

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 446 840**

21 Número de solicitud: 201300433

51 Int. Cl.:

G21C 3/04

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

10.05.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

10.03.2014

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: **Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas**

57 Resumen:

Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas.

Elemento combustible que tiene como pieza básica una jaula esférica (1), hecha de varillas curvas metálicas resistentes que se disponen y entrelazan según una geometría reticular esférica, no necesariamente regular en las figuras geométricas formadas, que deja la mayor parte de su superficie esférica virtual abierta, y por tanto traspasable por un fluido en movimiento; y el combustible nuclear se aloja en una o varias piezas envainadas inscritas en la jaula esférica, bien en discos inscritos en la jaula, bien en una corona esférica, delimitada interiormente por una pieza esférica metálica hueca y exteriormente por una vaina estanca inscrita en la jaula esférica mediante unas patillas metálicas soldadas a nudos de la jaula.

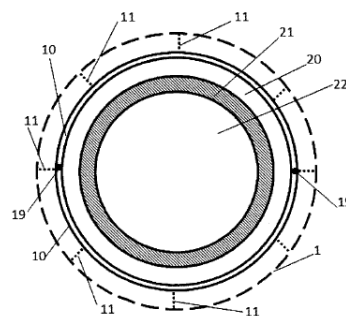


Figura 5

ES 2 446 840 B2

DESCRIPCIÓN

ELEMENTO COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES RÁPIDOS REFRIGERADOS POR GAS

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5 La invención se encuadra en el campo de los reactores nucleares de fisión, y concretamente en las técnicas de preparación del material fisionable para permitir la explotación de las reacciones de fisión con plena seguridad, y particularmente con muy buenas condiciones de refrigeración.

- Más específicamente trata de elementos combustibles en forma esférica, que
10 pueden incorporarse a reactores tipo lecho de bolas o a reactores tipo jaula, con guiado de las bolas a lo largo de canales formados por barritas verticales y anillos de zuncho de geometría hexagonal, cuadrangular o de otra sección recta.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 15 Los reactores de bolas no se han comercializado, pero sí se ha producido un desarrollo experimental apreciable con ellos, y notablemente con las bolas denominadas TRISO, hechas de microbolas de material fisionable micro-encapsuladas en grafito, a su vez revestido de carburo de silicio. Merced al carácter cerámico de ese sustrato, las bolas TRISO se consideran elementos
20 muy adecuados para reactores de alta temperatura, refrigerados por gas, y bien moderados, de espectro térmico o ligeramente epitérmico.

- Otra peculiaridad a señalar es su capacidad para alojar en su interior al conjunto de productos de fisión generados durante la producción de energía de reactor, lo cual permite llegar con ellos a grados de quemado, es decir, de explotación de la
25 energía potencial nuclear existente en sus núcleos atómicos, mucho más altos que en los reactores comerciales actuales. Por el contrario, las bolas TRISO son muy poco aptas para la reelaboración del combustible, con recuperación de los isótopos fisibles, pues tanto el grafito como el carburo de silicio son muy estables químicamente hablando, y su lixiviación o dilución en fase líquida para
30 recuperación de los isótopos valiosos, y acomodación del resto al programa de tratamiento de los residuos nucleares, es una actividad industrialmente prohibitiva.

Como documento elativamente reciente, que expone la concepción más avanzada de las bolas TRISO, se puede citar el WO2007EP5897 20070828, que presenta una bola TRISO con mayor flexibilidad en su estructura de alojamiento del material fisible dentro del sustrato cerámico dominante en las bolas.

- 5 Una variante de las bolas TRISO se describe en el documento WO2005088646, en el cual se describe una bola que contiene en el centro el material fisionable, que está rodeado de una cubierta a base de compuestos fluorados, como los fluoruros de diversos elementos químicos.

- 10 Una técnica para la fabricación de combustible nuclear para reactores de lecho de bolas se describe en el documento JP2007147335.

Y un documento clásico sobre las bolas TRISO es el DE19762654536.

No obstante, ninguno de estos documentos, ni ningún otro conocido por los solicitantes, puede ser considerado verdadero antecedente de la invención aquí presentada.

15

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER

- Los reactores de espectro neutrónico rápido, llamados simplemente reactores rápidos, no pueden contener carbono en cantidades apreciables, pues contribuye mucho a la moderación de la velocidad neutrónica, y por ende se
- 20 imposibilita la conformación de un espectro rápido, que es esencial para alcanzar el régimen denominado de reproducción nuclear, en el cual se producen más núcleos fisibles (por captura en algunos isótopos, llamados fértiles, como el U-238) que el número de núcleos fisibles que desaparecen por cualquier reacción inducida por neutrones, especialmente la fisión.
- 25 Se ha de buscar además una geometría del combustible que sea refrigerable por un gas, pues la inclusión de un metal fundido (como sodio) dentro de un reactor genera problemas de realimentación positiva entre la potencia térmica procedente de las reacciones y la disminución de densidad del refrigerante, bien por expansión o dilatación, bien por cambio de fase (ebullición).
- 30 No obstante, el gas también provoca problemas, pues su coeficiente de película de convección está por debajo del de los metales fundidos. Y el gas tiene poca capacidad calorífica específica para refrigerar bien las zonas de las bolas donde

éstas chocan con las vecinas. Esto no es grave si se piensa en un reactor a base de cerámico, como las bolas TRISO, pero es muy complejo cuando se utiliza acero o una aleación metálica para confinar el combustible, pues entonces los puntos de apoyo de las citadas vainas metálicas esféricas adquieren
5 temperaturas altísimas.

Por último, aunque posiblemente sea lo primero desde el punto de vista de la seguridad ante un accidente severo, existe la posibilidad de desagrupar los elementos combustibles del reactor cuando son esféricos, evacuándolos a un gran recipiente o caverna, llamada "core catcher" en jerga internacional, donde
10 se recogen en una geometría muy dispersa, que garantice su refrigeración, y además haga su condición neutrónica muy subcrítica.

De modo que el problema a resolver es idear una configuración esférica de elemento combustible, con sustrato y vaina metálicos, que pueda alojar los productos de fisión que se van produciendo, y que se refrigere adecuadamente
15 por un gas, tanto en condiciones nominales como de emergencia.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en que el elemento combustible tiene como pieza básica una jaula esférica, hecha de varillas curvas metálicas resistentes que se
20 disponen y entrelazan según una geometría reticular esférica, no necesariamente regular en las figuras geométricas formadas, que deja la mayor parte de su superficie esférica virtual abierta, y por tanto traspasable por un fluido en movimiento.

El combustible nuclear se aloja en piezas envainadas por material metálico, y
25 con geometría inscrita en el interior de la jaula esférica, sin bloquear la totalidad de los vanos existentes en la superficie esférica virtual de la jaula, pudiendo incluir, en la geometría de inscripción de dichas piezas, patillas radiales internas a la jaula esférica, soldadas a ella en alguno de sus nudos del retículo esférico; y estando la jaula hecha de dos mitades hemisféricas, no necesariamente iguales
30 y simétricas, pero sí ensamblables una con otra con ajuste perfecto; quedando ensambladas ambas mitades una vez se han alojado en su interior las piezas o pieza envainada de combustible nuclear.

Una configuración de la jaula esférica es la de meridianos y paralelos, eligiendo para ello los polos correspondientes, que deben ser opuestos entre sí.

Otra configuración es la de tres conjuntos de paralelos perpendiculares a tres ejes ortogonales entre sí.

- 5 Una tercera configuración de la jaula esférica se construye a base de doce pentágonos regulares y veinte hexágonos, con la misma longitud de lado para dichos pentágonos y hexágonos, pudiendo definir un polo como el centro de un hexágono, cuyos seis lados delimitan con tres pentágonos y tres hexágonos alternados, que denominamos circumpolares, estando cada uno de dichos
- 10 pentágonos circumpolares rodeado de hexágonos, y estando los hexágonos circumpolares rodeados cada uno, alternadamente, por tres pentágonos y tres hexágonos; lo cual configura, para cada parte hemisférica de la jaula esférica, tres niveles de figuras geométricas, siendo la primera de ellas el hexágono polar, seguido de la franja circumpolar ya dicha, y completada por una franja tropical
- 15 compuesta por tres pentágonos entre los cuales hay intercaladas tres parejas de hexágonos; dando una línea ecuatorial que no es un círculo perfecto, sino una línea quebrada, que se ajusta perfectamente a la línea de la parte hemisférica complementaria de la jaula.

- 20 Seleccionada la configuración de la jaula esférica para la aplicación correspondiente, la geometría de las piezas de combustible nuclear envainado se selecciona con el criterio ya dicho de la invención, de no bloquear todos los vanos del retículo esférico de la jaula, existiendo dos configuraciones básicas entre las cuales seleccionar las piezas a inscribir en la jaula:

- 25 - Una esfera concéntrica a la jaula, de radio menor que ésta, sujeta a la jaula mediante patillas radiales fijas en los nodos de la jaula y en los puntos correspondientes de la vaina exterior de la esfera que contiene al combustible; que a su vez puede tener configuraciones diversas, bien rellenando todo el interior de la vaina, bien dejando un hueco central, teniendo otra vaina esférica interior como soporte.
- 30 - Un conjunto de discos de espesor menor que el radio de la jaula, y de radio inscribible en la jaula, con soldadura de su contorno periférico a algunos nudos del retículo esférico, teniendo alojado el combustible, en forma de disco interior al disco de la vaina, con la posibilidad de dejar un disco hueco en el interior del combustible, para acoger los productos de

fisión gaseosos; más la posibilidad de intercalar una jaula circular de caras planas entre discos consecutivos para mejorar las prestaciones estructurales del conjunto del elemento, con su jaula y piezas internas.

5 **EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS**

La figura 1 muestra una configuración de jaula esférica con meridianos y paralelos.

La figura 2 es una proyección de las tres series de paralelos con los que se puede configurar una jaula esférica.

- 10 La figura 3 es similar a la 2, incluyendo una esfera interior, cuya vaina exterior queda inscrita en la jaula.

La figura 4 es una proyección sobre plano de los elementos huecos pentagonales y hexagonales con los que se conforma la superficie de un hemisferio de una jaula esférica.

- 15 La figura 5 es un corte transversal del elemento de combustible completo, con pieza interior esférica.

La figura 6 muestra un corte transversal del elemento de combustible completo con piezas interiores en forma de discos, separados por jaulas circulares planas.

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:

- 20
1. Jaula esférica.
 2. Meridianos de la jaula esférica 1.
 3. Paralelos de la jaula 1.
 4. Nudos de la jaula 1.
 - 25 5. Vanos de la jaula 1.
 6. Paralelos de conformación de un tipo de jaula esférica, correspondientes a un hemisferio, y perpendiculares al eje perpendicular al plano del dibujo.
 7. Paralelos de conformación de un tipo de jaula esférica, correspondientes a un hemisferio, y perpendiculares al eje cenital que va de arriba a abajo.
- 30

8. Paralelos de conformación de un tipo de jaula esférica, correspondientes a un hemisferio, y perpendiculares al eje transversal de izquierda a derecha.
9. Esfera interior en la que se aloja el combustible.
- 5 10. Vaina esférica exterior de la esfera 9.
11. Patillas de jaula esférica, montadas en la configuración de series de paralelos, soldados a la vaina 10 y a nudos de la jaula 1.
12. Hexágono polar en un hemisferio de jaula esférica compuesta de hexágonos y pentágonos.
- 10 13. Pentágonos circumpolares adyacentes al hexágono polar.
14. Hexágonos circumpolares adyacentes al hexágono polar.
15. Pentágonos de la franja tropical.
16. Hexágonos de la franja tropical.
17. Línea de borde exterior de una pieza de la franja tropical, que forma parte de la línea ecuatorial quebrada que delimita ese hemisferio, y se encaja con el otro hemisferio.
- 15 18. Vértices de fijación de las patillas de la jaula.
19. Cordón ecuatorial de soldadura que une los dos hemisferios de la vaina esférica 10.
- 20 20. Corona esférica de combustible, dentro de la vaina 10.
21. Soporte esférico interior de la corona de combustible 20.
22. Hueco central en la bola 9.
23. Vaina de disco de combustible.
24. Disco de combustible.
- 25 25. Jaulas circulares de caras planas.

MODO PREFERENTE DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

La invención parte de construir jaulas esféricas con la geometría seleccionada, usando a tal efecto un material resistente, como puede ser el propio acero

aleado de las vainas de combustible, o aleaciones de níquel, como el Inconel. La jaula se prefabrica en dos hemisferios que posteriormente se sueldan, tras haber inscrito en cada hemisferio las piezas correspondientes, que hay que preparar por su lado.

- 5 Para ello se prepara el combustible nuclear con la formulación química que se desee y con la composición isotópica adecuada al fin nuclear que se persiga, y se pega o deposita en la pieza que lo acoge, sea sobre la superficie de la pieza esférica interior o central; para encapsularlo a continuación por los dos hemisferios de la vaina esférica, que a su vez se sueldan; o sea en el interior del
10 disco formado por dos placas de vaina que posteriormente se sueldan.

- Un punto especialmente importante es la jaula esférica, que se monta también con dos hemisferios que se sueldan, y se conforma según la elección hecha. Como conviene que el gas penetre la jaula con cierta isotropía en sus trayectorias, para no tener partes menos asistidas por la refrigeración, se
15 recomienda la formada por hexágonos y pentágonos regulares, mallados según se ha explicado; con patillas de asentamiento sobre la superficie de la vaina esférica.

- Las dimensiones del conjunto del elemento y de cada una de sus partes pueden variar ostensiblemente, por tener distintos objetivos térmicos y energéticos.
20 Téngase en cuenta que hay efectos contradictorios; por ejemplo, aumentar el volumen relativo del hueco central permite alojar más gases productos de fisión, y alcanzar mayores grados de quemado, pero reduce la densidad aparente o promediada de combustible, lo cual redundaría en menor reactividad, y por tanto se incrementa la necesidad de combustible.

- 25 Por otro lado, es fundamental asegurar la extracción de calor mediante la convección de gas, para lo cual resulta esencial la jaula esférica, pues a través de ella puede pasar el gas para refrigerar la vaina o vainas.

- Es importante hacer ver que las vainas de esferas contiguas no se pueden tocar, pues lo impiden las jaulas, y eso es enormemente positivo, pues de tocarse
30 dichas vainas, aparecerían puntos muy calientes sin apenas refrigeración, lo que podría ser desastroso para la integridad de las vainas y el confinamiento de los productos radiactivos dentro de ellas.

Otro parámetro que se puede optimizar en el diseño es la relación entre material metálico y combustible nuclear, lo cual conformará un espectro neutrónico más blando, cuanto más metal haya.

Para reactores muy rápidos, y en el caso de usar bolas como pieza inscrita, como la mostrada en la figura 5, se podría hacer tanto la pieza interior como la vaina de 0,1 cm de espesor, el radio del hueco interior de 2,9 cm y el combustible de un espesor tal que la fracción de volumen total ocupada por el combustible sea un porcentaje del volumen total del reactor, por ejemplo un 15%; y suponemos que el reactor se caracteriza por un apilamiento de bolas en canales verticales cuadrados. El diámetro D_j de la jaula esférica será el lado L del cuadrado, y el volumen del cubo unitario será D_j^3 .

En este ejemplo, el radio interior de la corona esférica del combustible es 3 cm, y el exterior se denomina R_c siendo D_j (cm) = $2 \cdot R_c + 0,2 + 2 \cdot h_p$, siendo h_p la altura de las patillas de la jaula, que podemos cifrar en 0,9 cm, por lo que queda $D_j = 2 \cdot R_c + 2$ (cm); y el volumen de la celda es el cubo de este número.

A su vez, el volumen ocupado por el combustible es

$$V_c = (4 \cdot \pi/3) \cdot (R_c^3 - 3^3)$$

Si se toma $R_c = 4$ cm, el volumen de combustible resulta 155 cm³ y el de la celda unitaria, 1000; lo cual significa que con ese radio se obtiene una fracción de volumen de 15,5%, ligeramente superior a lo buscado.

La aplicación de la invención debe tener asimismo en cuenta la refrigeración con el gas y la distribución de la temperatura en el seno del combustible, pero esos criterios de diseño se escapan del marco de la invención, que en todo caso garantiza que toda la superficie de la vaina está refrigerada.

En el caso de usar discos como piezas inscritas en la jaula, los grados de libertad son varios, desde el espesor de los discos de combustible y de las vainas, hasta la separación entre discos, graduable fácilmente por el uso de jaulas circulares de caras planas, de modo que resulta una opción muy adecuada en estudios que permitan optimización.

A título de ejemplo ilustrativo de las buenas características que aporta el modelo de discos, se explica el caso de siete discos inscritos en una jaula esférica de radio R , estando uno de los discos en el ecuador de la jaula, y los otros seis en dos grupos de tres, uno por cada hemisferio, con el plano central de cada disco

a distancia del plano ecuatorial de $0,29 \cdot R$; $0,58 \cdot R$; y $0,87 \cdot R$; teniendo a su vez un radio, estos tres discos, de $0,96 \cdot R$; $0,81 \cdot R$; y $0,48 \cdot R$. Como espesor del combustible fijamos $0,1 \cdot R$.

5 El volumen total de combustible es, entre los siete discos, igual a $0,55 \cdot \pi \cdot R^3$; que contado sobre el conjunto del reactor, supuesto éste hecho de canales cuadrados de lado $2 \cdot R$, representa un 21,6%.

En el caso de hacer la pieza de combustible esférica, con un espesor de combustible también de $0,1 \cdot R$, el volumen que sale de combustible es, en aproximación grosera, de $0,4 \cdot \pi \cdot R^3$; lo cual representa una fracción de volumen
10 de 15,7%, es decir, sensiblemente menor que en el caso de discos.

Por lo que corresponde a superficie para refrigerar, también se decanta aquí la comparación en favor de los discos: éstos ofrecen en total, contando sus dos caras en cada disco, $11 \cdot \pi \cdot R^2$; y en la bola es $4 \cdot \pi \cdot R^2$; es decir, poco más de la tercera parte. Esto se nota asimismo en la refrigerabilidad del dispositivo, medida
15 como superficie de contacto con el refrigerante, dividida por el volumen de combustible empleado. Este cociente es de $20/R$ para los discos, y de $10/R$ para la esfera.

Aparte de los condicionantes de seguridad en el manejo de combustible, se puede concluir que no hay ningún aspecto crítico o cuestionable en la
20 construcción de estos elementos de reactor.

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

25

REIVINDICACIONES

1 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas* **caracterizado** porque el elemento combustible tiene como pieza básica una jaula esférica (1), hecha de varillas curvas metálicas resistentes que se disponen y entrelazan según una geometría reticular esférica, no necesariamente regular en las figuras geométricas formadas, que deja la mayor parte de su superficie esférica virtual abierta, y por tanto traspasable por un fluido en movimiento.

2 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según reivindicación primera, **caracterizado** porque la jaula esférica se compone de meridianos (2) y paralelos (3), con dos polos opuestos entre sí.

3 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según reivindicación primera, **caracterizado** porque la jaula esférica se compone de tres conjuntos de paralelos (6, 7, 8) perpendiculares a tres ejes ortogonales entre sí.

4 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según reivindicación primera, **caracterizado** porque la jaula esférica se construye a base de doce pentágonos regulares y veinte hexágonos regulares, con la misma longitud de lado para dichos pentágonos y hexágonos, pudiendo definir un polo como el centro de un hexágono, cuyos seis lados delimitan con tres pentágonos y tres hexágonos alternados, que denominamos circumpolares, estando cada uno de dichos pentágonos circumpolares (13) rodeado de hexágonos, y estando los hexágonos circumpolares(14) rodeados cada uno, alternadamente, por tres pentágonos y tres hexágonos; lo cual configura, para cada parte hemisférica de la jaula esférica, tres niveles de figuras geométricas, siendo la primera de ellas el hexágono polar (12), seguido de la franja circumpolar ya dicha, y completada por una franja tropical compuesta por tres pentágonos (15) entre los cuales hay intercaladas tres parejas de hexágonos (16); dando una línea ecuatorial que no es un círculo perfecto, sino una línea quebrada (17), que se ajusta perfectamente a la línea de la parte hemisférica complementaria de la jaula.

5 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado**

porque el combustible nuclear se aloja en piezas envainadas por material metálico, y con geometría inscrita en el interior de la jaula esférica, sin bloquear la totalidad de los vanos (5) existentes en la superficie esférica virtual de la jaula (1), pudiendo incluir, en la geometría de inscripción de dichas piezas, patillas radiales (11) internas a la jaula esférica, soldadas a ella en alguno de sus nudos (4) del retículo esférico; y estando la jaula hecha de dos mitades hemisféricas, no necesariamente iguales y simétricas, pero sí ensamblables una con otra con ajuste perfecto; quedando ensambladas ambas mitades una vez se han alojado en su interior las piezas (9, 23) o pieza envainada de combustible nuclear (20, 24).

6 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la pieza inscrita en la jaula esférica es una esfera (9) concéntrica a la jaula (1), de radio menor que ésta, sujeta a la jaula mediante patillas radiales (11) fijas en los nodos (4) de la jaula y en los puntos correspondientes de la vaina exterior (10) de la esfera que contiene al combustible (20); que a su vez puede tener configuraciones diversas, bien rellenando todo el interior de la vaina, bien dejando un hueco central (22), teniendo otra vaina esférica interior (21) como soporte.

7 – *Elemento combustible para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas*, según cualquiera de las reivindicaciones primera a quinta, **caracterizado** porque la pieza inscrita en la jaula esférica es un conjunto de discos (23) de espesor menor que el radio de la jaula, y de radio inscribible en la jaula, con soldadura de su contorno periférico a algunos nudos (4) del retículo esférico, teniendo alojado el combustible en forma de disco interior (24) al disco de la vaina (23), con la posibilidad de dejar un disco hueco en el interior del combustible, para acoger los productos de fisión gaseosos; más la posibilidad de intercalar una jaula circular de caras planas (25) entre discos consecutivos para mejorar las prestaciones estructurales del conjunto del elemento, con su jaula y piezas internas.

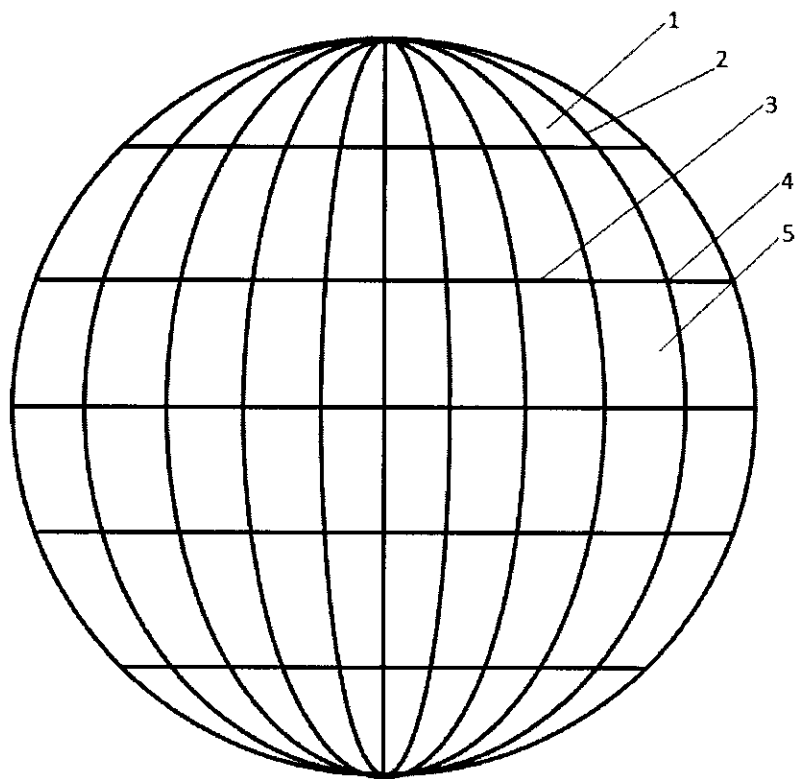


Figura 1

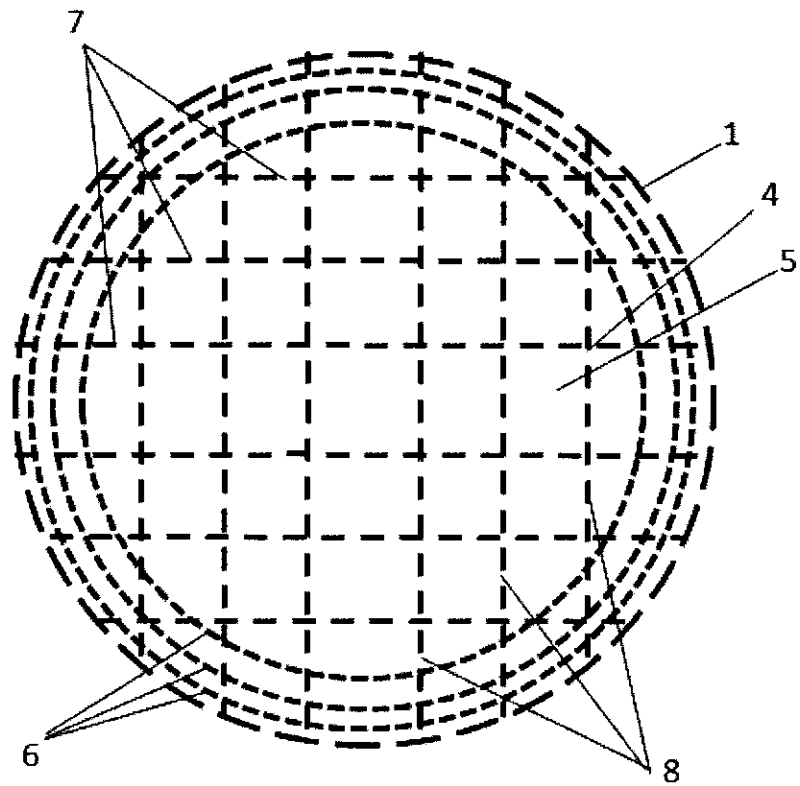


Figura 2

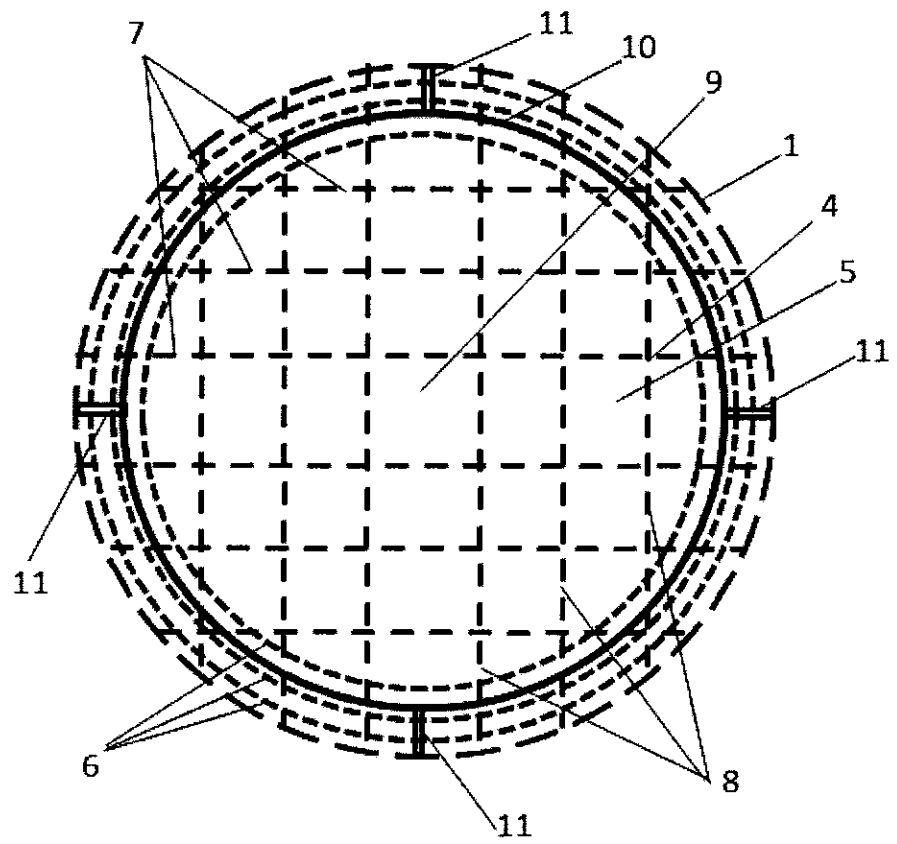


Figura 3

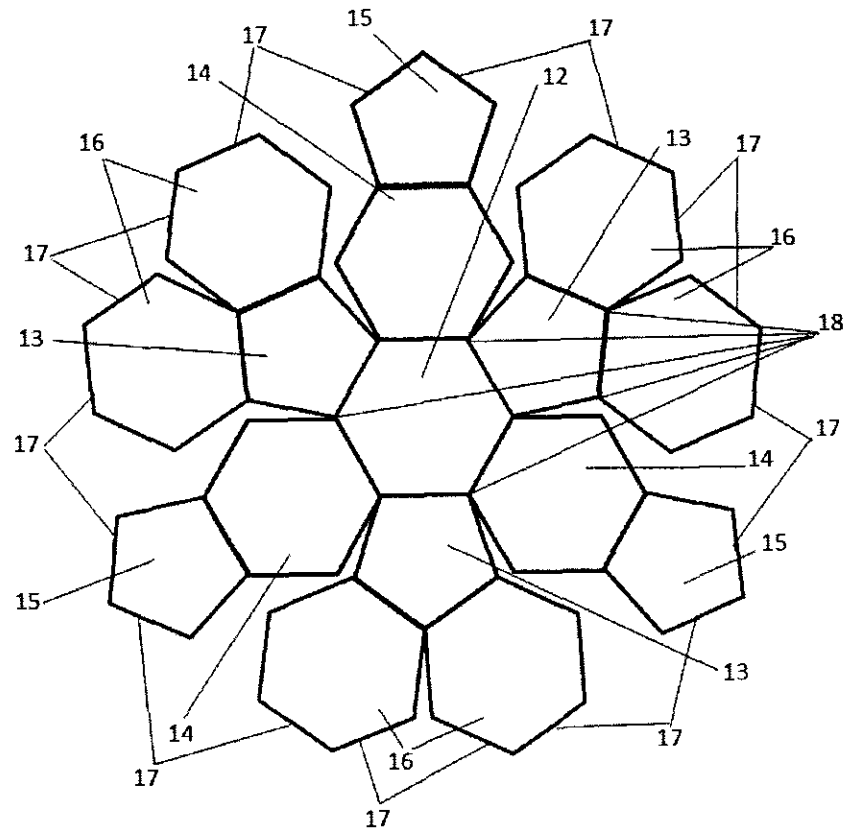


Figura 4

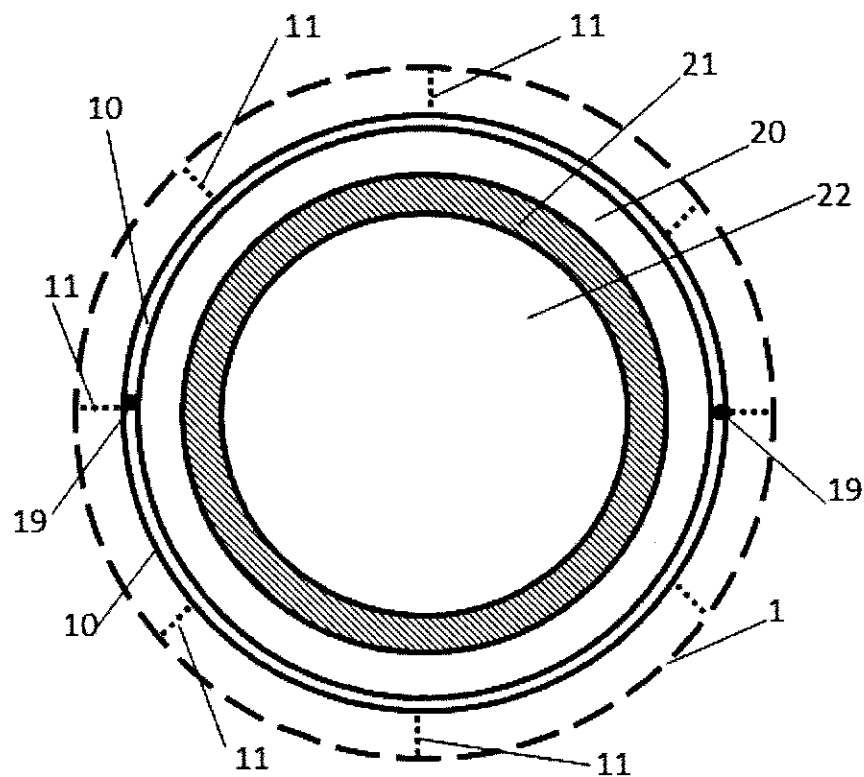


Figura 5

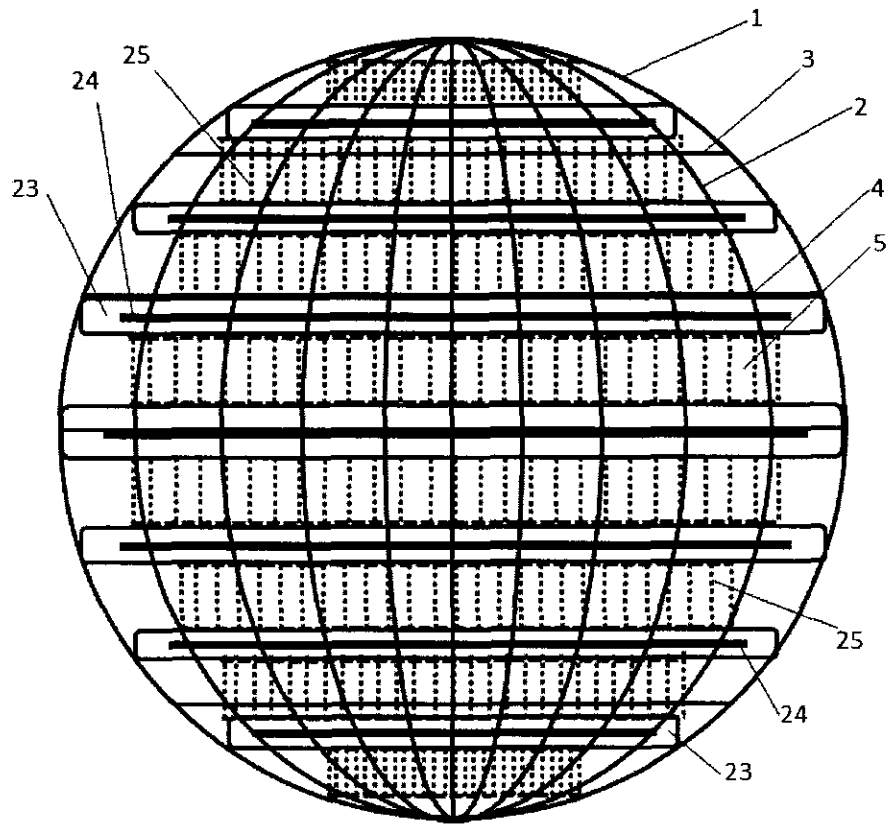


Figura 6



- ②① N.º solicitud: 201300433
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.05.2013
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G21C3/04** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 3794560 A (ROHR, F.) 26.02.1974, todo el documento.	1-7
A	US 3098809 A (HUET, A.) 23.07.1963, todo el documento.	1-7
A	US 3142626 A (WELLBORN, W.) 28.07.1964, columna 3, línea 6 – columna 4, línea 16; figuras 1A-7.	1-7
A	US 3398052 A (JEITNER, F. et al.) 20.08.1968	
A	GB 1448504 A (HOCHTEMPERATUR REAKTORBAU GMBH et al.) 08.09.1976	

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
27.02.2014

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: 27.02.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-7	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-7	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	US 3794560 A (ROHR, F.)	26.02.1974
D02	US 3098809 A (HUET, A.)	23.07.1963

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 plazo de tiempo establecido al efecto, que la invención definida en las reivindicaciones 1-7 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 un modo evidente por un experto en la materia.

Se han encontrado en el estado de la técnica algunos documentos que describen, como la primera reivindicación, elementos combustibles de forma esférica para reactores nucleares rápidos refrigerados por gas, con estructuras separadoras que disminuyen el grado de compactación y mejoran, así, la refrigeración del combustible. Así, por ejemplo, el documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría A y considerado el antecedente tecnológico más próximo al objeto definido en dicha reivindicación primera, describe un elemento combustible en forma de esfera que tiene una jaula esférica exterior con vanos para la circulación del refrigerante, y una pieza inscrita en la jaula esférica, que contiene el material fisible y está provista de unos elementos separadores que mantienen la pieza centrada en el interior de la jaula y dan estabilidad a toda la estructura. También el documento D02, citado asimismo en el IET con la categoría A aunque más alejado del objeto de la invención, recoge un elemento combustible de forma esférica y provisto de estructuras separadoras, en este caso en forma de simples "aletas" o "púas", según una u otra realización práctica, que sobresalen de la envolvente metálica que contiene el combustible y topan con los elementos adyacentes, manteniéndolos separados.

Ninguno de estos documentos describe, sin embargo, las mismas características estructurales y morfológicas de dicha reivindicación 1, y en particular la estructura de la jaula exterior, esencial en la invención para resolver el problema de la separación y aireación y que confiere a esta, en consecuencia, novedad y actividad inventiva con respecto al estado de la técnica considerado, de acuerdo con los Artículos 6 y 8 de la vigente Ley de Patentes.

Las restantes reivindicaciones 2-7 dependen directa o indirectamente de la primera y deben interpretarse como añadidas a esta, por lo que también tienen novedad y actividad inventiva según los mencionados Arts. 6 y 8 LP.