

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 113**

51 Int. Cl.:

G21C 3/00 (2006.01)

G21C 3/60 (2006.01)

G21C 3/62 (2006.01)

G21C 3/58 (2006.01)

G21C 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2011 PCT/US2011/041319**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2012 WO12012071**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2011 E 11810058 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2589049**

54 Título: **Composición de combustible nuclear de disiliciuro de triuranio para uso en reactores de agua ligera**

30 Prioridad:

17.06.2011 US 201113162876

30.06.2010 US 827237

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

13.03.2020

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)**

1000 Westinghouse Drive

Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US

72 Inventor/es:

LAHODA, EDWARD, J.;

POMIRLEANU, RADU;

RAY, SUMIT y

HALLSTADIUS, LARS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 748 113 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

Composición de combustible nuclear de disiliciuro de triuranio para uso en reactores de agua ligera

Referencia cruzada a solicitud relacionada

5 La presente solicitud de patente es una solicitud de continuación en parte de la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie 12/827.237 titulada "Composición de combustible nuclear de disiliciuro de triuranio para uso en reactores de agua ligera", presentada el 30 de Junio de 2010, y pendiente en la United States Patent and Trademark Office.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a reactores de agua ligera, y en particular, a composiciones de combustible de uranio para uso en reactores de agua ligera.

Antecedentes de la invención

15 Los reactores de agua ligera ("LWRs") pueden incluir reactores de agua presurizada ("PWRs") y reactores de agua hirviendo ("BWRs"). En un PWR, por ejemplo, el núcleo del reactor incluye un gran número de conjuntos de combustible, cada uno de los cuales está compuesto de una pluralidad de elementos combustibles alargados o barras. Cada barra de combustible contiene material fisible, tal como dióxido de uranio ("UO₂"), usualmente en la forma de un apilamiento de pastillas de combustible nuclear; aunque, igualmente se usan formas anulares o en partículas de combustible. Las barras de combustible están agrupadas conjuntamente en una matriz que está organizada para proporcionar un flujo de neutrones en el núcleo suficiente para soportar una alta tasa de fisión nuclear, y por tanto, la liberación de una gran cantidad de energía en la forma de calor. Un refrigerante, tal como agua, es bombeado a través del núcleo con el fin de extraer parte del calor generado en el núcleo para la producción de trabajo útil. Los conjuntos de combustible varían de tamaño y diseño dependiendo del tamaño deseado del núcleo y del tamaño del reactor.

20 Cuando se arranca un nuevo reactor, su núcleo está frecuentemente dividido en una pluralidad, por ejemplo, tres o más grupos de conjuntos, los cuales pueden distinguirse por su posición en el núcleo y/o su nivel de enriquecimiento. Por ejemplo, un primer lote o región puede estar enriquecido a un contenido isotópico de 2,0% de uranio-235. Un segundo lote o región puede estar enriquecido a 2,5% de uranio-235, y un tercer lote o región puede estar enriquecido a 3,5% de uranio-235. Después de aproximadamente 10 a 24 meses de operación, el reactor está típicamente parado, y el primer lote de combustible es retirado y reemplazado por un nuevo lote, usualmente de un nivel más alto de enriquecimiento (hasta un nivel máximo preferido de enriquecimiento). Los ciclos posteriores repiten esta secuencia a intervalos dentro del margen de desde aproximadamente 8 hasta 24 meses. Se requiere la recarga de combustible, tal como se ha descrito anteriormente, puesto que el reactor puede operar como un dispositivo nuclear solamente siempre y cuando se mantenga como una masa crítica. De acuerdo con ello, los reactores nucleares están provistos con exceso suficiente de reactividad al comienzo del un ciclo de combustible para permitir la operación durante un periodo de tiempo especificado, usualmente entre aproximadamente 6 a 18 meses.

35 A partir de la Patente de EE.UU. 2007/064861, se sabe cómo usar en un reactor enfriado con gas a temperatura muy elevada (VHTGR) una composición de combustible nuclear hecho de partículas recubiertas de disiliciuro de triuranio TRISO.

40 Las pastillas de combustible convencional para uso en PWRs, por ejemplo, están típicamente fabricadas mediante la compresión de polvos adecuados dentro de un molde generalmente cilíndrico. El material comprimido es sinterizado, lo cual da como resultado una reducción substancial de volumen. La pastilla resultante es generalmente cilíndrica y frecuentemente tiene superficies cóncavas en cada extremo como un resultado de la compresión. Las pastillas de combustible están típicamente compuestas de dióxido de uranio. El componente de uranio del dióxido de uranio incluye uranio-238 y uranio-235. Típicamente, la composición de combustible de las pastillas incluye una gran cantidad de uranio-238 y una pequeña cantidad de uranio-235. Por ejemplo, una pastilla de combustible convencional puede incluir un máximo de menos del 5% en peso de uranio-235, estando el resto del uranio en el componente uranio compuesto de uranio-238.

45 El porcentaje de uranio-235 en la composición de combustible de la pastilla puede incrementarse tal como sigue: (i) mediante el uso de un porcentaje mayor, por ejemplo, mayor del 5% en peso (lo cual es actualmente el límite autorizado para muchas instalaciones de fabricación de combustible nuclear), de uranio-235 en la composición de combustible o (ii) mediante el incremento de la densidad de la composición de combustible para permitir una cantidad mayor de uranio-235. Un porcentaje más alto de uranio-235 en la composición de pastillas de combustible puede proporcionar beneficios económicos, tales como ciclos de combustible más largos y/o el uso de menores cantidades de nuevos conjuntos de combustible durante el reemplazo del lote de una región. Además, la mayor conductividad térmica, si esta puede obtenerse, permitirá un mayor ciclo térmico.

55 Por tanto, existe una necesidad de incrementar el contenido de uranio-235 y de incrementar la conductividad térmica de composiciones de combustible que contienen uranio.

Sumario de la invención

5 En un aspecto, la presente invención proporciona una composición de combustible nuclear que incluye disiliciuro de triuranio. El disiliciuro de triuranio tiene un componente de uranio que incluye uranio-235. El uranio-235 está presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 20% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio. En una realización, el uranio-235 puede estar presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta 5% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio

10 En otro aspecto, la presente invención proporciona un conjunto de combustible que incluye una pluralidad de barras de combustible. Cada barra de combustible contiene una pluralidad de pastillas de combustible nuclear. La composición de cada una de las pastillas de combustible nuclear incluye disiliciuro de triuranio. El disiliciuro de triuranio tiene un componente de uranio que incluye uranio-235. El uranio-235 está presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 20% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio. En una realización, el uranio-235 puede estar presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta 5% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio.

15 En otro aspecto más, la presente invención proporciona un reactor de agua ligera que tiene un conjunto de combustible. El conjunto de combustible incluye una pluralidad de barras de combustible, y cada barra de combustible contiene una pluralidad de pastillas de combustible nuclear. La composición de cada una de las pastillas de combustible nuclear incluye disiliciuro de triuranio. El disiliciuro de triuranio tiene un componente de uranio el cual incluye uranio-235. El uranio-235 está presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 20% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio. En una realización, el uranio-235 puede estar presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 5% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio.

Breve descripción de los dibujos

25 La invención, tal como se establece en las reivindicaciones, resultará más evidente a partir de la descripción detallada siguiente de ciertas prácticas preferidas ilustradas de las mismas, a modo de ejemplo únicamente, y a los dibujos que les acompañan, en los que:

La Fig. 1 es una vista longitudinal, parcialmente en sección y parcialmente en alzado, de un reactor nuclear de la técnica anterior, al cual puede aplicarse la presente invención.

30 La Fig. 2 es una vista en planta ampliada simplificada del reactor tomada a lo largo de la línea 2-2 de la Fig. 1, pero con su núcleo conteniendo una construcción y disposición del combustible de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 3 es una vista en alzado, con partes seccionas y partes separadas para mayor claridad, de uno de los conjuntos de combustible nuclear en el reactor de la Fig. 2, estando representado el conjunto de combustible en una forma acortada verticalmente.

35 La Fig. 4 es una vista en sección axial acortada longitudinalmente ampliada de una barra de combustible del conjunto de combustible de la Fig. 3 conteniendo pastillas de combustible.

Descripción detallada de la invención

40 La presente invención se refiere a composiciones de combustible nuclear que incluyen disiliciuro de triuranio para uso en reactores de agua ligera ("LWR"). La presente invención es aplicable a una diversidad de LWR, incluyendo pero sin limitarse a ellos, reactores de agua presurizada ("PWR") y reactores de agua hirviendo ("BWR"). Sin embargo, por motivos de simplificación en la descripción de los detalles de la invención, la descripción siguiente en referencia a los dibujos se hará de acuerdo con un PWR.

45 En la descripción siguiente, los mismos numerales de referencia designan partes iguales o correspondientes a lo largo de las diversas vistas. Igualmente, en la descripción siguiente, se da por entendido que términos tales como "adelante", "atrás", "izquierda", "derecha", "hacia arriba", "hacia abajo", y similares, son palabras de conveniencia y no deben considerarse como términos limitativos.

50 Con referencia ahora a los dibujos, y particularmente a las Figs. 1 y 2, se muestra una realización de la presente invención, a modo de ejemplo únicamente y uno de los muchos tipos de reactores adecuados, un PWR designados generalmente por el numeral 10. El PWR 10 incluye una vasija a presión del reactor 12 la cual aloja un núcleo de reactor nuclear 14 compuesto de una pluralidad de conjuntos de combustible alargados 16. Los relativamente pocos conjuntos de combustible 16 mostrados en la Fig. 1 es únicamente con fines de simplificación. En realidad, tal como esquemáticamente se ilustra en la Fig. 2, el núcleo del reactor 14 está compuesto de un gran número de conjuntos de combustible.

Separados internamente de manera radial a partir de la vasija a presión del reactor 12 se encuentra un barril de núcleo generalmente cilíndrico 18, y dentro del barril 18 existe un encofrado y sistema deflector, denominado en la presente invención una estructura deflectora 20, la cual permite la transición desde el barril cilíndrico 18 a una periferia cuadrangular del núcleo del reactor 14 formada por la pluralidad de conjuntos de combustible 16 que han sido dispuestos en forma de matriz en él. La estructura deflectora 20 rodea los conjuntos de combustible 16 del núcleo del reactor 14. Típicamente, la estructura deflectora está hecha de placas 22 unidas conjuntamente mediante pernos (no mostrados). El núcleo del reactor 14 y la estructura deflectora 20 están dispuestos entre las placas del núcleo superior e inferior 24, 26, las cuales, a su vez, están soportadas por el barril del núcleo 18.

El extremo superior de la vasija a presión del reactor 12 está herméticamente sellada mediante una cabeza de cierre removible 28 sobre la cual se han montado una pluralidad de mecanismos de accionamiento de las barras de control 30. Nuevamente, por motivos de simplificación, solamente se muestran unos pocos de los muchos mecanismos de accionamiento de las barras de control 30. Cada mecanismo de accionamiento 30 sitúa de manera selectiva un mecanismo de un haz de barras de control 32 encima y dentro de algunos de los conjuntos de combustible 16.

Un proceso de fisión nuclear llevado a cabo en los conjuntos de combustible 16 del núcleo de reactor 14 produce calor, el cual es eliminado durante la operación del PWR 10 mediante la circulación de un fluido refrigerante, tal como agua ligera con boro soluble, a través del núcleo de reactor 14. Más específicamente, el fluido refrigerante es típicamente bombeado dentro de la vasija a presión del reactor 12 a través de una pluralidad de boquillas de entrada 34 (solamente se muestra una de las cuales en la Fig. 1). El fluido refrigerante pasa hacia abajo a través de una región anular 36 definida entre la vasija a presión del reactor 12 y un barril del núcleo 18 (y un blindaje térmico 38 sobre el barril del núcleo) hasta que alcanza el fondo de la vasija a presión del reactor 12, en donde gira 180 grados antes de seguir ascendiendo a través de la placa del núcleo inferior 26 y, a continuación, ascender a través del núcleo del reactor 14. Durante su flujo hacia arriba a través de los conjuntos de combustible 16 del núcleo del reactor 14, el fluido refrigerante se calienta a las temperaturas de operación del reactor mediante la transferencia de la energía térmica procedente de los conjuntos de combustible 16 al fluido. A continuación, el fluido refrigerante caliente sale de la vasija a presión del reactor 12 a través de una pluralidad de boquillas de salida 40 (solamente se muestra una en la Fig. 1) que se extienden a lo largo del barril del núcleo 18. De esta forma, la energía térmica, que los conjuntos de combustible 16 comunican al fluido refrigerante, es transportada por el fluido fuera de la vasija a presión del reactor 12.

Debido a la existencia de agujeros (no mostrados) en el barril del núcleo 18, el fluido refrigerante está también presente entre el barril 18 y la estructura deflectora 20 y a una presión más alta que dentro del núcleo del reactor 14. Sin embargo, la estructura deflectora 20, conjuntamente con el barril del núcleo 18, separan el fluido refrigerante de los conjuntos de combustible 16, de manera que el fluido fluye hacia abajo a través de la región anular 36 entre la vasija a presión del reactor 12 y el barril del núcleo 18.

Tal como brevemente se ha mencionado anteriormente, el núcleo del reactor 14 está compuesto de un gran número de conjuntos de combustible alargados 16. Volviendo a la Fig. 3, cada uno de los conjuntos de combustible 16, al ser del tipo usado en la PWR 10, básicamente incluye una estructura final inferior o boquilla inferior 42 la cual soporta el conjunto sobre la placa del núcleo inferior 26 y un cierto número de manguitos o tubos guías 44 que se extienden longitudinalmente, que salen hacia arriba desde la boquilla inferior 42. Cada uno de los conjuntos de combustible 16 incluye además una pluralidad de rejillas de soporte transversales 46 espaciadas axialmente a lo largo de las longitudes de los manguitos guía 44 y unidos a ellos. Las rejillas 46 están espaciadas transversalmente y soportan una pluralidad de barras de combustible 48 de acuerdo con una matriz organizada de las mismas. Igualmente, cada uno de los conjuntos de combustible 16 tiene un tubo de instrumentación 50 localizado en el centro de los mismos y una estructura final superior o boquilla superior 52 sujeta a los extremos superiores de los manguitos guías 44. Con una disposición de este tipo de las partes, cada uno de los conjuntos de combustible 16 forma una unidad integral capaz de ser manipulada convenientemente sin dañar las partes del conjunto.

Tal como se ve en las Figs. 3 y 4, cada una de las barras de combustible 48 de los conjuntos de combustible 16 tiene una construcción idéntica en tanto en cuanto que cada una incluye un tubo envainado hueco 54 con un tapón en el extremo superior 56 y un tapón en el extremo inferior 58 sujetos y sellando los extremos opuestos del tubo 54 que define una cámara sellada 60 dentro de él. Una pluralidad de pastillas de combustible nuclear 62 está situada en una disposición de adosadas una contra la otra o de apilamiento dentro de la cámara 60 y orientadas contra el tapón del extremo inferior 58 mediante la acción de un muelle 64 colocado en la cámara 60 entre la parte superior del apilamiento de pastillas y el tapón del extremo superior 56.

Tal como se ha mencionado anteriormente, las composiciones del combustible nuclear convencional para uso en LWR incluye dióxido de uranio. El dióxido de uranio contiene una cantidad significativa de uranio-238 y una pequeña cantidad de uranio-235. Además, tal como se ha mencionado anteriormente, existen beneficios económicos al incrementar el contenido de uranio-235 en las composiciones de combustible nuclear. Dichos beneficios pueden incluir ciclos del combustible más largos o el uso de lotes más pequeños. Además, si puede obtenerse una conductividad térmica superior, en ese caso, puede resultar de ello un rendimiento térmico superior. De acuerdo con ello, para incrementar la cantidad de uranio-235 en una composición de combustible nuclear, la presente invención emplea disiliciuro de triuranio. En general, la densidad del disiliciuro de triuranio es mayor que la densidad del dióxido de uranio. La densidad de disiliciuro de triuranio es de 12,2 gramos/cm³ y la densidad del dióxido de uranio es de

10,96 gramos/cm³. Sin desear unirse a ninguna teoría particular, se estima que el incremento de densidad, como un resultado de usar disiliciuro de triuranio para reemplazar la totalidad o una porción del dióxido de uranio típicamente usado en las pastillas de combustible convencional, da como resultado un rendimiento de la planta nuclear mejorado al permitir ciclos de combustible más largos y/o potencias nominales más altas. Por ejemplo, el uso de disiliciuro de triuranio en una composición de combustible nuclear puede permitir que el contenido de uranio-235 en un conjunto de combustible nuclear se incremente en aproximadamente el 17% en peso, con un incremento en la conductividad térmica de entre 3 y 5 veces, en comparación a la obtenida con el uso de dióxido de uranio.

En la presente invención, el disiliciuro de triuranio reemplaza al menos parcialmente el contenido de dióxido de uranio que está típicamente presente en las composiciones de combustible nuclear convencionales. La cantidad de disiliciuro de triuranio puede variar. En una realización, el disiliciuro de triuranio reemplaza completamente el contenido de dióxido de uranio en la composición del combustible nuclear. En realizaciones alternativas, el disiliciuro de triuranio está presente en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 80% hasta aproximadamente 100% en peso, o desde aproximadamente 50% hasta aproximadamente 100% en peso, del peso total de la composición del combustible nuclear.

En otras realizaciones, además del disiliciuro de triuranio, la composición del combustible nuclear puede incluir también siliciuro de triuranio, trisiliciuro de triuranio, y combinaciones de los mismos. En una realización, la composición del combustible nuclear comprende substancialmente disiliciuro de triuranio y únicamente trazas de siliciuro de triuranio, trisiliciuro de triuranio, y combinaciones de los mismos.

El disiliciuro de triuranio incluye un componente de uranio. El componente de uranio puede incluir varios isótopos de uranio, tales como, pero sin limitarse a ellos, uranio-238, uranio-236, uranio-235, uranio-234, uranio-233, uranio-232, y mezclas de los mismos. En una realización, el componente de uranio del disiliciuro de triuranio incluye substancialmente uranio-238 y uranio-235, y opcionalmente, cantidades traza de uranio-236 y uranio 232. En otra realización, el componente de uranio del disiliciuro de triuranio incluye uranio-235 en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 20% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio. En otra realización aún, el componente de uranio del disiliciuro de triuranio incluye uranio-235 en una cantidad tal que constituye desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 5% en peso en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio.

En una realización, el porcentaje de uranio-235 en el disiliciuro de triuranio puede depender de la cantidad de uranio-235 necesario para reemplazar el uranio-235 en barras de combustible actuales que incluyen composiciones de combustible de dióxido de uranio. En otra realización, el porcentaje de uranio-235 en el disiliciuro de triuranio es un máximo, tal como desde aproximadamente 19,75% hasta aproximadamente 20,00%, y el número de conjuntos de combustible en el lote está reducido o minimizado.

La composición del combustible nuclear de la presente invención está en forma de pastillas de combustible nuclear. Las pastillas de combustible nuclear están apiladas verticalmente en una barra de combustible (tal como se muestra en la Fig. 4) que es parte de un conjunto de combustible de un reactor de agua a presión.

El disiliciuro de triuranio potenciado ha sido usado en reactores de ensayo que operan a una temperatura menor de aproximadamente 100°C y con el disiliciuro de triuranio potenciado dispersado en metal de aluminio para mantener el combustible relativamente frío y proteger el combustible de la exposición al refrigerante. Sin embargo, el disiliciuro de triuranio no ha sido considerado un combustible adecuado para la operación comercial de los LWRs, tal como los PWRs, debido a su potencial para reaccionar con el agua (por ejemplo, refrigerante en el núcleo del reactor) y debido a su relativamente bajo punto de fusión (aproximadamente 1.662°C para el disiliciuro de triuranio comparado con aproximadamente 2.847°C para el dióxido de uranio).

Más aún, otra razón para la consideración de que el disiliciuro de triuranio es inadecuado para uso en composiciones de combustible nuclear es su relativamente bajo punto de fusión (1.662°C) comparado con el dióxido de uranio (2.847°C). La temperatura de operación esperada del disiliciuro de triuranio se evaluó para las densidades de potencia máximas a las cuales se operaron las composiciones de combustible de dióxido de uranio. Los resultados indicaron que el disiliciuro de triuranio tiene mayor capacidad que el dióxido de uranio cuando se emplea a las temperaturas de operación normales de los LWRs. Por ejemplo, se asumió que un cilindro tiene calentamiento interno uniforme, q, y conductividad térmica constante, k. La temperatura de la línea central se calculó de acuerdo con la Fórmula I:

$$T_{\text{línea central}} = T_{\text{superficie}} + q * ((D * D) k) / 4 \quad (I)$$

en la que para el dióxido de uranio:

T_{línea central} máxima (temperatura del punto de fusión) es 2.846,85°C;
 T_{superficie} es 400°C;
 D (es decir, diámetro de la pastilla) es 0,819 cm; y
 k es 0,03 W/cm°C

La tasa de generación de calor volumétrico máxima, q, para el dióxido de uranio se calculó de acuerdo con la Fórmula II:

$$q = (T_{\text{línea central}} - T_{\text{superficie}}) * 4 * (k / D * D) \quad (II)$$

$$q = (2.846,85^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}) * 4 * (0,03 / (0,819 * 0,819)) = 438 \text{ w/cm}^3$$

Si se usa la misma tasa de generación de calor volométrico, q, para el disiliciuro de triuranio, la $T_{\text{línea central}}$ se calcula de acuerdo con la Fórmula I anterior:

5 en la que para el disiliciuro de triuranio,

$T_{\text{superficie}}$ es 400°C ;

q es 438 w/cm^3 ;

D (es decir, diámetro de la pastilla) es $0,819 \text{ cm}$; y

$$k = 0,15 \text{ W/cm}^{\circ}\text{C}$$

$$10 \quad T_{\text{línea central}} = 400^{\circ}\text{C} + (438 * ((0,819 * 0,819) / 0,15) / 4)$$

$$T_{\text{línea central}} = 890^{\circ}\text{C}$$

15 Al mismo valor de q tanto para el dióxido de uranio como para el disiliciuro de triuranio, la temperatura de la línea central calculada para el disiliciuro de triuranio es 890°C , la cual está 772°C por debajo de la temperatura de fusión (1.662°C) del disiliciuro de triuranio. En consecuencia, de acuerdo con los cálculos anteriores, se muestra que el disiliciuro de triuranio tiene una capacidad de flujo térmico más alta que el dióxido de uranio. Cuando mayor sea la temperatura de operación, mayor es la temperatura de la línea central. Por ello, la temperatura de operación normal (por ejemplo, de un LWR, tal como un PWR) debería mantenerse relativamente baja de manera tal que, durante condiciones perturbadas, la temperatura de la línea central no exceda del punto de fusión del disiliciuro de triuranio. En una realización, la composición del combustible nuclear de la presente invención, que incluye disiliciuro de triuranio, se empleó en un LWR, tal como un PWR, en el que la temperatura de operación normal no excedió de aproximadamente 900°C .

20 En otra realización, una composición de pastillas de combustible que incluye disiliciuro de triuranio, tiene una densidad en número incrementada (átomos/ cm^3) de uranio-235 en comparación con la composición de combustible que incluye dióxido de uranio, en la que el nivel de enriquecimiento de U-235 es el mismo para ambas composiciones (5,06 % de átomos). Por ejemplo, la densidad en número del uranio-235 para dióxido de uranio se calculó tal como sigue:

$$10,96 \text{ g UO}_2/\text{cm}^3 * (1 \text{ mol UO}_2 / (238 + (16 * 2) \text{ g UO}_2)$$

$$*0,6023\text{E}24 \text{ moléculas UO}_2/\text{mol UO}_2 * 1 \text{ átomo U/molécula UO}_2$$

$$*0,0506 \text{ átomos U-235/átomos U}$$

$$30 \quad = 1,237\text{E}21 \text{ átomos de U-235/cm}^3.$$

La densidad en número del uranio-235 para el disiliciuro de triuranio se calculó tal como sigue:

$$12,2 \text{ g U}_3\text{Si}_2/\text{cm}^3 * (1 \text{ mol U}_3\text{Si}_2 / ((238*3) + (28 * 2) \text{ g U}_3\text{Si}_2)$$

$$*0,6023\text{E}24 \text{ moléculas U}_3\text{Si}_2/\text{mol U}_3\text{Si}_2 * 3 \text{ átomos U/molécula U}_3\text{Si}_2$$

$$*0,0506 \text{ átomos U-235/átomos U}$$

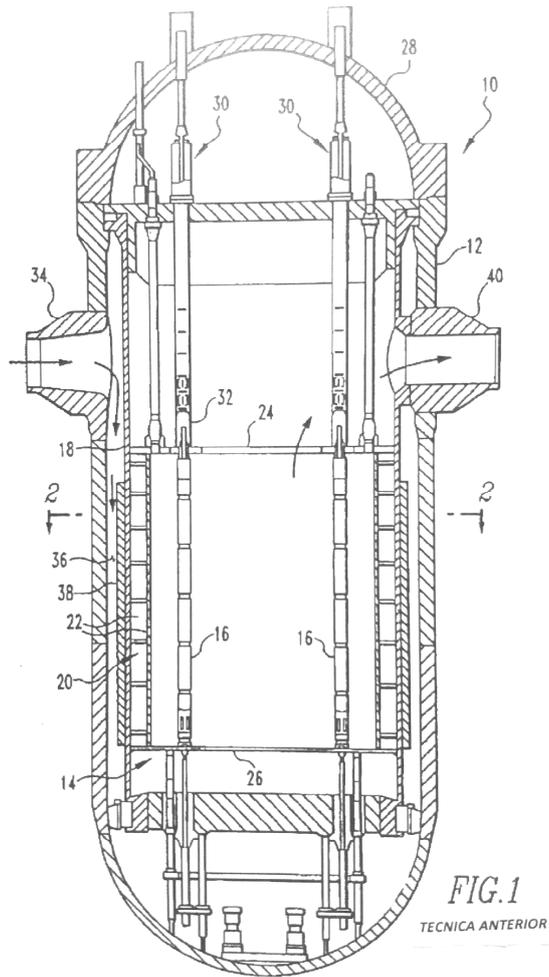
$$35 \quad = 1,449\text{E}21 \text{ átomos de U-235/cm}^3.$$

40 Tal como se muestra anteriormente, el uso de disiliciuro de triuranio en lugar de dióxido de uranio en una composición de pastillas de combustible da como resultado un 17% de incremento en la densidad en número (átomos/ cm^3) de uranio-235 cuando el nivel de enriquecimiento del uranio-235 permanece el mismo para las composiciones de pastillas de combustible de disiliciuro de triuranio y dióxido de uranio (por ejemplo, el nivel de enriquecimiento de uranio-235 se mantiene constante). En una realización alternativa, el por ciento de incremento en la densidad en número de uranio-235 es desde 10% hasta 17% cuando se usa disiliciuro de triuranio, en comparación con el uso del dióxido de uranio en una composición de pastillas de combustible.

45 Considerando que las realizaciones particulares de la invención han sido descritas en la presente memoria con fines de ilustración, resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden hacerse numerosas variaciones de los detalles sin apartarse de la invención tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera que tiene un contenido en U-235 incrementado, comprendiendo la composición:
- 5 disiliciuro de triuranio en un intervalo de desde 50% hasta 100% en peso de la composición, conteniendo el disiliciuro de triuranio un componente de uranio que comprende desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 20% en peso de uranio-235 del peso total de dicho componente de uranio,
- en la que, el contenido de uranio-235 en dicha composición es mayor comparado con el contenido de uranio-235 en una composición de combustible nuclear compuesta únicamente de dióxido de uranio, en la que ambas composiciones tienen el mismo nivel de enriquecimiento de U-235.
- 10 **2.** La composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera de la reivindicación 1, en la que dicho componente de uranio comprende desde aproximadamente 0,7% hasta aproximadamente 5% en peso de uranio-235 en base al peso total del componente de uranio del disiliciuro de triuranio.
- 3.** La composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera de la reivindicación 1, en la que el disiliciuro de triuranio comprende desde aproximadamente 80% hasta aproximadamente 100% en peso del peso total de la composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera.
- 15 **4.** La composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera de la reivindicación 1, en la que el componente de uranio comprende además isótopos de uranio seleccionados entre el grupo que consiste de uranio-232, uranio-233, uranio-234, uranio-236, uranio-238, y mezclas de los mismos.
- 5.** La composición de pastilla de combustible de reactor nuclear de agua ligera de la reivindicación 1, en la que dicho contenido de uranio-235 incrementado es desde aproximadamente 10% hasta aproximadamente 17% superior, comparado con una composición de combustible nuclear compuesta únicamente de dióxido de uranio, que tiene el mismo nivel de enriquecimiento de uranio-235.
- 20 **6.** Un conjunto de combustible de reactor nuclear de agua ligera (16) que comprende una pluralidad de barras de combustible (48) conteniendo cada barra de combustible (48) una pluralidad de pastillas de combustible nuclear (62) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.
- 25 **7.** Un reactor nuclear de agua ligera que tiene un conjunto de combustible (16) de la reivindicación 6.
- 8.** El reactor nuclear de agua ligera de la reivindicación 7, en el que una temperatura de operación normal no excede de aproximadamente 900°C.



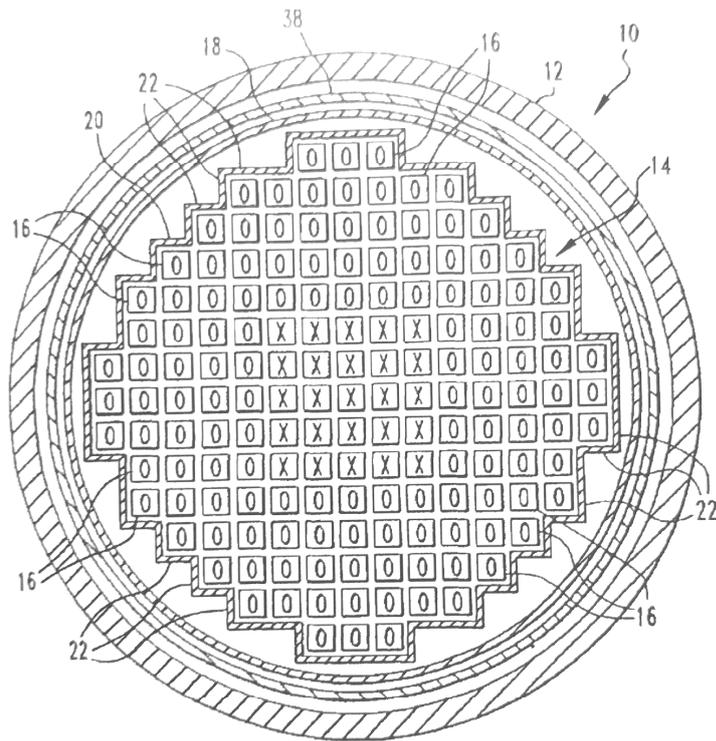
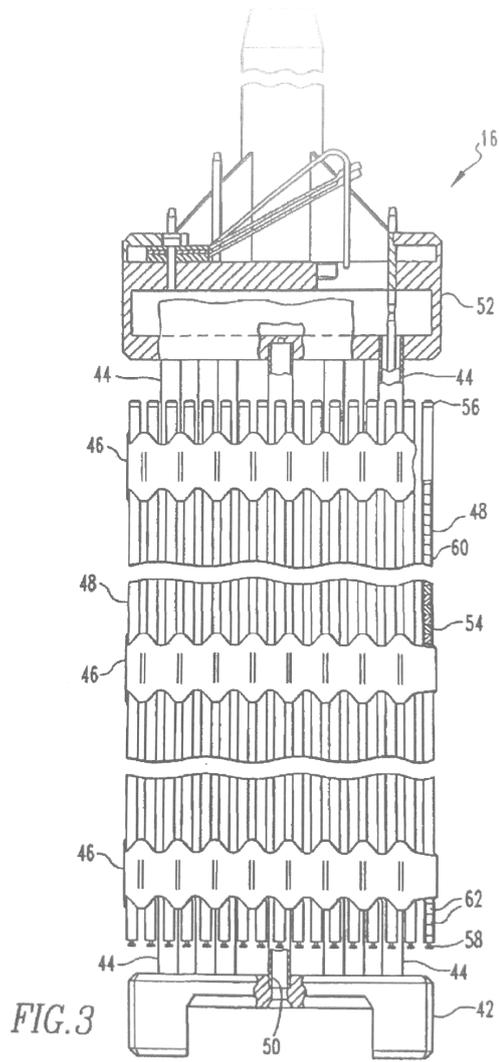


FIG. 2



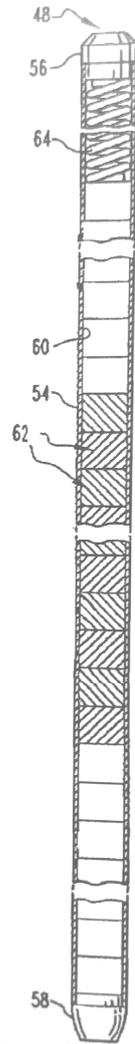


FIG. 4