

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 063**

51 Int. Cl.:

G21C 13/02 (2006.01)

G21C 15/02 (2006.01)

G21C 15/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2015 E 15150922 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2894636**

54 Título: **Chimenea de reactor nuclear y procedimiento de mejora de la entalpía de entrada del núcleo usando la misma**

30 Prioridad:

14.01.2014 US 201414154601

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

02.10.2017

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;
KECK, DAVID JONATHAN y
O'NEILL, NICHOLAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 635 063 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

Chimenea de reactor nuclear y procedimiento de mejora de la entalpía de entrada del núcleo usando la misma

Antecedentes

Campo

- 5 La presente divulgación se refiere al flujo descendente de agua en la región bajante de un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural. Para el estado de la técnica véase, por ejemplo, el documento JPS61149894 A.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 La figura 1 es una vista en sección transversal de un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural convencional. En referencia a la figura 1, un reactor 100 nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural convencional (por ejemplo, el reactor de agua en ebullición simplificado económico (ESBWR)) utiliza una chimenea 108 larga entre la salida del núcleo 112 del reactor y la entrada del separador de vapor para establecer, mejorar, y administrar vapor de circulación natural hacia arriba de la zona central y flujo 104 de agua hacia abajo en la región 106 de ducto bajante de la vasija 102 de presión del reactor. En particular, el refrigerante de agua de alimentación entra en la vasija 102 de presión del reactor y se mezcla con l agua líquida de ciclo separada del vapor y por la fuerza de la gravedad comienza un flujo 104 descendente en la región 106 de ducto e bajada. Algún mezclado tiene lugar desde el agua que sale de los separadores de vapor y de los secadores de vapor. La región 15 106 de ducto bajante es el espacio entre la pared exterior de la chimenea 108 y la pared interior de la vasija 102 de presión del reactor. La chimenea 108 tiene una geometría de cuerpo de cilindro recto de revolución que tiene un radio constante que es aproximadamente 8,6 metros de longitud dentro de la vasija 102 de presión del reactor, que es de aproximadamente 27,6 metros. Debería entenderse que esta dimensión se proporciona meramente para dar escala más que para definir una longitud absoluta. A continuación, el agua fluye hacia el exterior del núcleo 112 y fluye de vuelta al núcleo 112 realizando una inversión de flujo en la región 114 de entrada del núcleo. El agua fluye verticalmente hacia arriba debido a la densidad descendente sobre el núcleo 112 como resultado de la formación de vapor y el flujo del agua en la región 106 bajante. El núcleo del combustible fisionable que produce calor se ubica sobre la región 114 de entrada del núcleo.

- Convencionalmente, no hay interrupciones del flujo conforme el agua fluye por el exterior de la chimenea 108. La chimenea 108 tiene una longitud de flujo de aproximadamente 8,6 metros y es uno de los componentes internos más grandes en el reactor 100 nuclear. Mientras que la chimenea 108 tiene particiones internas para asegurar que la mezcla de agua de vapor fluye en dirección vertical, no hay provisiones para mezclar el flujo 104 de agua sobre la parte exterior de la chimenea 108. También hay pérdidas friccionales insignificantes dentro de la región 106 bajante. Además, no hay ni un aumento en loa entalpía de la mezcla de agua de vapor en la chimenea 108 ni hay ningún cambio de entalpía en el agua que fluye en la región 106 bajante.

- 35 La figura 2 es una vista en sección transversal de una chimenea convencional en un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural. En referencia a la figura 2, la superficie 110 exterior de la chimenea 108 es relativamente lisa. Existe una falta de temperatura homogénea del agua en la región 106 bajante debido a la suavidad relativa de la región 106 bajante. La altura de 8,6 metros de la chimenea 108 da como resultado un flujo 104 en la región 106 bajante para que sea muy similar a una caída de agua de tal manera que existe un aumento del gradiente de velocidad descendente con relativamente poco mezclado en la dirección axial o radial. La falta de una temperatura uniforme del agua da como resultado una generación de energía no uniforme en el núcleo 112 del reactor.

Breve descripción de realizaciones de ejemplo

Una chimenea de un reactor nuclear puede incluir un cuerpo hueco con una superficie interior y una superficie exterior opuesta; y una pluralidad de estructuras de disparo sobre la superficie exterior del cuerpo hueco.

- 45 La chimenea puede usarse en un procedimiento de mejora de una entalpía de entrada de núcleo de un reactor nuclear. El procedimiento puede incluir interrumpir un flujo descendente de agua dentro de una región bajante de una vasija de presión del reactor con una pluralidad de primeras estructuras de disparo. La región bajante es un espacio anular definido por la vasija de presión del reactor y una chimenea dentro de la vasija de presión del reactor. La pluralidad de primeras estructuras se dispone sobre una superficie exterior de la chimenea.

Breve descripción de los dibujos

- 50 Las diversas características y ventajas de las realizaciones no limitantes en el presente documento pueden devenir más evidentes tras la revisión de la descripción detallada junto con los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos se proporcionan meramente para fines ilustrativos y no deberían interpretarse como límite del ámbito de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no se deben considerar como dibujos a escala a menos que se señale explícitamente. Con fines de claridad, pueden haberse exagerado diversas dimensiones de los dibujos.

La figura 1 es una vista en sección transversal de un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural convencional.

La figura 2 es una vista en sección transversal de una chimenea convencional en un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural.

5 La figura 3 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con una realización no limitante de la presente divulgación.

La figura 4 es una vista superior de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con un ejemplo.

La figura 5 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo.

10 La figura 6 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo no limitante.

La figura 7 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo no limitante.

La figura 8 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo no limitante.

La figura 9 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo no limitante.

La figura 10 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo no limitante.

15 La figura 11 es una vista en sección transversal de una región bajante con estructuras de disparo en tanto la chimenea de reactor nuclear como en la vasija de presión del reactor de acuerdo con un ejemplo no limitante.

La figura 12 es un gráfico que muestra un factor de aumento en número de Sherwood frente a una extensión de la protuberancia de una estructura de disparo.

20 La figura 13 es un gráfico que muestra un factor de aumento en el factor de fricción Fanning frente a una extensión de la protuberancia de una estructura de disparo.

Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

25 Debe entenderse que cuando a un elemento o capa se hace referencia como estando "sobre", "conectado a", "acoplado a", o "cubriendo" otro elemento o capa, puede estar directamente sobre, conectado a, acoplado a, o cubriendo el otro elemento o capa o elementos o capas intervinientes que puedan estar presentes. Por el contrario, cuando a un elemento se hace referencia como "directamente sobre", "directamente conectado a", o "directamente acoplado a" otro elemento o capa, no hay elementos intervinientes o capas presentes. Los números similares hacen referencia a elementos similares a través de la memoria descriptiva. Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

30 Debería entenderse que, aunque los términos primero, segundo, tercero, etc. pueden usarse en el presente documento para describir diversos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas, y/o secciones no deberían limitarse por estos términos. Estos términos se usan únicamente para distinguir un elemento, componente, región, capa, o sección de otra región, capa, o sección. De esta manera, un primer elemento, componente, región, capa, o sección tratada a continuación podría denominarse un segundo elemento, componente, región, capa, o sección sin alejarse de las enseñanzas de las realizaciones de ejemplo.

35 Los términos relacionados con el espacio (por ejemplo, "debajo", "abajo", "inferior", "arriba", "superior" y similares) pueden usarse en el presente documento para una fácil descripción para describir la relación de un elemento o característica con otro(s) elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las figuras. Debería entenderse que los términos relacionados con el espacio se dirigen a abarcar diferentes orientaciones del dispositivo en uso o funcionamiento además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al dispositivo de las figuras, los elementos descritos como "abajo" o "debajo" de otros elementos o características podrían entonces orientarse "por encima" de otros elementos o características. De esta manera, el término "abajo" puede abarcar tanto una orientación de arriba como de abajo. El dispositivo puede orientarse de otro modo (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores relacionados espacialmente usados en el presente documento interpretarse en consecuencia.

40 La terminología usada en el presente documento es para fines de describir diversas realizaciones solo y no se dirigen a limitar las realizaciones de ejemplo. Como se usa en el presente documento, las formas singulares de "un/a" y "el/la" se dirigen a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá, además, que las expresiones "incluye", "que incluye", "comprende" y/o "que comprende" cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características declaradas, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o la suma de una o más características diferentes, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

55 Se describen en el presente documento realizaciones de ejemplo con referencia a ilustraciones en sección transversal que son ilustraciones esquemáticas de realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias) de realizaciones de ejemplo. Como tal, variaciones de formas de las ilustraciones como resultado, por ejemplo, de técnicas de fabricación y/o tolerancias, se esperan. De esta manera, las realizaciones de ejemplo no deberían construirse como limitadas a las formas y regiones ilustradas en el presente documento, pero deben incluir desviaciones en formas que resultan, por ejemplo, de la fabricación. Por ejemplo, una región implantada ilustrada como un rectángulo, típicamente, tendrá características redondeadas o curvadas y/o un gradiente de concentración de implante en sus bordes más que un cambio binario de las zonas implantadas a las no implantadas. Del mismo

modo, una región enterrada formada por implantación puede dar como resultado algunas implantaciones en la región entre la región enterrada y la superficie a través de la cual tiene lugar la implantación. De esta manera, las regiones ilustradas en las figuras son de naturaleza esquemática y sus formas no pretenden ilustrar la forma real de la región de un dispositivo y no se dirigen a limitar el ámbito de las realizaciones de ejemplo.

5 A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) usados en el presente documento tienen el mismo significado que el entendido comúnmente por alguien normalmente experto en la materia a la que pertenecen las realizaciones de ejemplo. Se entenderá, además que estos términos, incluyendo los definidos en los diccionarios de uso común, debería 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 excesivamente formal a menos que se defina expresamente en el presente documento.

10 La presente divulgación se refiere a un dispositivo bajante para su uso en un reactor nuclear de agua en ebullición de tipo de circulación natural (por ejemplo, ESBWR), que mejora la mezcla de agua en la región bajante para mejorar la entalpía de entrada del núcleo. El dispositivo usa interrupciones de flujo para proporcionar microzonas de mezcla (por ejemplo, mezcla en la dirección axial y/o radial) durante el flujo descendente en la región bajante de un reactor de circulación natural. La presente divulgación detalla un dispositivo que modifica la forma y la funcionalidad existente de la superficie bajante de la chimenea. El dispositivo mejora la mezcla en la sección de baja de la chimenea (como se define por las características de flujo). Aunque algunas realizaciones de ejemplo pueden describirse con referencia a un ESBWR, debería entenderse que tales realizaciones de ejemplo pueden utilizarse en otros tipos de reactores de circulación natural con dos condiciones de flujo de fase o cuando se utiliza circulación natural para eliminar el calor.

15 En una primera realización de ejemplo, la mezcla axial y radial mejorada en un sistema de flujo de circulación natural puede lograrse con cambios en la superficie exterior de la chimenea. Las configuraciones de superficie tratadas en el presente documento dan como resultado la mezcla axial y radial de tal manera que las condiciones de entrada del núcleo son uniformes y facilitan la producción de energía radial uniforme en la zona de calor. La superficie exterior de la chimenea y/o la superficie interior de la vasija de presión del reactor pueden proveerse de perturbadores de flujo. Puede ser más fácil modificar la superficie exterior de la chimenea, ya que la vasija de presión del reactor puede realizarse de un acero de carbón relativamente delgado con un revestimiento de acero inoxidable. Se tratarán a continuación ejemplos de diversos diseños para optimizar la mezcla radial y/o axial.

20 En un ejemplo no limitante, se pueden proporcionar nervios sobre la superficie exterior de la chimenea para mejorar la mezcla (por ejemplo, perturbador de flujo en una sección adiabática del reactor natural). Los nervios pueden disipar la velocidad de flujo junto a la chimenea. Los nervios funcionan de manera continua cuando se establece el flujo descendente. La mezcla puede mejorarse aplicando disparos de capa límite sobre la pared exterior de la chimenea. Las estructuras de disparo pueden incluir perlas de soldadura aplicadas a incrementos sobre la superficie exterior de la chimenea. La presencia de disparos a lo largo de la pared exterior, que, de hecho, hace que el agua se enfríe más en contacto más íntimo con la pared de la chimenea. El espacio en la dirección horizontal y/o vertical puede aumentarse o disminuirse para optimizar la mezcla basándose en las condiciones de flujo y en el ancho del canal de flujo.

25 En otro ejemplo, pueden proporcionarse aletas sobre la superficie exterior de la chimenea para mejorar la mezcla. Las aletas pueden caracterizarse por la dimensión en el campo de flujo (por ejemplo, longitud), la dimensión a lo largo del campo de flujo (por ejemplo, altura), y la separación entre las aletas. Las dimensiones pueden optimizarse basándose en las condiciones de flujo de entrada en la región bajante y la separación entre la chimenea y la vasija de presión del reactor. Por ejemplo, una relación entre la longitud de la aleta y la altura de la aleta puede ser superior a 1,2, aunque los ejemplos no se limitan a la misma. Una relación entre la longitud de la aleta y la separación entre las aletas adyacentes puede ser superior a 2,5, aunque los ejemplos no se limitan a la misma. La distribución angular de las aletas también se puede ajustar para mejorar adicionalmente la mezcla en la región bajante.

30 En otro ejemplo, las aletas que se extienden en longitudes irregulares en el fluido de flujo pueden proporcionarse para crear una superficie de flujo ondulado a lo largo de la chimenea para mejorar tanto la mezcla axial como la mezcla radial. Por ejemplo, las aletas de dos diferentes longitudes pueden disponerse de una manera alternada, aunque los ejemplos no se limitan a la misma.

35 En otro ejemplo, la superficie exterior de una chimenea se proporciona con una aleta que tiene una superficie superior plana y nivelada. La superficie inferior de la aleta se angula y se inclina desde el extremo distal de la aleta hacia la superficie exterior de la chimenea para asemejarse a un triángulo recto basándose en una vista lateral. Como resultado, la generación de gases no condensables (por ejemplo, oxígeno, hidrógeno) a partir de la radiólisis de agua no se acumulará bajo las aletas ya que la fuerza de flotación en condiciones de flujo bajo permitirá que el gas fluya hacia arriba. Además, la superficie superior plana seguida por el borde delantero puede permitir una mejor mezcla debido a las diferentes condiciones de velocidad. La separación entre las aletas puede optimizarse basándose en condiciones de flujo y el ancho del canal de flujo. Por ejemplo, una relación de la longitud de la aleta en la altura de la aleta puede ser igual a aproximadamente 1, aunque los ejemplos no se limitan a la misma. Una relación de separación entre aletas adyacentes en la longitud de la aleta puede ser igual a aproximadamente 2, aunque los ejemplos no se limitan a la misma.

La ubicación radial y la dirección angular de las aletas pueden configurarse de tal manera que tienen lugar más movimientos horizontales durante la caída vertical del agua de tal manera que se puedan reducir o eliminar las rayas frías (que típicamente tienen lugar en la técnica convencional).

5 En otro ejemplo, se puede proporcionar una región de existencias para aumentar el agua en existencias en la región inferior bajante. La región de existencias permite una reducción de turbulencia bajante u mejor mezcla antes de que el agua entre en la entrada del núcleo. En particular, la configuración de la pared de la chimenea puede modificarse para conformar las paredes de las particiones interiores de la chimenea (que son estructuras cuadradas que se colocan dentro de la estructura cilíndrica de la chimenea). En un caso, la chimenea puede devenir una estructura de dos partes. Una chimenea de dos partes puede proporcionar algunas ventajas de mantenimiento y fabricación.

10 En otro ejemplo, los interruptores de flujo (por ejemplo, nervios, aletas) pueden también proporcionarse sobre la pared interior del vasija de presión del reactor para producir una protuberancia en la región bajante. Los interruptores de flujo pueden tener dimensiones y separaciones similares a los interruptores de flujo sobre la chimenea. Cuando los interruptores de flujo se disponen de una manera escalonada, el agua puede fluir a través de la región bajante en una ruta de flujo ondulante.

15 En otro ejemplo, la eficacia de la mezcla en la región bajante puede aumentarse añadiendo aspas giratorias sobre la superficie exterior de la chimenea. Las válvulas pueden girar hacia abajo la chimenea en un ángulo de y longitud de paso deseados. Cada aspa puede tener una geometría deseada, que puede incluir un ancho de aspa y una altura de canal comprendido dentro de un ancho de sección global.

20 Los siguientes ejemplos se tratarán en conexión con los dibujos adjuntos. Debe entenderse que las diversas realizaciones de ejemplo tratadas en el presente documento son meramente de naturaleza ilustrativa y no pretenden ser limitantes. Dicho esto, debería entenderse que las diversas dimensiones, disposiciones, propiedades, etc. de un ejemplo también son aplicables a los otros ejemplos a menos que se prohíba basándose en los principios tratados en el presente documento.

25 La figura 3 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con una realización no limitante de la presente divulgación. En referencia a la figura 3, la chimenea 308 puede incluir un cuerpo hueco con una superficie interior y una superficie 310 exterior opuesta. La chimenea 308 puede ser una estructura cilíndrica que se abre en ambos extremos. La chimenea 308 incluye estructuras 320 y 322 de disparo en la superficie 310 exterior de la chimenea 308. Las estructuras 320 de disparo tienen una primera longitud de la superficie 310 exterior de la chimenea 308, mientras que las estructuras 322 de disparo tienen una segunda longitud de la superficie 310 exterior de la chimenea 308. La segunda longitud es superior que la primera longitud. La altura de las estructuras 320 y 322 de disparo es paralela al cuerpo alargado de la chimenea 308 y perpendicular a la longitud. La longitud de las estructuras 320 y 322 de disparo es perpendicular a las superficies 310 exteriores de la chimenea 308. La longitud puede ser igual o superior que la altura, aunque las realizaciones de ejemplo no se limitan a la misma.

35 Mientras que la figura 3 muestra que la chimenea 308 tiene ambas estructuras 320 y 322 de disparo, debería entenderse que la chimenea 308 puede tener solo las estructuras 320 de disparo o solo las estructuras 322 de disparo tal como todas las estructuras de disparo tienen la misma longitud de la superficie 310 exterior de la chimenea 308. De manera alternativa, las estructuras 320 y 322 de disparo pueden disponerse de manera alternativa para formar un perfil ondulante (como se muestra en el lado derecho de la chimenea 308 de la figura 3). En particular, las estructuras de disparo de dos, tres, o más longitudes diferentes pueden disponerse en intervalos regulares para formar diversos perfiles (por ejemplo, perfiles con forma de onda, perfiles de dientes de sierra). La separación entre las estructuras 320 y 322 de disparo puede ser regular o irregular. La separación entre las estructuras 320 y 322 de disparo puede ser mayor que la longitud, aunque las realizaciones de ejemplo no se limitan a la misma. Las estructuras 320 y 322 de disparo pueden formarse de diversos conjuntos, diseños, y patrones basándose en una vista frontal de la chimenea 308. Adicionalmente, mientras que las estructuras 320 y 322 de disparo aparecen poligonales basándose en sus perfiles, debería entenderse que las estructuras 320 y 322 de disparo pueden ser estructuras poligonales o cilíndricas (por ejemplo, estructuras de tipo tubería) basándose en una vista frontal de la chimenea 308.

50 La figura 4 es una vista superior de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con un ejemplo. En referencia a la figura 4, la pluralidad de estructuras 320 de disparo sobresalen radialmente a partir de la superficie 310 exterior del cuerpo hueco de la chimenea 308. Las estructuras de disparo pueden tener una separación 330 angular de aproximadamente 10 grados hasta aproximadamente 45 grados.

55 La figura 5 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 5, la chimenea 508 incluye estructuras 520 y 522 de disparo en la superficie 510 exterior de la chimenea 508. Las estructuras 520 y 522 de disparo son estructuras curvadas, con las estructuras 520 de disparo siendo más grandes que las estructuras 522 de disparo. Por ejemplo, las estructuras 520 y/o 522 de disparo pueden ser estructuras parcialmente esféricas (por ejemplo, estructuras hemisféricas), aunque los ejemplos no se limitan a la misma. Este tamaño de las estructuras 520 de disparo puede también aumentarse de tal manera que las estructuras 520 de disparo están en contacto entre sí. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-4.

5 La figura 6 es una vista en sección transversal de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 6, la chimenea 608 incluye estructuras 620 y 622 de disparo en la superficie 610 exterior de la chimenea 608. La estructura 620 de disparo puede tener un perfil que parece un triángulo derecho. En particular, las estructuras 620 de disparo tienen una superficie nivelada superior y una superficie inclinada inferior que se inclina hacia abajo en la superficie 610 exterior del cuerpo hueco de la chimenea 608. La superficie superior de la estructura 620 de disparo puede ser perpendicular a la superficie 610 exterior de la chimenea 608. La estructura 622 de disparo puede tener un perfil que se parece a un triángulo isósceles (por ejemplo, un triángulo equilátero), aunque los ejemplos no se limitan a la misma. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-5.

10 La figura 7 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 7, una pluralidad de estructuras 720 de disparo se disponen periódicamente a lo largo de toda la superficie 710 exterior del cuerpo hueco de la chimenea 708. La primera disposición 740 incluye filas alineadas de las estructuras 720 de disparo para formar un conjunto regular. La segunda disposición 750 incluye filas escalonadas de las estructuras 720 de disparo para formar un conjunto escalonado (por ejemplo, un patrón del inspector). Debería entenderse que la chimenea 708 puede incluir solo la primera disposición 740, solo la segunda disposición 750, tanto la primera disposición 740 como la segunda disposición 750, o una combinación que implica otros patrones. La pluralidad de estructuras 720 puede ocupar aproximadamente del 40 % a aproximadamente el 80 % de la superficie exterior del cuerpo hueco. Adicionalmente, aunque las estructuras 720 de disparo se muestran como conformándose u orientándose para tener secciones transversales cuadradas o secciones transversales rectangulares, debería entenderse que las estructuras 720 de disparo pueden conformarse u orientarse alternativamente para tener secciones transversales de tipo diamante. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-6.

20 La figura 8 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 8, la chimenea 808 incluye estructuras 820 de disparo dispuestas en un patrón entrecruzado sobre la superficie 810 exterior de la chimenea 808. Debería entenderse que el tamaño del patrón entrecruzado puede variar del que se muestra en la figura 8. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-7.

25 La figura 9 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 9, la chimenea 908 incluye estructuras 920 de disparo dispuestas en un patrón en espiral sobre la superficie 910 exterior de la chimenea 908. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-8.

30 La figura 10 es una vista lateral de una chimenea de reactor nuclear de acuerdo con otro ejemplo. En referencia a la figura 10, la chimenea 1008 incluye estructuras 1020 de disparo que están en forma de aspas sobre la superficie 1010 exterior de la chimenea 1008. Las aspas se disponen en un patrón de intersección en ángulo y escalonado. Las aspas pueden ser estructuras rígidas o de cuchilla, aunque los ejemplos no se limitan a la misma. Además, debería entenderse que también son aplicables aquí las variaciones o alternativas tratadas en conexión con las figuras 3-9.

35 La figura 11 es una vista en sección transversal de una región bajante con estructuras de disparo en tanto la chimenea de reactor nuclear como en la vasija de presión del reactor de acuerdo con un ejemplo. En referencia a la figura 11, la chimenea 1108 incluye estructuras 1120 de disparo en la superficie 1110 exterior de la chimenea 1108. La vasija 1102 de presión del reactor también incluye estructuras 1124 de disparo sobre la superficie interior de la vasija 1102 de presión del reactor. La superficie 1110 exterior de la chimenea 1108 y la superficie interior de la vasija 1102 de presión del reactor definen una región 1106 bajante entremedias. Las estructuras 1120 y 1124 de disparo ayudan a facilitar un flujo 1104 ondulado a través de la región 1106 bajante.

40 Los principios de transferencia de masa convectiva pueden usarse para entender la eficacia de la mezcla. Las definiciones de los parámetros pertinentes, subíndices, y cantidades adimensionales se proporcionan a continuación.

Definición de parámetros:

- d: diámetro de la tubería, metros
- e: altura de aleta o nervadura, metros
- 50 n: número de esquinas agudas que se enfrentan al flujo (establecidas como 1 para que la ecuación proporcione un valor numérico)
- p: paso de los nervios/aletas (distancia entre los nervios y las aletas)
- α : ángulo de contacto (90° en todos los análisis para imitar el flujo directo)
- β : grados de paso de nervadura/aleta (en grados)

55 Definición de subíndices:

- e: superficie mejorada (nervios o aletas)
- s: superficie lisa

Cantidades adimensionales:

Re: Número de Reynolds $Re = \frac{\rho V d}{\mu}$, relaciona las fuerzas inerciales con las fuerzas viscosas en el fluido que fluye

Pr: Número de Prandtl $Pr = \frac{\nu}{\alpha}$, relaciona la difusividad momentánea con la difusividad térmica

Sh: Número de Sherwood $Sh = \frac{hL}{D}$, relaciona la transferencia de masa convectiva con la transferencia de masa difusiva. Usado en el presente documento para mostrar un aumento en la transferencia de masa convectiva.

Sc: Número de Schmidt $Sc = \frac{\nu}{D}$, relaciona la difusividad momentánea con la difusividad de masa, usado en correlación para los cálculos para el número de Sherwood. La difusividad de agua en agua se usó en los cálculos Sc.

Nu: Número de Nusselt $Nu = \frac{hL}{k_f}$, relaciona la transferencia de calor convectiva con la transferencia de calor conductiva.

El Factor de Fricción de Ventilación aumenta sobre la tubería lisa para la nervadura la aleta:

$$\frac{f_e}{f_s} = \left\{ 1 + \left[Re^{(0,67-0,06\frac{p}{d}-0,49\frac{\alpha}{90})} * \left(\frac{e}{d}\right)^{(1,37-1,75\frac{p}{d})} * \left(\frac{p}{d}\right)^{(-1,66*10^{-6}*Re-0,33\frac{\alpha}{90})} * \left(\frac{\alpha}{90}\right)^{(4,59+4,11*10^{-6}*Re-0,15\frac{p}{d})} * \left(1 + \frac{2,94}{\sin \beta}\right)^{\frac{15}{16}} \right]^{\frac{16}{15}} \right\}$$

el número Nusselt aumenta sobre la tubería lisa para la nervadura y la aleta:

$$\frac{Nu_e}{Nu_s} = \left\{ 1 + \left[2,64 Re^{0,0036} \left(\frac{e}{d}\right)^{0,212} \left(\frac{p}{d}\right)^{-0,21} \left(\frac{\alpha}{90}\right)^{0,29} Pr^{-0,024} \right]^7 \right\}^{\frac{1}{7}}$$

15 El Número de Sherwood es la correlación de transferencia de masa del Número de Nusselt, que relaciona la transferencia de masa convectiva a la difusiva. De modo que la ecuación se puede escribir como:

$$\frac{Sh_e}{Sh_s} = \left\{ 1 + \left[2,64 Re^{0,0036} \left(\frac{e}{d}\right)^{0,212} \left(\frac{p}{d}\right)^{-0,21} \left(\frac{\alpha}{90}\right)^{0,29} Sc^{-0,024} \right]^7 \right\}^{\frac{1}{7}}$$

Cuando el número de Prandtl se reemplazó por el número de Schmidt, que es su corolario de transferencia de masa.

20 La figura 12 es un gráfico que muestra un factor de aumento en número de Sherwood frente a una extensión de la protuberancia de una estructura de disparo. En referencia a la figura 12, el cálculo del número de Sherwood no pudo distinguir entre nervios y aletas, y, por lo tanto, los gráficos para dos geometrías diferentes se encuentran encima uno de otro, mostrando solo una línea. Esto vino como resultado de la correlación que no explica la curvatura, o falta de la misma, del objeto que aumenta la mezcla en el flujo. La tendencia general muestra el aumento en el número de Sherwood como una función de la altura de la nervadura o de la aleta.

25 La figura 13 es un gráfico que muestra un factor de aumento en el factor de fricción Fanning frente a una extensión de la protuberancia de una estructura de disparo. En referencia a la figura 13, existe un aumento en el Factor de fricción de ventilación como una función de la altura de la nervadura o de la aleta. La geometría aumenta el factor de fricción de manera que la geometría más que la geometría de la nervadura a la misma altura de la nervadura o de la aleta, que sugiere un aumento adicional en la eficacia de mezcla como resultado de una tasa de aumento de la disipación de energía. También es importante tener en cuenta que el número de Reynolds en esta simulación fue un factor de 2 superior al límite superior usado en las correlaciones. Los cálculos muestran un aumento potencial grande en la eficacia de mezcla como resultado de las adiciones de geometría acanalada o con nervaduras.

De acuerdo con un ejemplo, un procedimiento de mejora de una entalpía de entrada del núcleo puede incluir interrumpir un flujo descendente de agua dentro de una región bajante de una vasija de presión del reactor con una

5 pluralidad de primeras estructuras de disparo. La región bajante es un espacio anular definido por la vasija de presión del reactor y una chimenea dentro de la vasija de presión del reactor. La pluralidad de primeras estructuras se dispone sobre una superficie exterior de la chimenea. La interrupción puede incluir la interrumpir el flujo descendente de agua con una superficie plana de la pluralidad de las primeras estructuras de disparo. La superficie plana puede ser perpendicular a la superficie exterior de la chimenea. La interrupción puede incluir la interrumpir el flujo descendente de agua con una superficie curvada de la pluralidad de las primeras estructuras de disparo. La pluralidad de las primeras estructuras de disparo sobresale una primera longitud en el espacio anular, siendo la primera longitud aproximadamente del 1 % a aproximadamente de 15 % de una distancia entre la superficie exterior de la chimenea y la vasija de presión del reactor. La interrupción puede incluir dirigir el flujo descendente de agua lejos de la superficie exterior de la chimenea y hacia la vasija de presión del reactor. La interrupción puede incluir adicionalmente crear un flujo ondulado del agua a través de la región bajante. La interrupción puede incluir, también aumentar la uniformidad térmica de tal manera que la temperatura del agua en la parte inferior de la región bajante varía por no más de 5 grados Celsius. La región bajante puede extenderse al menos 7 metros. El procedimiento puede incluir, además, interrumpir el flujo descendente del agua dentro de la región bajante con una pluralidad de estructuras de disparo, en el que la pluralidad de segundas estructuras de disparo se dispone sobre una superficie interior de la vasija de presión del reactor.

20 Como resultado, pueden lograrse condiciones de entrada de núcleo mezcladas y más consistentes, permitiendo así que el reactor alcance más fácilmente la energía térmica nominal del núcleo. Otra ventaja es que la flexibilidad en la longitud de la chimenea soporta un mejor repostaje y menos espacio sobre el piso de reposición. La distribución de energía radial a través del núcleo puede reducirse también.

Mientras que un número de realizaciones de ejemplo se han desvelado en el presente documento, debería entenderse que otras variaciones pueden ser posibles. Tales variaciones no se contemplan como una desviación del ámbito de la presente divulgación, y todas las modificaciones que serían obvias para un experto en la materia pretenden incluirse dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones.

25

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de mejora de la mezcla de agua en una región bajante de una vasija de presión del reactor para mejorar así una entalpía de entrada del núcleo de un reactor nuclear, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 interrumpir un flujo descendente de agua dentro de la región bajante del vasija de presión del reactor con una pluralidad de estructuras (320, 322) de disparo, siendo la región bajante un espacio anular definido por la vasija de presión del reactor y una chimenea (308) dentro de la vasija de presión del reactor, dispuesta la pluralidad de estructuras de disparo sobre una superficie (310) exterior de la chimenea; y estando **caracterizado porque** la pluralidad de estructuras de disparo tienen diferentes longitudes que se disponen para formar un perfil ondulado.
- 10 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la interrupción incluye perturbar el flujo descendente del agua con una superficie plana de la pluralidad de estructuras de disparo, en el que la superficie plana es perpendicular a la superficie exterior de la chimenea (308).
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la interrupción incluye perturbar el flujo descendente del agua con una superficie curvada de la pluralidad de estructuras de disparo.
- 15 4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la pluralidad de estructuras de disparo sobresalen una primera longitud en el espacio anular, siendo la primera longitud aproximadamente del 1 % al 15 % de una distancia entre la superficie exterior de la chimenea y la vasija de presión del reactor.
5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la interrupción incluye dirigir el flujo descendente de agua lejos de la superficie exterior de la chimenea y hacia el vasija de presión del reactor.
- 20 6. Una chimenea (308) dispuesta para definir una región bajante dentro de un reactor nuclear como espacio anular definido por la chimenea y la vasija de presión del reactor, comprendiendo la chimenea:
 - un cuerpo hueco con una superficie interior y una superficie (310) exterior opuesta; y una pluralidad de estructuras (320, 322) de disparo sobre la superficie exterior del cuerpo hueco; y **caracterizada porque** la pluralidad de estructuras de disparo tiene diferentes longitudes y se disponen para formar un perfil ondulado.
- 25 7. La chimenea (308) de la reivindicación 6, en la que la pluralidad de estructuras (320, 322) de disparo sobresalen radialmente de la superficie (310) exterior del cuerpo hueco.
8. La chimenea (308) de cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en la que la pluralidad de estructuras (320, 322) de disparo tienen una longitud y una altura, siendo la altura perpendicular a la superficie (310) exterior del cuerpo hueco, siendo la longitud igual a o superior que la altura.
- 30 9. La chimenea (308) de la reivindicación 8, en la que la pluralidad de estructuras (320,322) de disparo tienen una separación entremedias, siendo el espacio superior que la longitud.
10. La chimenea (308) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en la que la pluralidad de estructuras de disparo tiene una separación (330) angular de aproximadamente 10 grados a 45 grados.
11. La chimenea (608) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en la que la pluralidad de estructuras (620) de disparo tienen una superficie superior nivelada y una superficie inferior inclinada que se inclina hacia debajo de la superficie (610) exterior del cuerpo hueco.
- 35 12. La chimenea (708) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en la que la pluralidad de estructuras (720) de disparo se disponen periódicamente a través de toda la superficie (710) exterior del cuerpo hueco.
13. La chimenea (708) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en la que la pluralidad de estructuras (720) de disparo ocupan aproximadamente del 40% al 80% de la superficie exterior del cuerpo hueco.

40

FIG. 1

TÉCNICA CONVENCIONAL

100

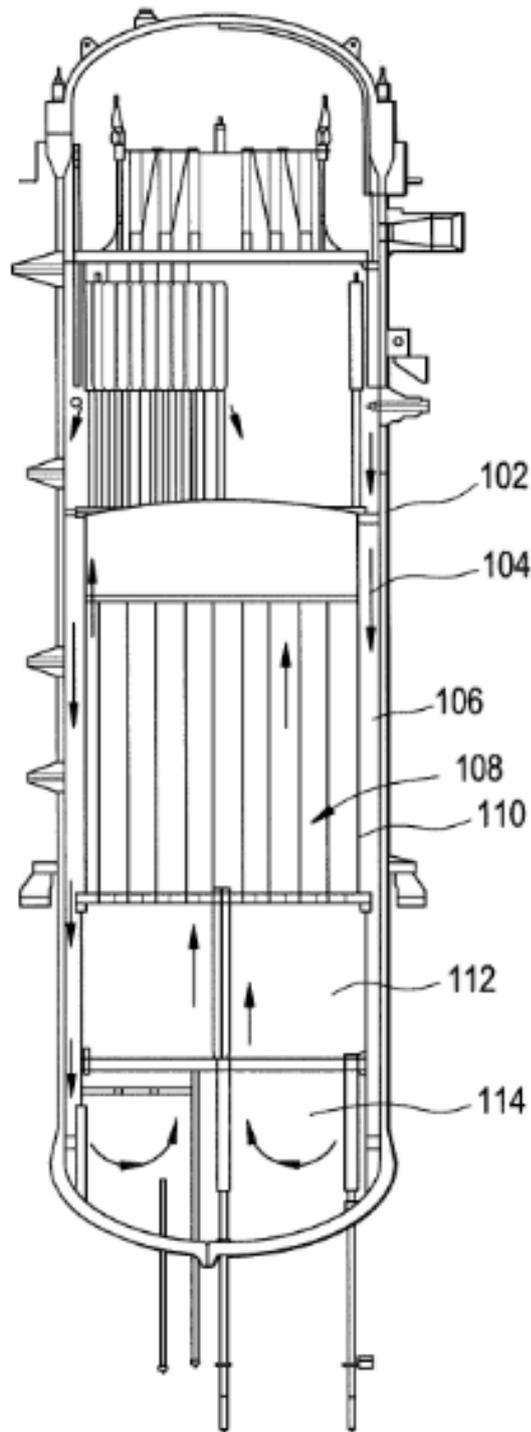


FIG. 2

TÉCNICA CONVENCIONAL

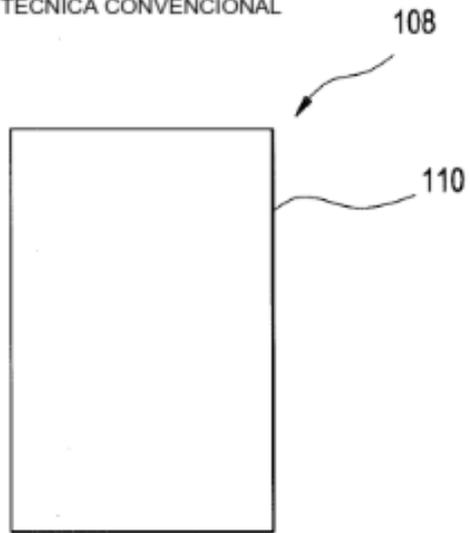


FIG. 3

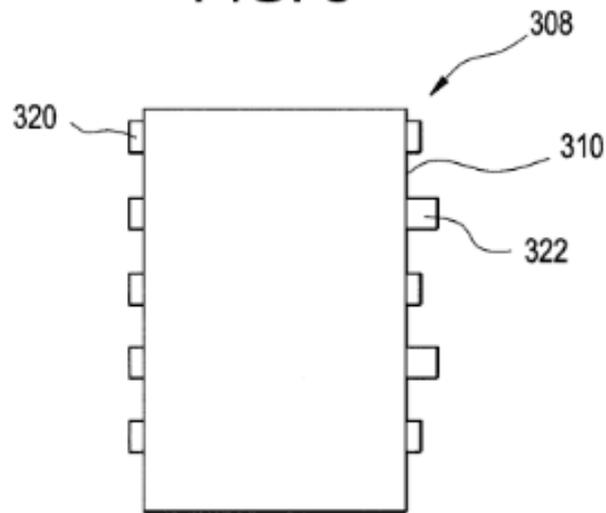


FIG. 4

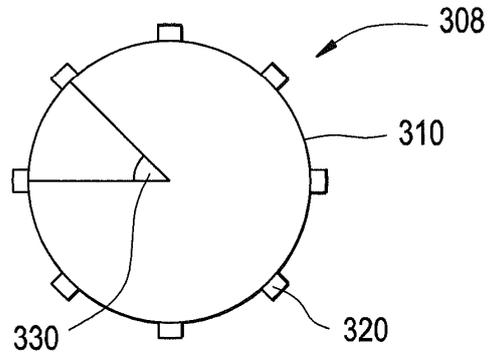


FIG. 5

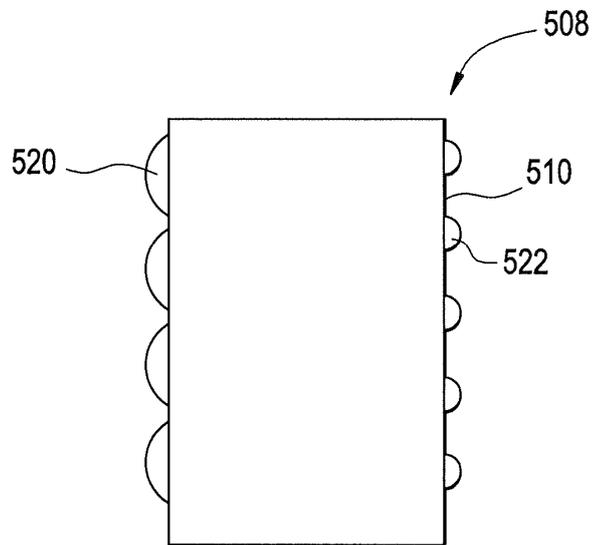


FIG. 6

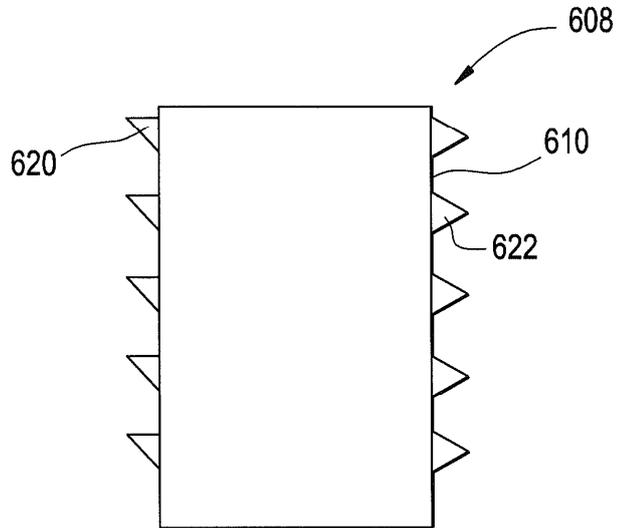


FIG. 7

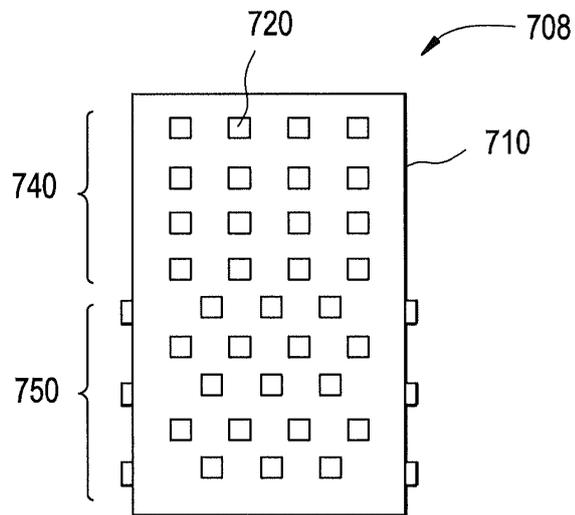


FIG. 8

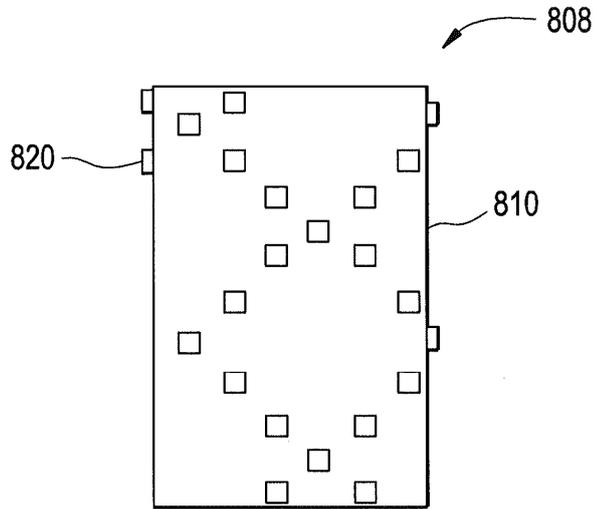


FIG. 9

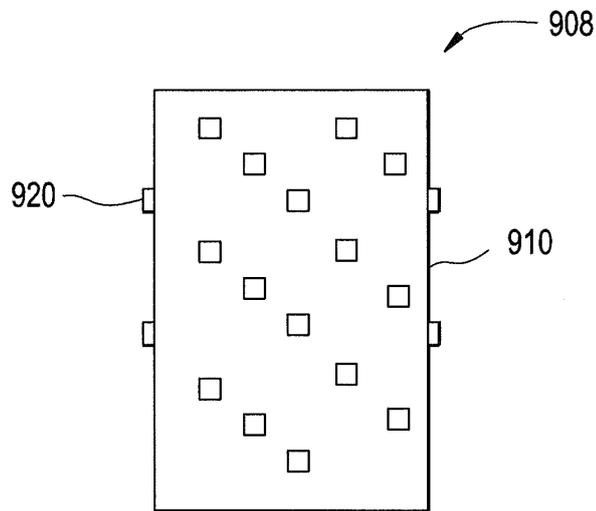


FIG. 10

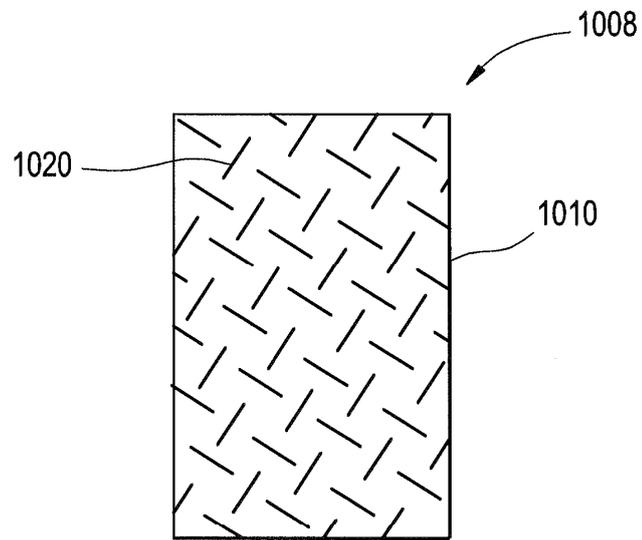


FIG. 11

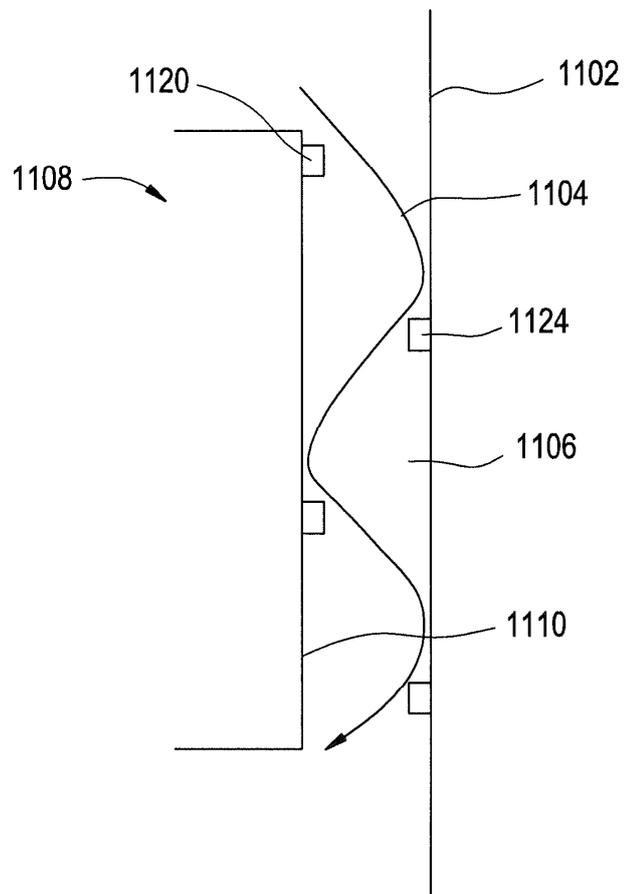


FIG. 12

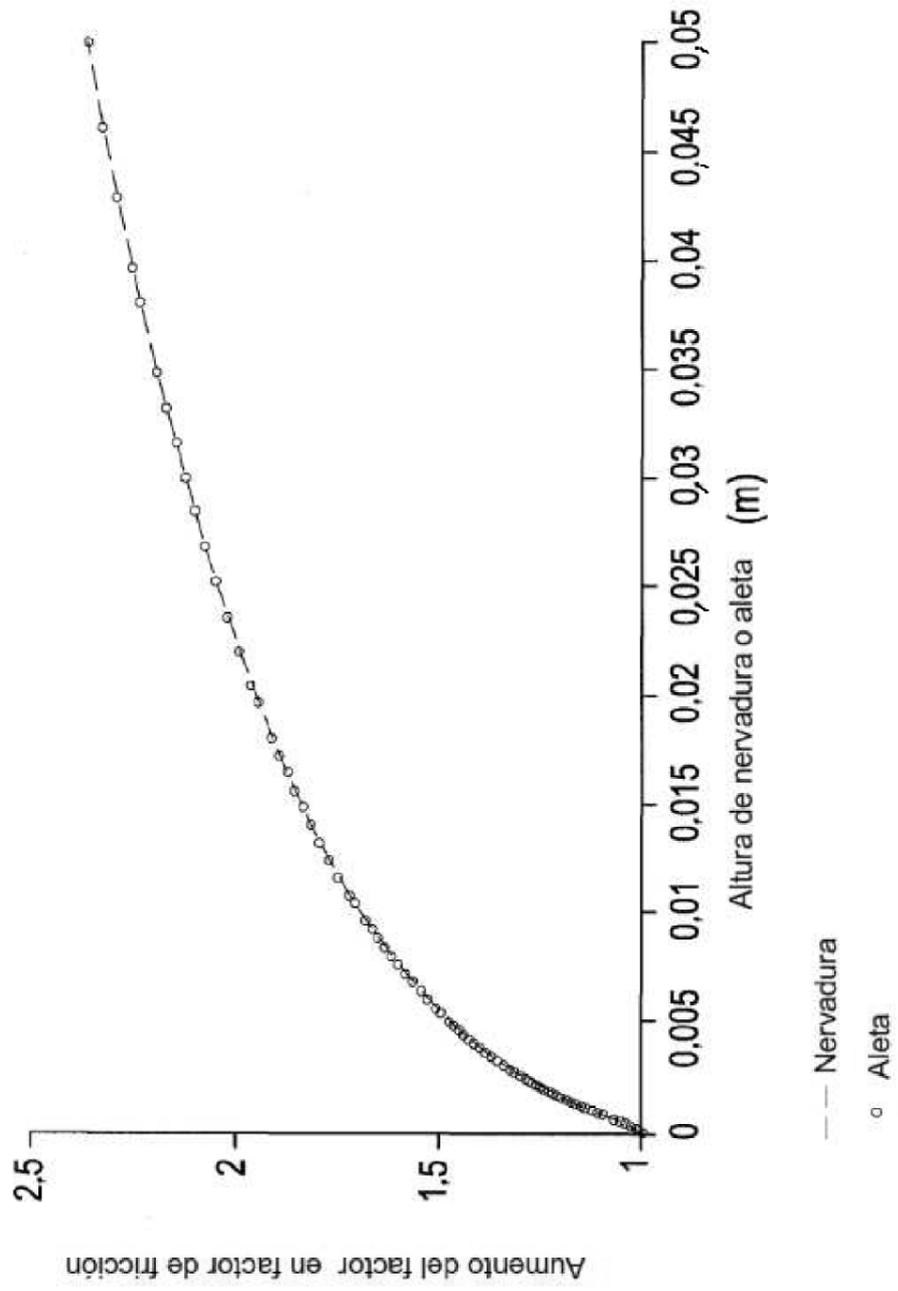


FIG. 13

