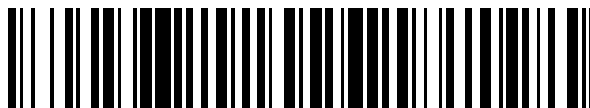


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 166**

21 Número de solicitud: 201300434

51 Int. Cl.:

G21C 9/02 (2006.01)

G21C 1/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

10.05.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.03.2014

Fecha de la concesión:

16.07.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

23.07.2014

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (50.0%)
C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid (Madrid) ES y
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A
DISTANCIA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, José María;
ABÁNADES VELASCO, Alberto;
PIERA CARRETE, Mireia;
MUÑOZ ANTÓN, Javier;
CORROCHANO SÁNCHEZ, Carlos;
RAMOS MILLÁN, Alberto y
MARTÍNEZ-VAL PIERA, Juan**

54 Título: **Reactor nuclear de reflector fundido**

57 Resumen:

Reactor nuclear de reflector fundido.

Reactor lateralmente rodeado por un material reflector neutrónico contenido en recipientes planos o en coronas cilíndricas, siendo el material reflector muy transparente a los neutrones pero de alta tasa de retrodispersión neutrónica, y con temperatura de fusión más baja que la de la envoltura de las placas; estando el material reflector en estado líquido durante el funcionamiento del reactor, pudiendo ser evacuado súbitamente si se traspasa alguna señal de alarma.

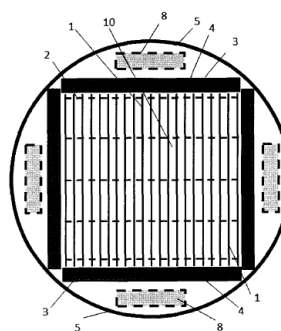


Figura 1

ES 2 449 166 B2

DESCRIPCIÓN

REACTOR NUCLEAR DE REFLECTOR FUNDIDO

SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención se encuadra en el campo de los reactores nucleares de fisión, y
5 particularmente los refrigerados por gas, sin existencia de moderador, con lo cual
se conforma en ellos un espectro neutrónico rápido. Tienen la peculiaridad de
presentar un valor muy pequeño del coeficiente de película de convección; lo
cual limita su densidad de potencia, y tanto mayor es la limitación cuanto menor
es la presión de trabajo, por lo que el gas debe circular dentro de la vasija del
10 reactor a presión alta, por encima de 10 MPa (megapascasles), sin que ello
implique condiciones inusuales en el funcionamiento, pero se ha de tener en
cuenta que si falla en alguna parte la estanqueidad del circuito de presión del
gas, se ha de detener la reacción de fisión en cadena, aunque ello no anula la
generación de calor procedente de las desintegraciones radiactivas, lo que
15 impone requisitos adicionales de diseño; como también los imponen los criterios
relativos a la reactividad del reactor, que es la capacidad que tiene para
aumentar su población neutrónica, y por ende la potencia térmica dominante,
producida por las reacciones nucleares. Lo que se presenta en la invención es
una configuración geométrica de las piezas elementales que constituyen el
20 reactor, y el ensamblaje de dichas piezas para conseguir efectos muy positivos
en la seguridad a ultranza del reactor.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En lo que va de siglo, ha sido notorio el interés en los reactores de la llamada
25 Generación 4, entre los cuales se encuentra el Reactor Nuclear Rápido
refrigerado por gas, que es la familia de reactores en la que se encuadra esta
invención, aunque podría emplearse en otros reactores también.

Existen varios documentos sobre reactores, y particularmente con el combustible
nuclear metido en placas, pero ninguno se asemeja a la configuración propuesta,
30 ni en geometría ni en principio de funcionamiento.

El documento WO2009053453 presenta un dispositivo para fijar las placas de un
reactor, refrigerado por gas y de alta temperatura. Un ejemplo distinto,

exponiendo un reactor de alta temperatura refrigerado por gas, se encuentra en RU2408095. Análogamente, el documento WO2011104446 presenta unas configuraciones que ilustran el estado del arte, incluyendo el acoplamiento del reactor con el ciclo termodinámico utilizado, que es ajeno al reactor, pero el
5 reactor ha de estar diseñado para ese acoplamiento reactor-ciclo térmico.

En cuanto a un requisito importante en los accidentes nucleares, que es el de evitar que se reconfigure el reactor en una geometría de mayor reactividad y con una reacción en cadena con potencia creciente, el documento JP2002055187
10 presenta una configuración de interés para tal fin, pero estrictamente hablando no puede considerarse un precedente, aunque sirve para definir el estado del arte en Reactores Nucleares Rápidos.

Quizá la mejor definición del estado del arte en reactores rápidos refrigerados por gas, con el combustible embebido en placas, sea el artículo de P. Dumaz "Gas-cooled fast reactors. Status of CEA design studies", *Nuclear Engineering and Design*, **237**, 1618-1627 (año 2007) pero ninguno de sus análisis trata de los
15 temas vinculados a la invención que aquí se presenta.

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER

El problema a resolver es encontrar una disposición de los materiales
20 constituyentes del reactor que, ante un fallo de refrigeración, es decir, una disminución de la capacidad de extracción de la potencia térmica del reactor, se produzcan mecanismos, naturales o directamente actuantes sin necesidad de intervención humana, de tal manera que se asegure que la reacción en cadena del reactor se extingue. En otras palabras, cuando aumenta la temperatura por
25 encima de un punto de consigna, entran en juego mecanismos naturales, como es la caída de cuerpos por gravedad, si una sujeción o el relé eléctrico de una sujeción mecánica se funde.

Un caso convencional es la inserción de barras de control en el reactor, ante una circunstancia como la descrita en el párrafo anterior. En la invención se propone
30 un mecanismo de seguridad directamente actuante, que puede posibilitar la operación segura de reactores rápidos refrigerados por gas.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en configurar el sistema neutrónico en su conjunto como un reactor de alta tasa de fugas neutrónicas, rodeado por un material reflector neutrónico contenido en recipientes con forma seleccionada entre placas planas o coronas cilíndricas abarcando un sector circular, y siendo el material reflector

5 muy transparente a los neutrones pero de alta tasa de retrodispersión neutrónica, y con temperatura de fusión más baja que la del material de los recipientes; estando el material reflector en estado líquido en condiciones de funcionamiento del reactor, confinado en los recipientes dichos, que disponen de unas válvulas de vaciado rápido, que abren súbitamente si se traspasa alguna

10 señal de consigna, en particular referente a temperaturas de partes del reactor y a la temperatura de salida del fluido refrigerante, y desaguan el material fundido en otros recipientes alejados del reactor y sin relación neutrónica con él.

En condiciones nominales de operación, el reactor alcanza criticidad merced a los neutrones que recupera por efecto del reflector, de los originalmente fugados.

15 En caso de accidente grave, es preciso tener un procedimiento natural o de accionamiento directo, para detener la reacción en cadena, lo cual se consigue vaciando, por gravedad, el material fundido que hace de reflector. El vaciado por gravedad puede hacerse por detección, decisión, y ejecución de tipo electrónico; o por fusión natural de un fusible situado en lugar ad-hoc.

20 Una cuestión inherente a esta invención es que el reactor debe ser de alta fuga neutrónica, pues de lo contrario el valor del reflector en reactividad es muy pequeño, y su función de seguridad muy exigua, por lo que los elementos del reactor han de estar configurados de tal forma que la probabilidad de escape de los neutrones sea alta. Para ello se pueden emplear varias opciones de diseño,

25 como es la de hacer el reactor de menor anchura en una dirección respecto de las otras dimensiones, lo que aumenta la probabilidad de fuga por las caras perpendiculares a esa dirección; o agregar el combustible en placas paralelas separadas entre sí, cuya probabilidad de fuga neutrónica es proporcional a la separación entre placas.

30

EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 muestra un corte transversal del reactor con sus componentes esenciales, particularmente las placas y el reflector.

La figura 2 es un corte en alzado de una placa de combustible.

La figura 3 es un corte en alzado de un recipiente conteniendo material reflector neutrónico fundido.

La figura 4 es una representación esquemática de un reactor estrecho con reflector en los laterales donde las fugas neutrónicas son altas.

Para facilitar la comprensión de las figuras de la invención, y de sus modos de realización, a continuación se relacionan los elementos relevantes de la misma, anotando que las figuras no están a escala, pues algunos elementos no podrían identificarse:

1. Placas del reactor.
2. Protuberancias de las placas, para determinar la separación entre ellas.
3. Material reflector neutrónico.
4. Recipiente del material reflector 3.
5. Vasija del reactor.
6. Envoltura de placa de reactor.
7. Combustible nuclear que constituye el relleno de la placa.
8. Absorbente neutrónico exterior al reflector.
9. Válvula de vaciado rápido del material reflector (3) en estado fundido.
10. Reactor.

20

MODO PREFERENTE DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La invención se ha de materializar alrededor de un reactor de alta fuga, lo cual conduce a seleccionar una de estas dos opciones como base de diseño para el reactor:

- Hacer el reactor de menor anchura en una dirección, respecto de las otras dimensiones, lo que aumenta la probabilidad de fuga por las caras perpendiculares a esa dirección, pues esta probabilidad es tanto mayor cuanto menor es dicha anchura, expresada ésta en recorrido libre medio de los neutrones en el reactor; y el reflector se ubica frente a dichas caras perpendiculares a la dirección de menor longitud del reactor.

30

- Agregar el combustible en placas paralelas separadas entre sí, lo cual proporciona además un campo de explicación más fácil de ilustrar.

Para construir un reactor se ha de disponer del combustible nuclear con la formulación química que se desee y con la composición isotópica adecuada al fin nuclear que se persiga, y encapsularlo dentro de las vainas, que en este caso
5 elegido como ilustración de la invención, tienen forma de placas, que han de ser de material metálico resistente a la temperatura de funcionamiento que se desee tener, lo cual puede requerir acero inoxidable de alta calidad (con manganeso, por ejemplo) o Inconel de alta gama, basado en níquel.

10 Ese mismo material, o parecido, puede y debe usarse en los recipientes de material reflector, que actuarán como crisoles de fundición de su material de llenado, que puede seleccionarse entre las aleaciones de plomo, especialmente. En todo caso, ese material debe tener un punto de fusión por debajo de la temperatura del fluido refrigerante. Por ejemplo, el refrigerante puede ser un gas
15 como helio o dióxido de carbono, con temperatura de salida superior a 500 °C, estando la superficie de la envoltura de las placas a valores próximos a 600 °C; lo cual está muy por encima de la temperatura de fusión del plomo, que es de 324 °C. Algunas aleaciones, como el eutéctico plomo/bismuto (45/55), tienen puntos de fusión todavía más bajos. En todo caso, el plomo presenta muy baja
20 tasa de captura neutrónica para neutrones rápidos, tiene alta densidad (fundido, de unos 10,5 g/cm³) y alta tasa de dispersión de neutrones. Es por tanto un candidato idóneo para cumplir el cometido necesario, de favorecer con su presencia como reflector la continuidad de la reacción en cadena en el reactor; y a su vez inhibirla o extinguirla cuando desaparece de su posición al ser
25 evacuado de sus recipientes alrededor del reactor, cuando se detecta una alarma en alguna de las variables críticas. De éstas, son fundamentales las temperaturas en el interior de las placas, también las de sus envolturas, y la temperatura de salida del fluido refrigerante. En principio, la mejor opción para éste es un gas, particularmente helio (aunque es caro, y no justificable si las
30 temperaturas se mantienen en los rangos indicados) o dióxido de carbono, de propiedades muy adecuadas. La presión de trabajo debe ser suficientemente alta como para refrigerar el reactor sin requerir enormes potencias de bombeo del gas, y en general estará por encima de la presión crítica, de 7,3 MPa.

El reactor está pues constituido por agregación de placas paralelas entre sí, manteniendo entre dos placas consecutivas una separación dada por las protuberancias aisladas que existen en cada cara de cada placa, estando constituida cada placa por una envoltura de material sólido y estanco, dentro de
5 la cual se configura un espacio hueco interior en forma de placa semejante a la placa delimitada por la envoltura, rellenándose total o parcialmente dicho espacio hueco interior de combustible nuclear fisionable, manteniéndose las placas verticalmente, fluyendo el fluido refrigerante de abajo a arriba por los espacios de separación entre placas; y estando el reflector emplazado, al
10 menos, frente a las caras extremas a las que dan los huelgos entre placas, y en proximidad a dichas caras.

El material reflector, que puede ser plomo o una aleación de plomo, desaparece por gravedad, desde los recipientes habituales adyacentes al reactor, cuando los relés de las válvulas de vaciado reciben una señal de urgencia, o simplemente
15 se funde un fusible físico del circuito de mando de las válvulas de vaciado rápido.

Al desaparecer el reflector, se pierde esa potente realimentación de neutrones existente en condiciones nominales, pues una buena parte de los neutrones que escapan del reactor por los espacios inter-placas, es devuelta al reactor por efecto de la retrodispersión en el plomo o en cualquier otro material que muestra
20 buenas propiedades de retrodispersión, y muy bajas tasas de capturas neutrónicas. Cuando el plomo fundido, o cualquier otro material reflector neutrónico, es evacuado de los recipientes del reflector, deja de existir esa importante realimentación de neutrones fugados, lo cual hace que se extinga la reacción en cadena. Más aún, a esa reducción de reactividad puede ayudar el
25 absorbente neutrónico (8) ubicado más hacia afuera del reflector (3); pues prácticamente no tiene ningún efecto cuando está presente el reflector, pero es un sumidero de neutrones cuando el reflector desaparece.

La separación entre placas del reactor se establece en función del porcentaje que se seleccione de neutrones fugados del reactor, dándose la relación
30 cualitativa de que a mayor valor del cociente entre la separación en cuestión y la anchura en horizontal de la placa desde un extremo al otro, mayor es el porcentaje de fugas, y mayor es el efecto de reflector en el mantenimiento de la reacción en cadena. La separación entre placas no tiene por qué ser constante

en el reactor, pudiéndose determinar cada separación en función de acentuar más o menos el efecto del reflector en una determinada zona.

- La aportación esencial de esta invención es hacer compatible un reactor de espectro rápido, con las grandes ventajas que ello reporta para el aprovechamiento del combustible nuclear, con una disposición de elementos en los cuales aparece una función de seguridad basada en fenómenos absolutamente naturales, como es la fusión de un fusible por alta temperatura, y el vaciado del material reflector gracias a la gravedad, pues al desaparecer la fuerza eléctrica que mantiene cerrada la válvula de evacuación de ese recipiente mientras el fusible no se funde, el peso del plomo, o del material reflector en cuestión, abre la válvula y se produce la descarga. Para acelerar ésta, en los reactores cuya altura sea de varios metros, el recipiente del reflector no es uno solo cubriendo toda la altura, sino que se disponen verticalmente, uno encima de otro una pluralidad de recipientes, cada uno con su desagüe independiente.
- En cuanto a las dimensiones del reactor, éstas dependen de la potencia unitaria que se desee obtener, aunque es importante señalar que en los reactores refrigerados por gas, la densidad de potencia debe ser modesta, por debajo de 5 MW/m³, lo que limita la potencia unitaria y aconseja usar el concepto de reactor modular, existiendo varios módulos para alimentar a una misma turbina. Como ejemplo ilustrativo, si se tienen 21 placas en un volumen de 2x2x5 metros, siendo esta última cifra la altura, separadas entre sí 10 cm, se tendrían en total 420 m² de superficie (contando las dos caras de cada placa) y si se considera un coeficiente de película de 1.000 W/m²·K, y una diferencia de temperatura de 100 °C entre la superficie de las placas y el gas, la potencia térmica extraída (igual a la generada, en estado estacionario) sería de 42 MW. Las placas se podrían compactar más, por ejemplo con separaciones de 5 cm, pero entonces el efecto del reflector disminuye, y su misión de seguridad no está tan garantizada. En este nuevo caso cabrían 41 placas de las dichas, y generarían 82 MW (es decir, una densidad de potencia algo mayor que 4 MW/m³). En cuanto al uso de combustible, en ambos casos la potencia extraída por ambas caras, por m² de placa, es de 200 kW. Si se supone un relleno de combustible nuclear de 2 mm de espesor, con una densidad de 10 g/cm³, se tendría un peso de 20 kg/m²; y por tanto la potencia específica sería de 10 kW/kg, que es una cifra pequeña en comparación con lo obtenido empleando líquidos como refrigerantes, pero es suficientemente alta para el quemado, o aprovechamiento, del combustible

nuclear. Una opción elemental para aumentar la potencia es emplear aletas longitudinales verticales en las caras de las placas, lo cual entra ya en la ingeniería convencional.

Una vez descrita de forma clara la invención, se hace constar que las
5 realizaciones particulares anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle siempre que no alteren el principio fundamental y la esencia de la invención.

REIVINDICACIONES

1 – *Reactor nuclear de reflector fundido*, **caracterizado** porque el reactor (10) está rodeado por un material reflector neutrónico (3) contenido en recipientes (4) con forma seleccionada entre placas planas o coronas cilíndricas abarcando un sector circular, y siendo el material reflector muy transparente a los neutrones pero de alta tasa de retrodispersión neutrónica, y con temperatura de fusión más baja que la del material de los recipientes; estando el material reflector en estado líquido en condiciones de funcionamiento del reactor, confinado en los recipientes dichos, que disponen de unas válvulas de vaciado rápido (9), que abren súbitamente si se traspasa alguna señal de consigna, en particular referente a temperaturas de partes del reactor y a la temperatura de salida del fluido refrigerante, y desaguan el material reflector fundido (3) en otros recipientes alejados del reactor y sin relación neutrónica con él.

2 – *Reactor nuclear de reflector fundido*, según reivindicación primera, **caracterizado** porque el material reflector (3) puede ser plomo o una aleación de plomo, y desaparece por gravedad de sus recipientes (4) adyacentes al reactor, cuando los relés de las válvulas de vaciado reciben una señal de urgencia para la extinción de la reacción en cadena; o se funde un fusible del circuito eléctrico que mantiene cerradas dichas válvulas de vaciado rápido (9).

3 – *Reactor nuclear de reflector fundido*, según cualquiera de las reivindicaciones primera y segunda, **caracterizado** porque para contener al material del reflector de cada lado del reactor, se selecciona el recipiente (4) entre uno solo cubriendo toda la altura, o una pluralidad de recipientes de menor altura dispuestos verticalmente, uno encima de otro, cada uno con su desagüe independiente.

4 – *Reactor nuclear de reflector fundido*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el reactor (10) es una agregación de placas (1) paralelas entre sí, manteniendo entre dos placas consecutivas una separación dada por las protuberancias (2) aisladas que existen en cada cara de cada placa, estando constituida cada placa por una envoltura (6) de material sólido y estanco, dentro de la cual se configura un espacio hueco interior en forma de placa semejante a la placa delimitada por la envoltura, rellenándose total o parcialmente dicho espacio hueco interior de combustible nuclear fisionable (7), manteniéndose las placas verticalmente,

fluyendo el fluido refrigerante de abajo a arriba por los espacios de separación entre placas; dándose la relación cualitativa de que a mayor valor del cociente entre dicha separación y la anchura en horizontal de la placa desde un extremo al otro, mayor es el porcentaje de fugas, y mayor es el efecto de reflector en el
 5 mantenimiento de la reacción en cadena; estando el reflector emplazado, al menos, frente a las caras extremas a las que dan los huelgos entre placas, y en proximidad a dichas caras.

5 – *Reactor nuclear de reflector fundido*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el reactor (10) se construye de
 10 menor anchura en una dirección, respecto de las otras dimensiones, lo que aumenta la probabilidad de fuga por las caras perpendiculares a esa dirección, pues esta probabilidad es tanto mayor cuanto menor es dicha anchura, expresada ésta en recorrido libre medio de los neutrones en el reactor; y el reflector (3) se ubica frente a dichas caras perpendiculares a la dirección de
 15 menor longitud del reactor.

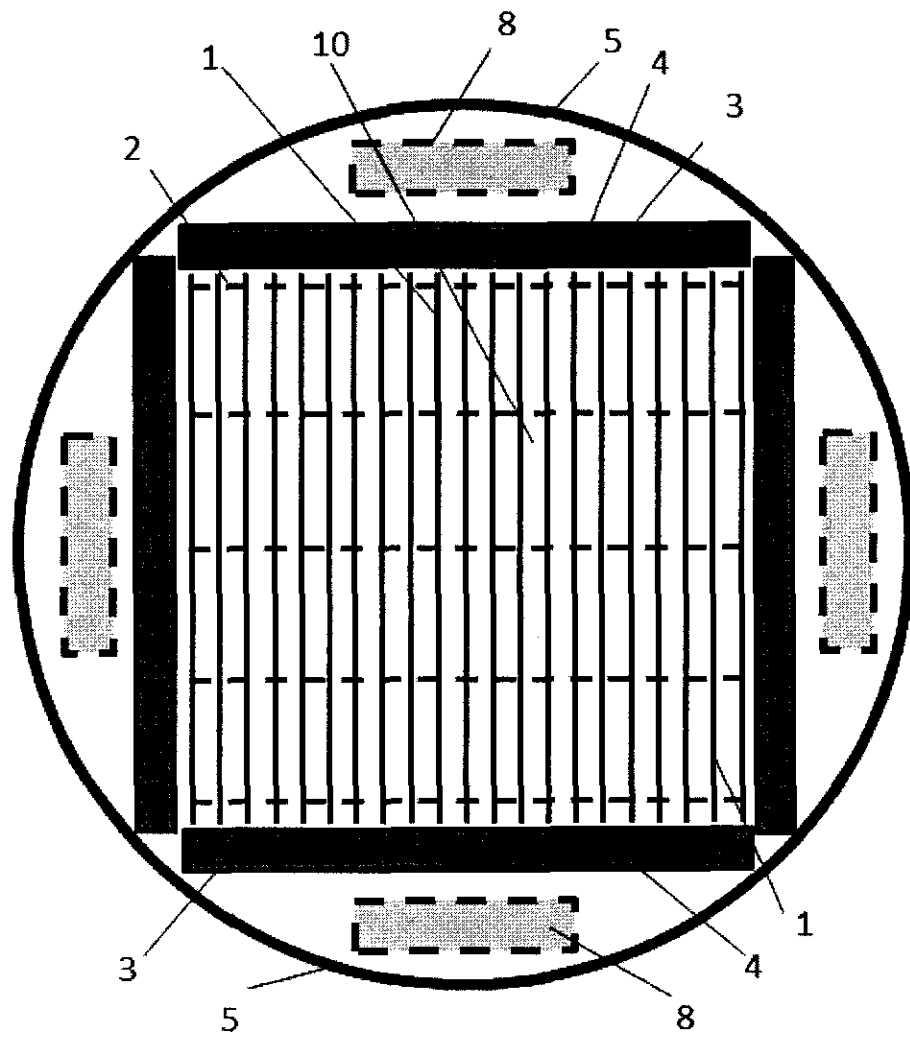


Figura 1

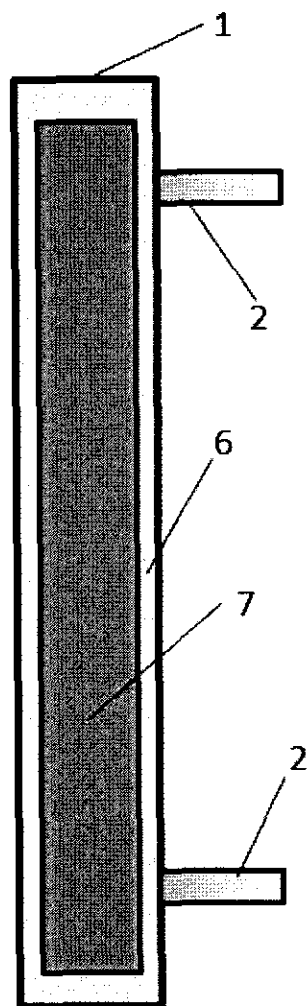


Figura 2

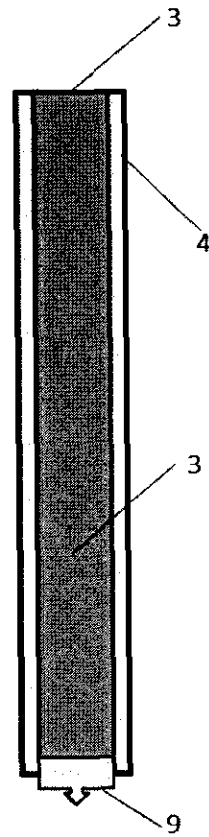


Figura 3

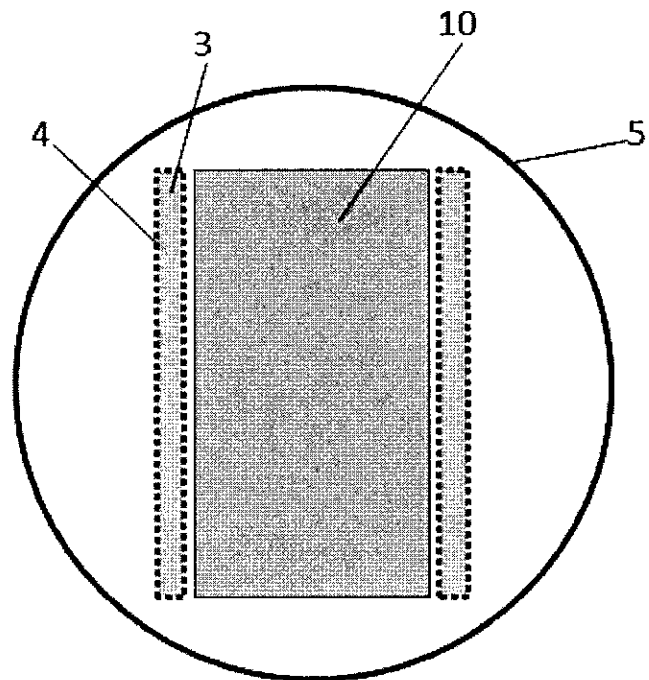


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 201300434
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.05.2013
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G21C9/02** (2006.01)
G21C1/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP H05188171 A (HITACHI LTD.) 30.07.1993, todo el documento.	1-4
A	DE 4433032 C1 (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH) 04.01.1996, resumen; columna 2, línea 15 – columna 6, línea 28; columna 7, líneas 11-19; columna 9, línea 9 – columna 12, línea 30; reivindicaciones 1-3; figuras.	1,2,4,5
A	US 20090190710 A1 (SAKAI, T. et al.) 30.07.2009, resumen; párrafos [0012]-[0021],[0045]-[0079]; figuras 1-4.	1-4
A	US 5420897 A (KASAI, S. et al.) 30.05.1995, resumen; columna 4, línea 23 – columna 5, línea 11; columna 8, línea 46 – columna 9, línea 3; columna 10, líneas 6-68; columna 11, líneas 33-39; columna 11, línea 52 – columna 12, línea 66; figuras 1,4-6.	1,2,4
A	JP H08129093 A (NUCLEAR FUEL IND. LTD.) 21.05.1996	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
04.03.2014

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G21C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 04.03.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-5	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-5	SI
	Reivindicaciones		NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP H05188171 A (HITACHI LTD.)	30.07.1993
D02	DE 4433032 C1 (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH)	04.01.1996

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se ha considerado, dentro del límite de tiempo establecido al efecto, que la invención definida en las reivindicaciones 1-5 de la presente Solicitud tiene novedad y actividad inventiva por no estar comprendida en el estado de la técnica ni poder deducirse de este de manera evidente por un experto en la materia.

Se han encontrado en el estado de la técnica documentos que recogen reactores nucleares de fisión con sistemas o configuraciones encaminadas a la seguridad pasiva, es decir, a una actuación directa, derivada de su naturaleza intrínseca y sin mecanismos complejos interpuestos, ante una situación de emergencia determinada por alguna señal de consigna. Entre tales documentos, algunos de ellos, referidos a reactores rápidos con reflector, recogen, como en la primera reivindicación de esta invención, el uso del propio material reflector como elemento en que se basa la actuación de seguridad. Así, por ejemplo, el documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría A para dicha primera reivindicación y considerado el antecedente tecnológico más próximo al objeto en ella definido, describe un reactor de fisión de neutrones rápidos provisto de un sistema de seguridad pasiva basado en conjuntos reflectores de neutrones (referencia 7 -véanse las figuras) dispuestos perimetralmente en torno al núcleo del reactor. Tales conjuntos reflectores constan de un elemento reflector movable (11) que tiene una región reflectora neutrónica (12), dispuesta, en funcionamiento normal, en relación neutrónica con el núcleo para el sostenimiento de la reacción en cadena, y una región de gas inactivo (13) situada sobre ella, estando el elemento reflector (11) dispuesto dentro de un tubo envolvente (10) y suspendido de un retén (14) provisto de un fusible de aleación de bajo punto de fusión (15), de tal manera que, ante una señal de consigna consistente en un incremento de temperatura del refrigerante primario suficiente para fundir el retén fusible, el elemento reflector (11) cae por el interior del tubo alejando la región reflectora del núcleo y situando la región inactiva en posición adyacente a este. Se consigue así, al suprimir la retrodispersión neutrónica que alimenta la reacción en cadena, la parada de emergencia del reactor.

No se contempla, sin embargo, en este documento D01 el uso de un reflector en estado líquido en condiciones de funcionamiento ni las consecuencias de concepción y diseño que de ello se derivan, características que son esenciales en la presente invención para resolver el mencionado problema técnico de la seguridad pasiva y que confieren a esta, por tanto, novedad y actividad inventiva según los Artículos 6 y 8 de la vigente Ley de Patentes.

Sí se utiliza un material reflector en estado líquido ("agua") en el documento D02, citado también en el IET con la categoría A como mero reflejo del estado de la técnica, pero en este documento, aunque se alude vagamente a una relación de regulación entre la presión del vapor del refrigerante, el nivel del líquido moderador y reflector (situados en una disposición de coronas cilíndricas, adyacentes al núcleo) y el estado de criticidad del reactor, que parece dar estabilidad a su funcionamiento y constituir un mecanismo de parada, no se detalla ninguna disposición de seguridad pasiva basada en el desagüe súbito del material reflector de su posición adyacente al núcleo ante una señal de emergencia. D02 tampoco afecta, en consecuencia, a la novedad y actividad inventiva de dicha reivindicación 1, según los mencionados Arts. 6 y 8 LP.

Las restantes reivindicaciones 2-5 dependen directa o indirectamente de la primera y deben interpretarse como añadidas a esta, por lo que tienen también novedad y actividad inventiva con respecto al estado de la técnica considerado.