquido 112. Los gases pueden separarse en función de la densidad, y los gases separados pueden redirigirse de nuevo al pozo 110 húmedo.

5 El término común para un pozo húmedo Mark I es un toro, puesto que el segundo recipiente 108 que define el pozo 110 húmedo puede estar en la forma de un toro. Cuando el segundo recipiente 108 está en una forma de un toro, ocho tuberías 202 de ventilación pueden conectar el pozo 104 seco con el pozo 110 húmedo. En un ejemplo de este tipo, el colector 204 puede estar en la forma de un anillo dentro del toro que conecta las tuberías 202 de ventilación. Además de las tuberías 202 de ventilación, el flujo de gas desde el pozo 104 seco se divide además por una pluralidad de tubos 206 de descenso, que descargan el gas por debajo de la superficie del líquido 112 (por ejemplo, agua subenfriada). Eliminadores de vapor se pueden unir opcionalmente a los tubos 206 de descenso. El filtro 216 se sitúa de modo que permanece sumergido en la parte inferior del segundo recipiente 108. El líquido 112 se retira del pozo 110 húmedo a través de la estructura 212 de succión y se transporta a través de la tubería 214 de succión hasta las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). El deflector 210 se coloca entre el filtro 216 y el tubo 206 de descenso para reducir o evitar el arrastre de un gas 208 sin condensar en la línea de succión. Aunque no se muestra en los dibujos, se debe entender que una estructura 212 de succión y/o un deflector 210 se pueden situar en cada tubo 206 de descenso.

El conjunto 200 de reducción de arrastre se describirá en detalle adicionalmente con respecto a los siguientes tres estados: operaciones normales "Estado Estacionario", un estado después de un "gran LOCA" en el pozo seco, y el estado transitorio del sistema resultante "Gas a bombas del ECCS bombas".

20 En un "Estado Estacionario" se asume que el reactor está a la temperatura y presión de operación normales y se asume al 100 %. En un estado de este tipo, el líquido 112 en el pozo 110 húmedo está a un nivel normal.

Durante un estado de "gran LOCA", hay una ruptura en la potencia nominal, lo que implica una ruptura instantánea de una línea de vapor o recirculación en el pozo 104 seco. Como resultado de la ruptura, una onda de choque sale con una amplitud de onda que se aproxima a la presión de operación del reactor (por ejemplo, 1000 psig). La onda atenuada entra en la disposición 114 de ventilación y progresa en el pozo 110 húmedo. Los gases a alta presión (por ejemplo, N₂ y vapor de agua) del pozo 104 seco se ven forados hacia abajo a través de la disposición 114 de ventilación. Los gases de alta presión salen del tubo 206 de descenso y desencadenan diversos fenómenos, tales como hinchamiento de la piscina en el toro aumentando desde el nivel de estado estacionario (normal) a un nivel elevado, la oscilación de condensación a medida que el vapor se condensa de forma caótica y huecos de agua de la piscina, y dirección hacia abajo forzada de la mezcla de gas.

En un sistema convencional, si el Filtro de succión del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) se sitúa en la proximidad de la boquilla del tubo de descenso, el chorro de gas se puede forzar en el filtro de succión, introduciendo de este modo una inyección de gas en el colector del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). Si las bombas del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS) ya se han activados, con el flujo de agua desde el pozo húmedo establecido, esta inyección de gas se puede mover en la bomba del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS), lo que da como resultado un flujo de bomba reducido, cavitación y/o daños en la bomba.

En contraste, en la presente divulgación, un deflector 210 está en su lugar a medida que el chorro de gas es forzado hacia el filtro 216. Como resultado, el deflector 210 desvía el flujo de gas, permitiendo de este modo efectos de flotabilidad para permitir que el gas se separe y se eleve hasta espacio superior del pozo 110 húmedo. El filtro 216 bajo el deflector 210 mantiene todavía la succión del líquido 112 desde el pozo 110 húmedo. Además, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, el separador de líquido/gas se puede utilizar para eliminar el gas que pueda haberse arrastrado con el líquido 112 en la línea de succión del Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo (ECCS). El gas que se retira de la línea de succión se puede llevar de nuevo en el espacio superior del pozo 110 húmedo.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de un deflector de acuerdo con una realización no limitante que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. Haciendo referencia a la Figura 3, el deflector 210 puede incluir una primera superficie 302a con una primera cresta 304a y una segunda superficie 302b con un primer surco 304b. Cuando se instala en el conjunto 200 de reducción de arrastre, el primer surco 304b se orientará hacia el filtro 216, mientras que la primera cresta 304a se orientará hacia el tubo 206 de descenso. Un primer ángulo α_1 del primer surco 304b, como se define por la segunda superficie 302b, debe ser de una magnitud suficiente para hacer que el gas 208 sin condensar del chorro incidido de dos fases que golpea el deflector 210 se desvíe hacia arriba, hacia la superficie del líquido 112 del pozo húmedo para inhibir o evitar que el gas 208 sin condensar entre en el filtro 216 y permitir una separación cuando el gas 208 sin condensar alcanza el espacio superior del pozo 110 húmedo. En una realización no limitante, el primer ángulo α_1 puede variar de aproximadamente 155° a 170°.

El deflector 210 puede tener opcionalmente una periferia 308 que se inclina lejos de la estructura 212 de succión para formar una segunda cresta 310a y un segundo surco 310b, en el que la periferia 308 mejora la desviación del gas 208 sin condensar lejos de la estructura 212 de succión. Un segundo ángulo α_2 del segundo surco 310b puede variar de 155° a 180°. Aunque no se muestra, se debe entender que la segunda cresta 310a y/o el segundo surco

310b pueden ser curvos en lugar de angulares.

El deflector 210 puede incluir también una pluralidad de perforaciones 306 que se extienden desde la primera superficie 302a hasta la segunda superficie 302b. La pluralidad de perforaciones 306 permite que el líquido 112 fluya a través del deflector 210, lo que reduce la fuerza diferencial a través del deflector 210 y permiten que el líquido 112 entre en el filtro 216. La pluralidad de perforaciones 306 pueden estar en ángulo hacia dentro, hacia la estructura 212 de succión y/o el primer surco 304b para permitir la entrada del líquido 112, mientras que se desvía el gas 208 sin condensar lejos de la estructura 212 de succión. En la Figura 3, suponiendo que A-A es una línea central que divide en dos el deflector 210 y B-B es una línea que corresponde a un eje longitudinal de la perforación 306 e interseca A-A para formar un tercer ángulo α_3 , el tercer ángulo α_3 puede variar de aproximadamente 45° a 135° (por ejemplo, de 60° a 90°).

El diámetro de cada una de la pluralidad de perforaciones 306 se puede dimensionar para ser aproximadamente dos veces el tamaño de burbuja esperado medio del gas 208 sin condensar que incide sobre el deflector 210. Como se ha señalado anteriormente, la pluralidad de perforaciones 306 está en un tercer ángulo α_3 que reduce o evita el arrastre de burbuja a medida que el chorro de dos fases incide sobre la primera superficie 302a. La cantidad de gas 208 sin condensar arrastrado a través de la pluralidad de perforaciones 306 es una función del diámetro de la perforación, la longitud de la perforación, y el caudal de agua. Un procedimiento para optimizar el diámetro de las perforaciones 306 utiliza el número de Froude (Fr):

$$Fr = \frac{V_L}{\sqrt{g \left(\frac{(\rho_l - \rho_g)}{\rho_l} \right) D}} \quad (3)$$

en la que V_L es la velocidad del líquido en las perforaciones, g es la aceleración debida a la gravedad, ρ_l es la densidad del líquido, ρ_g es la densidad del gas, y D es el diámetro interior de las perforaciones.

El número de Froude (Fr) debe ser un valor que proporcione al gas 208 sin condensar una oportunidad adecuada para desviarse y elevarse hacia el espacio superior del pozo 110 húmedo. En una realización no limitante, $Fr < 0,31$. Aunque las perforaciones 306 se han descrito en el contexto de un orificio circular, se debe entender que las realizaciones ejemplares no se limitan a esto. Por ejemplo, las perforaciones 306 pueden estar en la forma de otras formas curvas o formas poligonales (por ejemplo, ranuras).

La Figura 4A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. La Figura 4B es una vista en planta del deflector de la Figura 4A. Haciendo referencia a las Figuras 4A-4B, el deflector 210 está en la forma de una lámina 210a curva que incluye una primera cresta 304a y un primer surco 304b. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más de las características que se describen en relación con la Figura 3 se pueden aplicar a este ejemplo.

La Figura 5A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. La Figura 5B es una vista en planta del deflector de la Figura 5A. Haciendo referencia a las Figuras 5A-5B, el deflector 210 está en la forma de una pantalla 210b curva que incluye un lado 504a convexo y un lado 504b cóncavo. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más de las características que se describen en relación con la Figura 3 se pueden aplicar a este ejemplo.

La Figura 6A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. La Figura 6B es una vista en planta del deflector de la Figura 6A. Haciendo referencia a las Figuras 6A-6B, el deflector 210 está en la forma de una disposición 210c curva de tipo persiana que incluye una primera porción 600a curva, una segunda porción 600b curva, y una tercera porción 600c curva. La segunda porción 600b curva y la tercera porción 600c curva están provistas de una abertura en el centro de las mismas de tal manera que cuando se disponen con la primera porción 600a curva en una disposición de tipo persiana de solapamiento, la primera porción 600a curva y la segunda porción 600b curva definen un primer pasaje 606a entre las mismas, mientras que la segunda porción 600b curva y la tercera porción 600c curva definen un segundo pasaje 606b entre las mismas. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más de las características que se describen en relación con la Figura 3 se pueden aplicar a este ejemplo.

La Figura 7A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. La Figura 7B es una vista en planta del deflector de la Figura 7A. Haciendo referencia a las Figuras 7A-7B, el deflector 210 está en la forma de una disposición 210d lineal de tipo persiana que incluye una primera lama 700a, una segunda lama 700b, y una tercera lama 700c. Cuando se disponen en una disposición de tipo persiana de solapamiento, la primera lama 700a y la segunda lama 700b definen una primera ranura 706a entre los mismos, mientras que la segunda lama 700b y la tercera lama 700c definen una segunda ranura 706b entre los mismos. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más de las características que se describen en relación con la Figura 3 se pueden aplicar a este ejemplo.

La Figura 8A es una vista en perspectiva de otro deflector que se puede utilizar en el conjunto de reducción de arrastre de la Figura 2. La Figura 8B es una vista en planta del deflector de la Figura 8A. Haciendo referencia a las

5 Figuras 8A-8B, el deflector 210 está en la forma de una lámina 210e ondulada configurada radialmente que incluye una pluralidad de crestas 804a orientadas radialmente y surcos 804b orientados radialmente alternativos que se expanden radialmente hacia el exterior desde un punto de convergencia 802 común. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más de las características que se describen en relación con la Figura 3 se pueden aplicar a este ejemplo.

10 Si bien un número de realizaciones ejemplares se han divulgado en la presente memoria, se debe entender que otras variaciones pueden ser posibles. Tales variaciones no han de considerarse como una desviación del alcance de la presente descripción, y todas estas modificaciones, como sería obvio para un experto en la técnica pretenden ser incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (200) de reducción de arrastre, que comprende:
- un recipiente (108) configurado para contener un líquido (112), incluyendo el recipiente una porción superior y una porción inferior;
- 5 una disposición (114) de ventilación que se extiende en el recipiente (108), la disposición de ventilación configurada para dirigir gases en el recipiente;
- una estructura (212) de succión que se extiende en la porción inferior del recipiente, estando la estructura de succión configurada para realizar una extracción del líquido del recipiente; y
- 10 un deflector (210) dispuesto entre la estructura (212) de succión y la disposición (114) de ventilación dentro del recipiente, **caracterizado porque** el deflector tiene perforaciones que se extienden a través del mismo y configuradas para permitir la entrada del líquido mientras desvían los gases (208) sin condensar lejos de la estructura de succión para reducir el arrastre de gases (208) sin condensar durante la extracción del líquido, teniendo el deflector una línea central y una línea de orificios pasante, dividiendo la línea central en dos el deflector, correspondiendo la línea de orificios pasantes con un eje longitudinal de al menos una de las perforaciones, intersecando la línea central y la línea de orificios pasantes para definir un ángulo entre las mismas, variando el ángulo de 45° a 135°.
- 15
2. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que la disposición (114) de ventilación se extiende en la porción superior del recipiente (108).
3. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que la estructura (212) de succión incluye una tubería (214) de succión y un filtro (216) fijado a la tubería de succión dentro del recipiente, estando el deflector (210) dispuesto entre el filtro y la disposición (114) de ventilación.
- 20
4. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que una distancia de separación entre el deflector (210) y la estructura (212) de succión es igual o menor que la mitad de una distancia total entre la disposición (114) de ventilación y la estructura (212) de succión.
- 25
5. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 3, en el que el deflector (210) está asegurado al recipiente (108) de tal manera que el deflector no entra en contacto directamente con el filtro (216).
6. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que el deflector (210) se ahúsa alejándose de la disposición (114) de ventilación y hacia la estructura (212) de succión al aumentar la distancia desde la disposición de ventilación.
- 30
7. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que el deflector (210) está en una forma de una lámina doblada, incluyendo la lámina doblada un surco que se orienta hacia la estructura (212) de succión.
8. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 7, en el que el surco se define por dos superficies opuestas inclinadas, estando un ángulo entre las dos superficies opuestas inclinadas entre aproximadamente 155° y 170°.
- 35
9. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que el deflector (210) está en una forma de una lámina ondulada, incluyendo la lámina ondulada una pluralidad de crestas y surcos alternativos que se expanden radialmente hacia el exterior desde un punto de convergencia común hacia la estructura de succión.
10. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que el deflector (210) está en una forma de una pantalla curva, incluyendo la pantalla curva una cara cóncava que se orienta hacia la estructura de succión.
- 40
11. El conjunto (200) de reducción de arrastre de la reivindicación 1, en el que el deflector (210) tiene una disposición de tipo persiana, incluyendo la disposición de tipo persiana una pluralidad de lamas que definen una pluralidad de ranuras de solapamiento entre los mismos.
12. Un procedimiento de reducción del arrastre, que comprende:
- descargar los gases de una disposición (114) de ventilación en un líquido;
- 45 aliviar un nivel elevado del líquido resultante de la condensación de gases mediante la realización de una extracción del líquido con una estructura (212) de succión; y
- proteger la estructura de succión del arrastre de gases sin condensar en el líquido con un deflector (210) durante la extracción del líquido; en el que
- 50 el deflector (210) se dispone entre la estructura (212) de succión y la disposición (114) de ventilación dentro del recipiente, y **caracterizado porque** el deflector tiene perforaciones que se extienden a través del mismo y configuradas para permitir la entrada del líquido mientras desvían los gases (208) sin condensar alejándose de la estructura de succión para reducir el arrastre de gases (208) sin condensar durante la extracción del líquido, teniendo el deflector una línea central y una línea de orificios pasantes, dividiendo la línea central en dos el deflector, correspondiendo la línea de orificios pasantes con un eje longitudinal de al menos una de las

perforaciones, intersecando la línea central y la línea de orificios pasantes para definir un ángulo entre las mismas, variando el ángulo de 45° a 135°.

- 5 13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que la protección incluye proporcionar una pluralidad de perforaciones que se extienden a través del deflector (210) en un ángulo hacia la estructura (212) de succión, de tal manera que un número de Froude (Fr) sea inferior a 0,31, para permitir un flujo del líquido a través de la pluralidad de perforaciones mientras se dificulta un paso de los gases sin condensar a través de la pluralidad de perforaciones,

$$Fr = \frac{V_L}{\sqrt{g \left(\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_l} \right) D}}$$

- 10 siendo VL una velocidad del líquido en la pluralidad de perforaciones, siendo g la aceleración debida a la gravedad, ρ_l siendo una densidad del líquido, siendo ρ_g una densidad de los gases, y siendo D un diámetro de la pluralidad de perforaciones.

FIG. 1

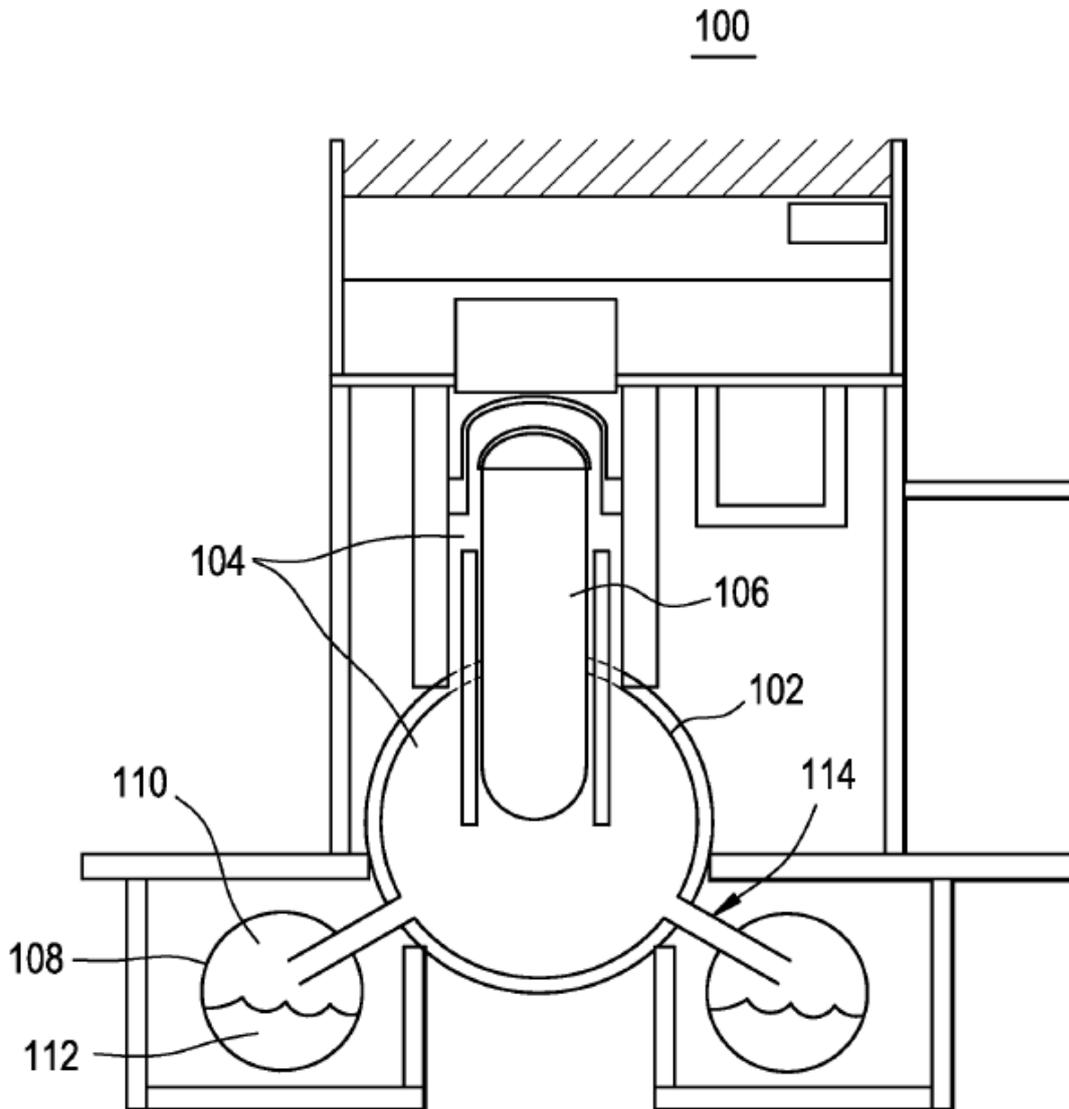


FIG. 2

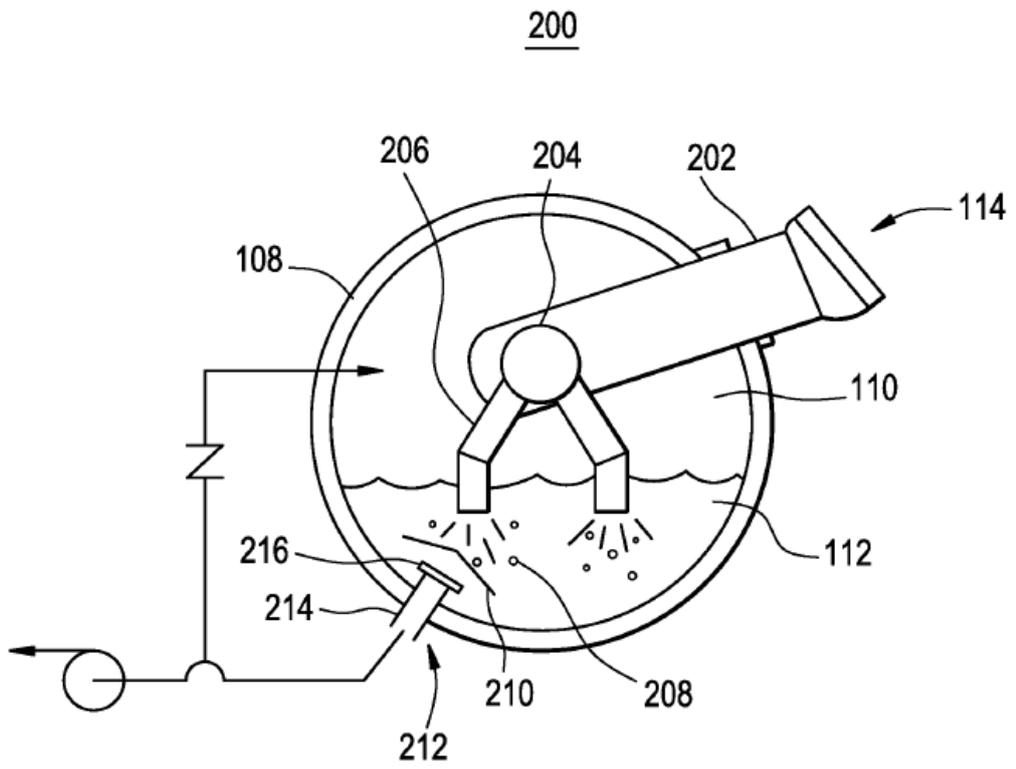


FIG. 3

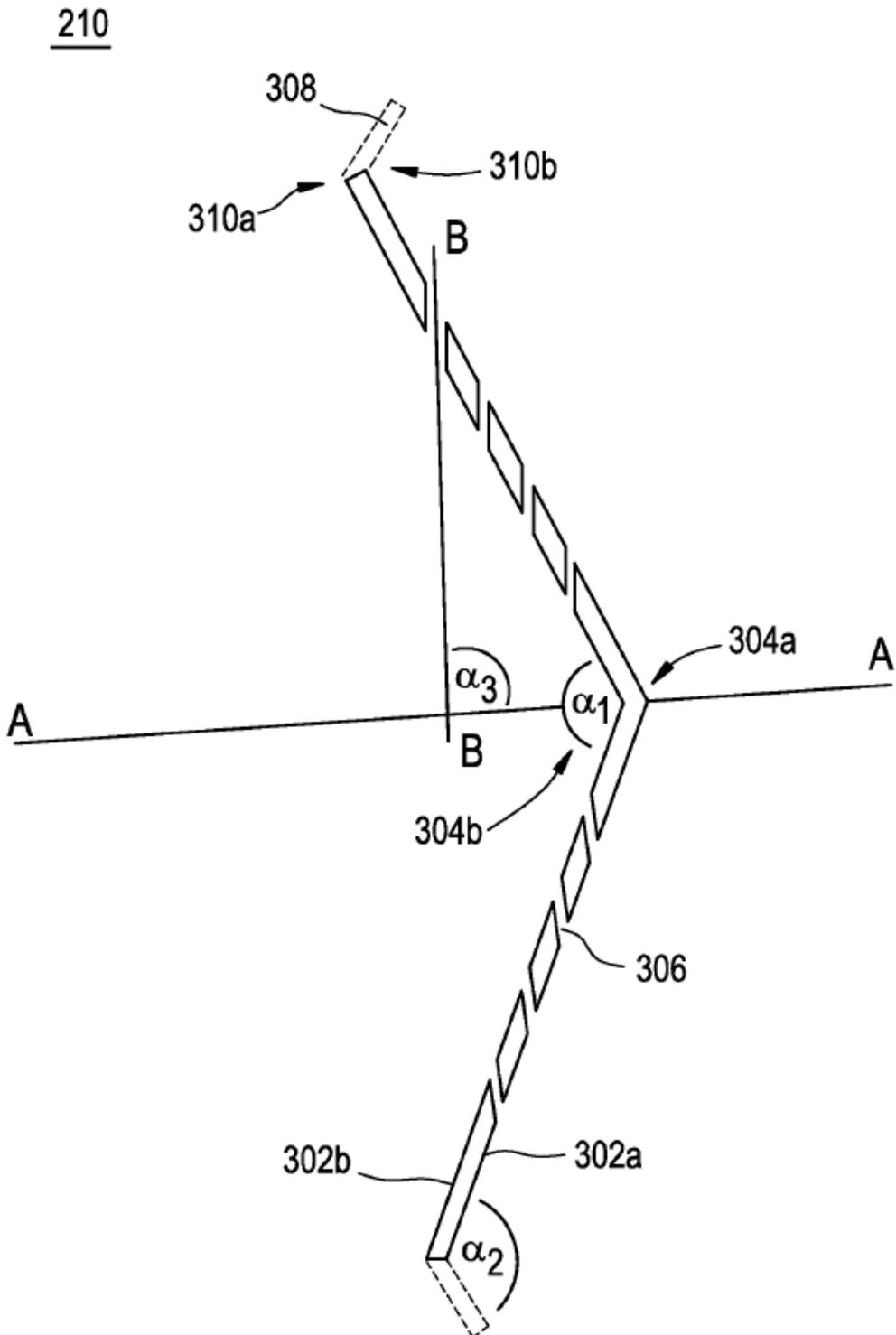


FIG. 4A

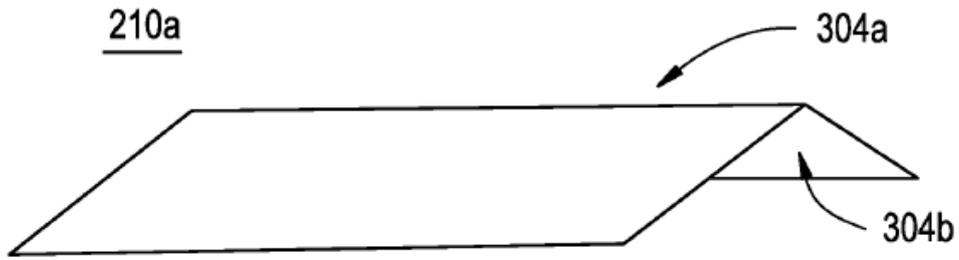


FIG. 4B

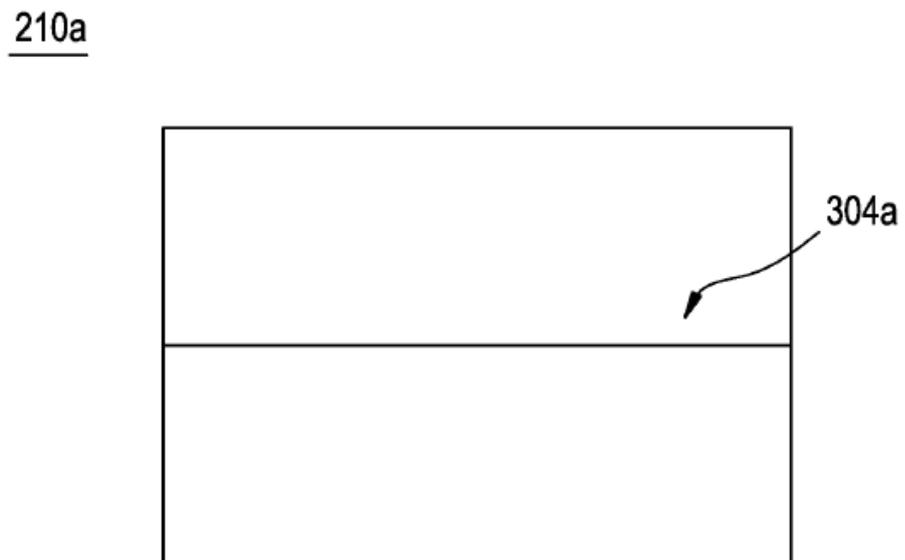


FIG. 5A

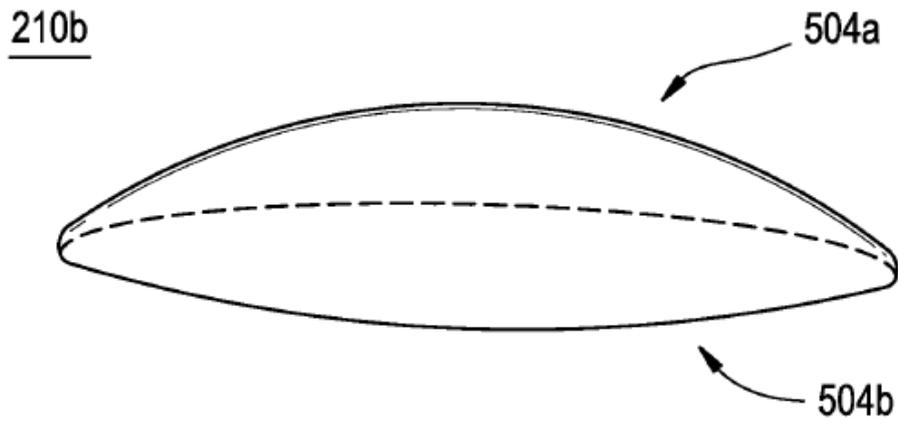


FIG. 5B

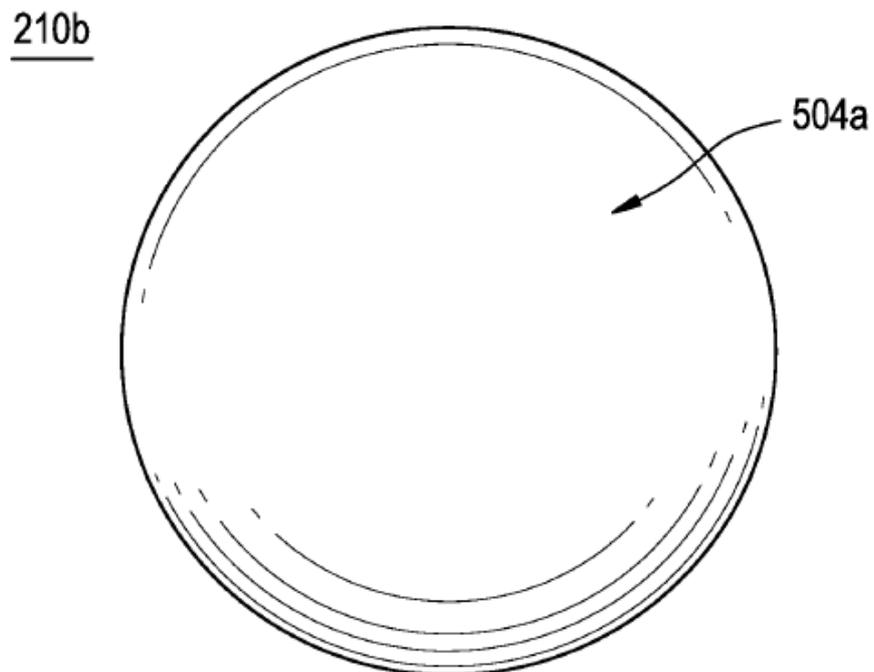


FIG. 6A

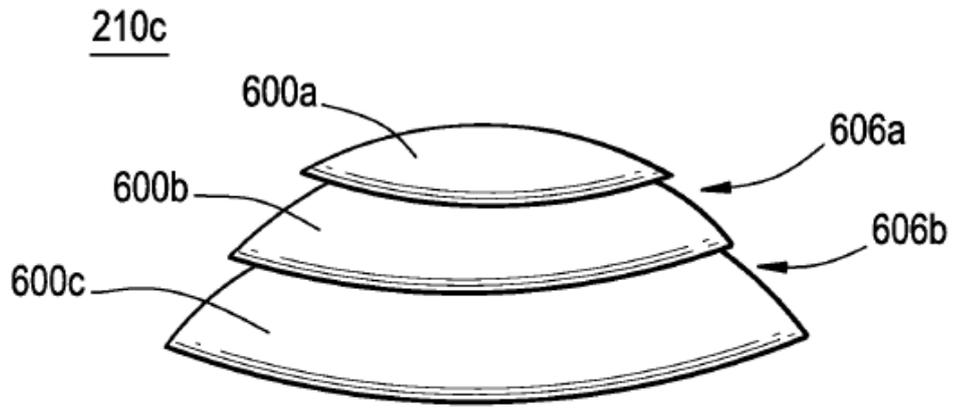


FIG. 6B

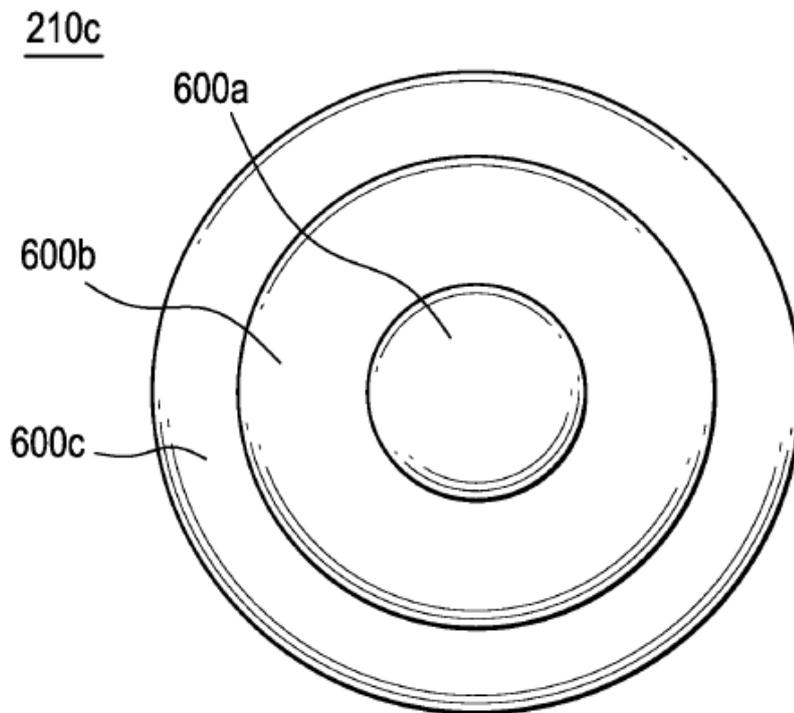


FIG. 7A

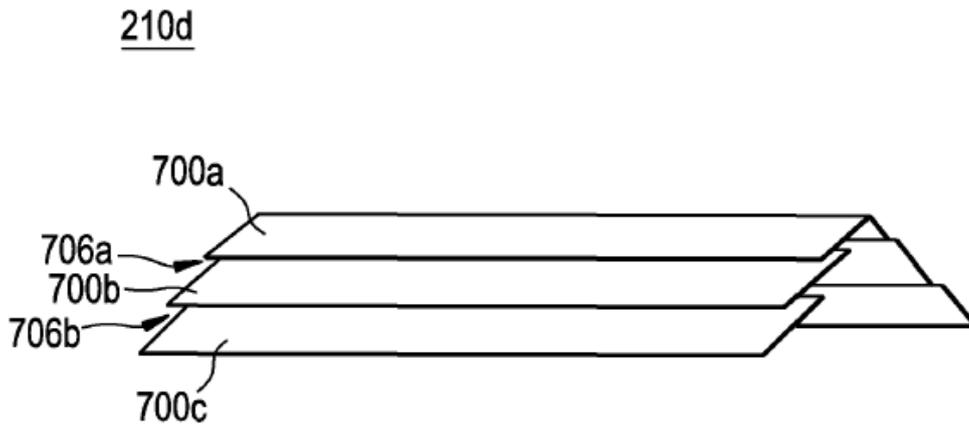


FIG. 7B

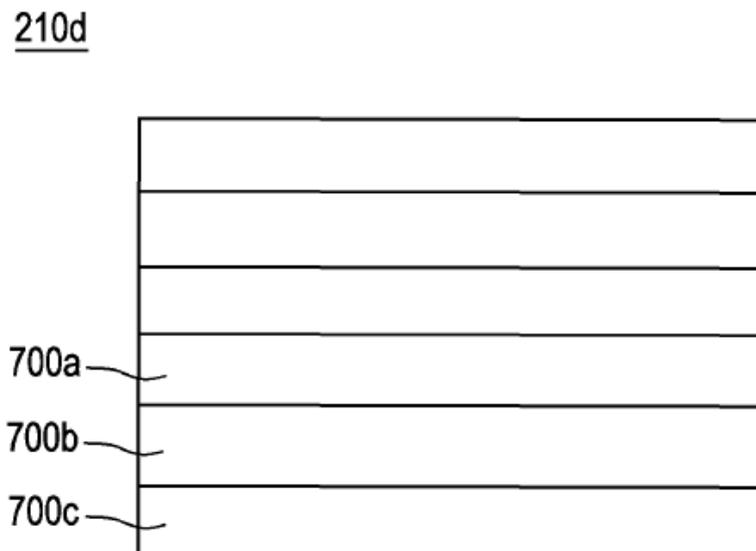


FIG. 8A

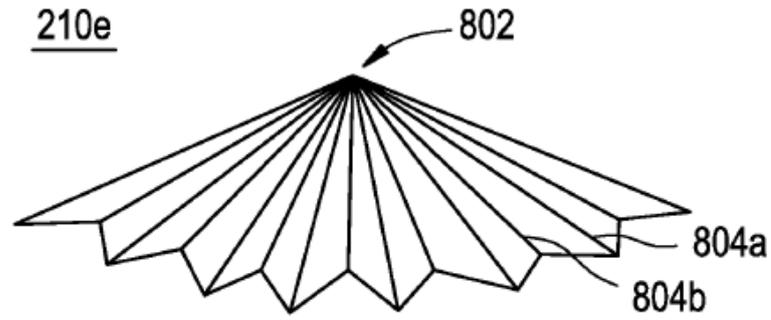


FIG. 8B

