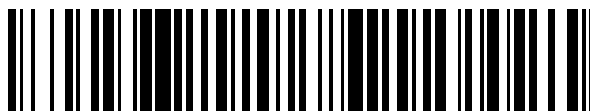


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 116**

51 Int. Cl.:

G21C 3/16 (2006.01)

G21C 3/326 (2006.01)

G21G 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2009 E 09158693 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2120241**

54 Título: **Sistema de retención de blancos de irradiación y conjuntos de combustible que disponen del mismo**

30 Prioridad:

01.05.2008 US 149408

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

21.10.2013

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)
3901 CASTLE HAYNE ROAD
WILMINGTON, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**RUSSELL II, WILLIAM EARL;
GREY-SMITH, DAVID y
DEFILIPPIS, MICHAEL S.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 426 116 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

Sistema de retención de blancos de irradiación y conjuntos de combustible que disponen del mismo

Antecedentes

Campo

- 5 Las realizaciones ejemplares se refieren, en general, a estructuras y radioisótopos producidos en las mismas en centrales nucleares.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 En general, las centrales nucleares incluyen un núcleo de reactor que tiene combustible dispuesto en el mismo para producir energía por fisión nuclear. Un diseño común de las centrales nucleares de los Estados Unidos es disponer combustible en una pluralidad de barras de combustible unidas entre sí como un conjunto de combustible, colocado dentro del núcleo del reactor. Estas barras de combustible normalmente incluyen varios elementos que unen las barras de combustible a unos componentes de montaje en diversas localizaciones axiales por todo el conjunto.

- 15 Tal como se muestra en la FIG. 1, un conjunto 10 de combustible convencional de un reactor nuclear, tal como un BWR (reactor de agua en ebullición), puede incluir un canal exterior 12 que rodea una placa superior de sujeción 14 y una placa inferior de sujeción 16. Una pluralidad de barras 18 de combustible de longitud total y/o unas barras 19 de combustible de longitud parcial pueden estar dispuestas en una matriz dentro del conjunto 10 de combustible y pasar a través de una pluralidad de espaciadores 20. Las barras 18 y 19 de combustible generalmente se originan y terminan en las placas 14 y 16 superior e inferior de sujeción, extendiéndose de manera continua a todo lo largo del conjunto 10 de combustible, con la excepción de las barras 19 de combustible de longitud parcial, que terminan en una posición vertical inferior desde las barras 18 de combustible de longitud total.

- 20 Tal como se muestra en la FIG. 2, unos elementos 25 de combustible pueden estar conformados como pastillas y situados dentro de las barras 18 y 19 de combustible. Estos elementos 25 de combustible pueden estar "apilados" dentro de la barra de combustible de manera continua para proporcionar combustible a todo lo largo de la barra 18 ó 19 de combustible. El apilamiento de los elementos 25 de combustible puede permitir la expansión u otra deformación de los elementos 25 de combustible durante el ciclo de operación del núcleo del reactor. Adicionalmente, un huelgo 21 entre los elementos 25 y una pared interior 23 de la barra 18 ó 19 de combustible puede alojar productos de fisión gaseosos producidos a partir de los elementos 25 durante el funcionamiento del reactor.

- 30 En los extremos de la pila de elementos de combustible de la barra de combustible, normalmente al menos en un extremo superior, pueden estar presentes unos muelles 24 para permitir adicionalmente la acumulación de productos de fisión y la deformación de los elementos 25 de combustible.

Sumario

- 35 Las realizaciones ejemplares están dirigidas a dispositivos y sistemas de retención de blancos de irradiación que pueden insertarse en barras y conjuntos convencionales de combustible nuclear. Los dispositivos ejemplares de las realizaciones pueden sujetar diversos blancos de irradiación, para su irradiación durante el funcionamiento de un núcleo de reactor nuclear que contenga los conjuntos y las barras de combustible que tienen los dispositivos de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar. Los blancos de irradiación pueden convertirse sustancialmente en radioisótopos útiles ante la exposición al flujo de neutrones en el núcleo operativo del reactor nuclear, y pueden retirarse y recogerse de las barras 18/19 de combustible tras la operación.

- 40 Un dispositivo de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede incluir uno o más blancos de irradiación que pueden insertarse y sujetarse en unos orificios de retención del dispositivo durante el funcionamiento. Los orificios pueden estar sellados mediante un tapón o mediante otros dispositivos de retención para proporcionar múltiples niveles de contención a los blancos de irradiación y a los radioisótopos producidos en los mismos. Los blancos de irradiación pueden retirarse de los dispositivos de retención de la realización ejemplar alineando los espacios de salida dentro de los dispositivos y retirando los blancos de irradiación de los mismos.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones ejemplares resultarán más aparentes al describir en detalle los dibujos adjuntos, en los cuales los mismos elementos están representados por los mismos números de referencia, que se ofrecen sólo a modo de ilustración y por lo tanto no limitan las realizaciones ejemplares del presente documento.

- 50 La FIG. 1 es una ilustración de un conjunto de combustible de la técnica relacionada.

La FIG. 2 es una ilustración de una barra de combustible de la técnica relacionada que tiene elementos de combustible apilados.

Las FIGS. 3A y 3B son una ilustración en detalle de un dispositivo de retención de blancos de irradiación ejemplar.

La FIG. 4 es una ilustración de una barra de combustible de una realización ejemplar que incluye un dispositivo de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar.

La FIG. 5 es una ilustración de otro dispositivo de retención de blancos de irradiación ejemplar.

5 La FIG. 6 es una ilustración de una pila de dispositivos de retención de blancos de irradiación ejemplares.

La FIG. 7 es una ilustración de un dispositivo de retención de blancos de irradiación de una realización ejemplar.

La FIG. 8 es una ilustración de una pila de dispositivos de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar.

10 La FIG. 9 es una ilustración de una pila de dispositivos de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar posicionados para la retirada del blanco.

Descripción detallada

15 En el presente documento se dan a conocer realizaciones ilustrativas detalladas de realizaciones ejemplares. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos dados a conocer en el presente documento son meramente representativos con el fin de describir realizaciones ejemplares. Las realizaciones ejemplares pueden, sin embargo, realizarse de muchas formas alternativas y no deberán interpretarse como limitadas únicamente a las realizaciones ejemplares expuestas en el presente documento.

20 Debe comprenderse que aunque pueden utilizarse los términos primer, segundo, etc., para describir diversos elementos, estos elementos no deberán estar limitados por estos términos. Estos términos sólo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podrá denominarse segundo elemento y, similarmente, un segundo elemento podrá denominarse primer elemento sin salirse del alcance de las realizaciones ejemplares. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los artículos asociados listados.

25 Debe comprenderse que cuando un elemento se describe como "conectado", "acoplado", "unido", "sujeto", o "fijado" a otro elemento, puede estar conectado o acoplado directamente al otro elemento, o puede haber presentes elementos de intervención. En contraste, cuando un elemento se describe como "conectado directamente" o "acoplado directamente" a otro elemento, no existen elementos de intervención presentes. Otras palabras utilizadas para describir la relación entre los elementos deberán interpretarse de manera parecida (p. ej., "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.).

30 La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir únicamente realizaciones particulares y no pretende limitar las realizaciones ejemplares. Tal como se utilizan en el presente documento, las formas singulares "un", "uno/a" y "el/la" pretenden incluir también las formas plurales, a no ser que el lenguaje indique explícitamente lo contrario. Debe comprenderse adicionalmente, que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se utilizan en el presente documento, especifican la presencia de características, integrantes, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes mencionados, pero no excluyen la presencia o añadido de una o más características, integrantes, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos del mismo.

35 También debe observarse que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones/acciones mencionadas pueden producirse en otro orden al mostrado en las figuras. Por ejemplo, dos figuras mostradas en sucesión pueden de hecho ejecutarse sustancialmente de manera concurrente, o a veces pueden ejecutarse en el orden inverso, dependiendo de la/s funcionalidad/acciones implicadas.

40 La FIG. 3A ilustra un dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar que puede componer un sistema de retención de blancos de irradiación. El dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación tiene unas dimensiones que permiten insertarlo en barras de combustible convencionales (tubos de revestimiento) utilizados en los conjuntos de combustible convencionales. Por ejemplo, el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación puede tener una anchura máxima de 2,54 cm o menos, y una longitud máxima de varios metros. Aunque se muestra el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación como cilíndrico, pueden utilizarse diversas formas adecuadamente dimensionadas, incluyendo hexaedros, conos, y/o formas prismáticas para el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación.

45 El dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar incluye dos orificios axiales 130 que se extienden parcialmente hacia abajo dentro del dispositivo 125 en una dirección axial desde el extremo superior / cara superior 128. Los orificios axiales 130 pueden estar dispuestos en cualquier patrón y número, siempre que se conserve la integridad estructural del dispositivo de retención de blancos de irradiación. Los orificios axiales 130 pueden tener diversas dimensiones y formas. Por ejemplo, los orificios axiales 130 pueden estar avellanados una distancia desde la cara superior 128 y/o pueden tener fondos y bordes redondeados.

Unos blancos de irradiación 140 pueden insertarse en uno o más orificios axiales 130 en cualquier número y/o patrón deseado. Los blancos de irradiación 140 pueden tener diversas figuras y formas físicas. Por ejemplo, los blancos de irradiación 140 pueden ser pequeños materiales de relleno, pastillas redondeadas, alambres, líquidos, y/o gases. Los blancos de irradiación 140 están dimensionados para encajar dentro de los orificios axiales 130, y/o los orificios axiales 130 están conformados y dimensionados para contener los blancos de irradiación 140.

Los blancos de irradiación 140 están fabricados con diversos materiales que se convierten sustancialmente en radioisótopos cuando son expuestos a un flujo de neutrones presente en los dispositivos 125 de retención de blancos de irradiación. Por ejemplo, los blancos de irradiación 140 pueden incluir Iridio 191, que puede convertirse en Iridio 192 tras su exposición al flujo de neutrones presente en un reactor nuclear operativo, y/o Cobalto 59, que puede convertirse en Cobalto 60 tras su exposición al flujo de neutrones presente en un reactor nuclear operativo, etc. Adicionalmente, los blancos de irradiación 140 pueden ser recipientes sellados de un material diseñado para mantener sustancialmente las propiedades físicas y neutrónicas ante su exposición al flujo de neutrones dentro de un reactor nuclear operativo. Los recipientes pueden contener un blanco de irradiación y/o un radioisótopo producido, sólidos, líquidos y/o gaseosos, para proporcionar una tercera capa de contención (a continuación se analizan otras contenciones) dentro de los blancos de irradiación 140.

Un tapón 138 puede estar sujeto en el extremo / cara superior 128 y sellar los blancos de irradiación 140 en los orificios axiales 130. El tapón 128 puede sujetarse al extremo superior de diversas maneras conocidas. Por ejemplo, el tapón 138 puede estar soldado directamente a la cara superior 128. O, por ejemplo, tal como se muestra en la FIG. 3B, el tapón 138 puede estar enroscado en el extremo superior 128 mediante unas roscas 129 del dispositivo 125 de retención y del tapón 138 ejemplares. O, por ejemplo, el tapón 138 puede sujetarse al extremo superior 128 mediante un mecanismo de llave y cerradura en el tapón 138 del dispositivo 125. En cualquiera de estas sujeciones, el tapón 138 puede retener los blancos de irradiación 140 dentro de un orificio axial 130 y permitir la fácil retirada del tapón 138 para la recogida de los blancos de irradiación 140 irradiados. Adicionalmente, el tapón 138 puede tener una cara plana que se apoye contra la cara superior 128 de cada orificio axial 130 para evitar que los blancos de irradiación 140 o los radioisótopos sólidos, líquidos, o gaseosos producidos por los blancos de irradiación 140 se entremezclen con otros blancos de irradiación 140 y/o se salgan de los orificios axiales 130.

El dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de ejemplo está fabricado con un material diseñado para retener sustancialmente sus propiedades neutrónicas y físicas al ser expuesto a un flujo de neutrones presente en un reactor nuclear operativo. Por lo tanto el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación no puede interferir sustancialmente con el flujo de neutrones que alcanza los blancos de irradiación 140 y no puede reaccionar químicamente con los blancos de irradiación 140 o con los radioisótopos producidos a partir de los mismos. El dispositivo de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede estar fabricado, por ejemplo, con una aleación de circonio, acero inoxidable, aluminio, una aleación de níquel, Inconel, etc.

Tal como se muestra en la FIG. 4, el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede insertarse en las barras 18 y/o 19 de combustible nuclear convencionales (FIGS. 1 & 2) de la misma manera que pueden insertarse las pastillas de combustible convencionales en las barras 18/19 de combustible y sellarse en las mismas. El dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede llenar sustancialmente la barra 18/19 de combustible nuclear o, alternativamente, puede no llenar sustancialmente la barra 18/19 de combustible nuclear y dejar un espacio vacío y/o permitir el relleno del espacio restante de la barra 18/19 de combustible nuclear con pastillas de combustible nuclear. Un muelle 24 puede estar posicionado axialmente en el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar para mantener una posición constante del dispositivo 125 permitiendo a la vez una menor expansión y/o desplazamiento debidos a las condiciones variables presentes en un reactor nuclear operativo.

Un reactor nuclear, que incluya un conjunto de combustible con una barra de combustible que tenga un dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, puede operarse a potencia normal de tal modo que el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, y los blancos de irradiación 140 dentro del mismo, sean irradiados por el flujo de neutrones presente en el reactor nuclear. Debido a que se conocen los niveles de flujo del reactor, y la profundidad de los orificios 130 (mostrados en la FIG. 3) y puede conocerse la colocación y composición de los blancos de irradiación 140 dentro de los mismos, los expertos en la técnica pueden calcular la actividad específica de los radioisótopos producidos a partir de los blancos de irradiación 140. Inversamente, los expertos en la técnica podrán calcular la profundidad de un orificio 130 para obtener la producción óptima de radioisótopos sabiendo los niveles operativos de flujo y la composición del blanco de irradiación 140.

Una vez irradiados y sustancialmente convertidos en radioisótopos útiles, pueden retirarse del reactor nuclear los blancos de irradiación 140 y el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, por ejemplo, durante la parada del reactor. Puede retirarse el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar de los conjuntos de combustible y barras 18/19 de combustible irradiados, y desmontarse retirando el tapón 138 para recoger del mismo los blancos de irradiación 140 irradiados.

Al estar taponados y sellados, la barra 18/19 de combustible nuclear y el dispositivo 125 de la realización ejemplar proporcionan al menos una doble contención para los blancos de irradiación 140. Esto proporciona una garantía

contra fugas de los blancos de irradiación en caso de desgaste del revestimiento de la barra 18/19 de combustible nuclear que contenga el dispositivo 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar. Dependiendo de la colocación de los orificios axiales 140, el grosor radial de los dispositivos 125 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede proporcionar una contención adicional.

5 Tal como se muestra en la FIG. 5, un dispositivo 225 alternativo de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede tener la forma de un elemento de combustible o la configuración de tipo pastilla cilíndrica, aunque pueden utilizarse otras formas para las realizaciones ejemplares. El dispositivo 225 de la realización ejemplar está dimensionado para encajar dentro de una barra 18/19 de combustible nuclear convencional y tener una longitud máxima tal que varios dispositivos 225 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar
10 puedan encajar dentro de una barra 18/19 de combustible nuclear. Por ejemplo, el dispositivo de retención de blancos de irradiación puede tener una longitud de unos pocos centímetros o menos.

Por lo demás, el dispositivo 225 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede compartir diversas características con las realizaciones ejemplares anteriormente mencionadas, cuyas porciones redundantes se omitirán. El dispositivo 225 de la realización ejemplar define dos o más orificios 230 que se extienden por dentro
15 del dispositivo 225 de la realización ejemplar, pero que no lo atraviesan. Los orificios 230 pueden llenarse con un blanco de irradiación 240 deseado que se convierta sustancialmente en un radioisótopo tras su exposición al flujo de neutrones que pasa a través del dispositivo 225 de la realización ejemplar. Los dispositivos de la realización ejemplar de tipo lingote pueden incluir adicionalmente un tapón, como el anteriormente descrito con respecto a las realizaciones ejemplares previas, para contener los blancos de irradiación 240 en los orificios 230 de los mismos.

20 Alternativamente, tal como se muestra en la FIG. 6, en vez de tener un tapón para retener los blancos de irradiación 240 dentro de los orificios 230, el dispositivo 225 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede estar sellado por, y/o contenido en, un dispositivo 225 y/o un cartucho 226 vacío. Los dispositivos 225 de retención de blancos ejemplares pueden apilarse estrechamente con otros dispositivos 225 de retención de blancos
25 ejemplares dentro de una barra 18/19 de combustible nuclear convencional. Un huelgo 21 puede estar presente adicionalmente entre los dispositivos ejemplares 225 / cartucho 226 y la pared 23 de la barra 18/19 de combustible nuclear. Un muelle 24 u otro dispositivo de sujeción puede suministrar una presión resistiva contra una pila de dispositivos 225 de la realización ejemplar para sujetarlos sustancialmente enrasados los unos contra los otros en la barra 18/19 de combustible nuclear. Debido a que los orificios 230 pueden no atravesar completamente los dispositivos 225, la superficie inferior de cada dispositivo puede ser en gran parte plana para facilitar un sellado de
30 contención contra otro dispositivo ejemplar 225 apilado inmediatamente debajo.

Un cartucho 226 puede estar colocado entre el muelle 24 u otro dispositivo de precarga y la pila de dispositivos 225 de retención de irradiación de la realización ejemplar para proporcionar la misma estructura de sellado para el dispositivo 225 situado más arriba en la pila. El cartucho 226 puede ser sustancialmente similar a los dispositivos
35 225 de la realización ejemplar, excepto porque no contiene ningún blanco de irradiación para que no se produzcan fugas de los objetos sobre el muelle 24 o cualquier otro dispositivo tensor dentro de la barra 18/19.

Los dispositivos 225 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar pueden permitir la colocación de varios tipos y fases diferentes de blancos de irradiación 240 en cada dispositivo 225 y cada orificio 230 del mismo. Debido a que pueden colocarse varios dispositivos ejemplares 225 en niveles axiales precisos dentro de la
40 barra 18/19 de combustible nuclear, puede ser posible proporcionar una cantidad o unos tipos más exactos de blancos de irradiación 240 en un nivel axial particular dentro de la barra 18/19 de combustible nuclear. Debido que puede conocerse el perfil del flujo axial en el reactor operativo, esto puede proporcionar una generación y una medición más precisas de los radioisótopos útiles en los blancos de irradiación 240 colocados dentro de los dispositivos 225 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar.

Tal como se muestra en la FIG. 7, otro dispositivo adicional 325 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar puede ser sustancialmente similar a los dispositivos 225 de retención de la realización ejemplar de tipo lingote. Sin embargo, los dispositivos 325 de la realización ejemplar pueden tener uno o más orificios 330 que compartan una posición radial sobre un eje central 380 de los dispositivos 325 de la realización ejemplar. Los dispositivos 325 de la realización ejemplar incluyen adicionalmente un agujero 385 en la posición radial compartida que atraviesa completamente un dispositivo 325 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, al
50 contrario que los orificios 330. En el agujero 385 no pueden colocarse blancos de irradiación.

Los dispositivos de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar pueden incluir adicionalmente una ranura enchavetada 395 u otra abertura posicionada en un eje central 380. La ranura enchavetada 395 puede estar conformada para permitir que un vástago conformado correspondientemente atraviere el dispositivo 395 de la realización ejemplar y gire el dispositivo 395 de la realización ejemplar sobre un eje central 380. La ranura
55 enchavetada 395 puede estar orientada en la misma posición con respecto al agujero 385 en cada dispositivo 325 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar.

Tal como se muestra en la FIG. 8, debido a que los orificios 330 y el agujero 385 comparten la misma posición radial sobre un eje central 380 de los dispositivos 325 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, si se apilan los dispositivos ejemplares 325 a lo largo del eje 380 de la barra 18/19 de combustible nuclear, pueden

5 alinearse todos los agujeros 385 en una única posición angular para formar un conducto 390 de salida a través de la pila de los dispositivos 325 de la realización ejemplar. Adicionalmente, debido a que si se apilan los dispositivos ejemplares 325 también pueden alinearse las ranuras enchavetadas y pueden compartir una orientación común con los agujeros 385, puede pasarse una herramienta que tenga un extremo enchavetado que corresponda con la forma 395 de ranura a través de la pila de dispositivos 325 de retención de blancos de irradiación.

10 Tal como se muestra en la FIG. 9, para recoger los radioisótopos producidos por los dispositivos 325 de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar, tras la irradiación de los mismos en un núcleo de un reactor nuclear operativo, puede orientarse la pila de dispositivos ejemplares 325 con los orificios 330 encarados hacia abajo, de tal modo que los blancos de irradiación 340 puedan caer de los orificios 330 únicamente por la acción gravitatoria. Luego puede girarse una selección de los dispositivos 325 de la realización ejemplar, apilados dentro de la barra 18/19 de combustible nuclear, sobre el eje central 380 hasta que todos los agujeros 385, y por lo tanto el conducto 390 de salida, queden alineados con un orificio 330 deseado de un dispositivo 325 no girado dentro de la pila. Los blancos de irradiación 340 y los radioisótopos presentes en los mismos pueden caer desde el orificio 330 a través del conducto 390 de salida para su recogida.

15 Pueden girarse los dispositivos 325 apilados de la realización ejemplar mediante una herramienta enchavetada 396 introducida en la ranura enchavetada 395 a una distancia axial deseada. De esta manera puede seleccionarse el dispositivo de retención de blancos de irradiación particular vaciado a través del conducto 390 de salida, mediante la distancia axial a la que se mueva la herramienta enchavetada 396 dentro de las ranuras enchavetadas 395. Debido a que todas las ranuras enchavetadas 395 pueden estar orientadas similarmente con respecto a los agujeros 385, puede girarse el conducto 390 de salida consistentemente hasta un orificio 330 a vaciar. Adicionalmente, el dispositivo 325 de retención de blancos de irradiación ejemplar situado más abajo (tras girar la pila hacia abajo) puede carecer de blancos de irradiación 340, de tal modo que durante el vaciado de una pila de dispositivos 325 de la realización ejemplar no caerán blancos de irradiación 340 desde el dispositivo 325 situado más abajo.

25 Los dispositivos de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar pueden ser girados mediante otros mecanismos y no tener una ranura enchavetada 395 central. Por ejemplo, unos manguitos externos pueden girar los dispositivos 325 de retención individuales de una pila a unas posiciones angulares deseadas para drenar por el conducto 385 de salida los blancos de irradiación irradiados. Similarmente, los agujeros 385 no necesitan alinearse contemporáneamente en una pila de dispositivos 325 de retención de la realización ejemplar; un blanco de irradiación puede caer en un agujero 385 desalineado que luego se alineará con un agujero inferior 385, de tal modo que el blanco de irradiación 340 puede caer a incrementos a través de una pila de dispositivos de la realización ejemplar hasta ser recogido.

35 Aunque los dispositivos de retención de la realización ejemplar pueden insertarse en las barras de combustible y los conjuntos de combustible tipo BWR de las realizaciones ejemplares, debe comprenderse que pueden utilizarse otros tipos de combustible y de plantas de energía con los dispositivos de retención de la realización ejemplar. Por ejemplo, los reactores de tipo PWR, CANDU, RBMK, ESBWR, etc., pueden incluir barras de combustible que pueden alojar los dispositivos de retención de la realización ejemplar para irradiar blancos de irradiación dentro de los mismos.

40 Los expertos en la técnica podrán apreciar que las realizaciones ejemplares así descritas pueden variarse mediante experimentación rutinaria y sin una actividad inventiva adicional. Por ejemplo, la palabra "conjunto" se utiliza en todo el presente documento para denotar una colección de barras de combustible en las realizaciones ejemplares, pero también pueden utilizarse de manera intercambiable términos como "haz", y pueden utilizarse las realizaciones ejemplares con haces de combustible que no presenten los componentes que normalmente se encuentran en un conjunto de combustible finalizado. O, por ejemplo, pueden utilizarse otros tipos de combustibles, formas, y configuraciones en conjunto con los sistemas de retención de blancos de irradiación de la realización ejemplar. Las variaciones no deben considerarse como un alejamiento del espíritu y el alcance de las realizaciones ejemplares, y todas las modificaciones mencionadas, tal como resultará obvio para los expertos en la técnica, pretenden estar incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de retención de blancos de irradiación que comprende:

al menos un dispositivo (125, 225, 325);

5 dimensionado para encajar dentro de una barra (18, 19) de combustible nuclear, de tal modo que el eje longitudinal del al menos un dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación quede paralelo al eje longitudinal de la barra (18, 19) de combustible dentro de la cual el dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación está dimensionado para encajar;

fabricado de un material configurado para mantener sustancialmente sus propiedades físicas y neutrónicas al ser expuesto al flujo de neutrones en el reactor nuclear operativo, y

10 que incluye al menos dos orificios (130, 230, 330), siendo cada orificio paralelo al eje longitudinal del dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación, y estando situado a una misma distancia radial desde un eje central del dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación.

15 al menos un blanco de irradiación (140, 240) contenido dentro de al menos un orificio (130, 230, 330), estando configurado el blanco de irradiación (140, 240) para convertirse sustancialmente en un radioisótopo tras su exposición a un flujo de neutrones en un reactor nuclear operativo,

incluyendo adicionalmente el dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación al menos un agujero (385) que lo atraviesa, estando situado el agujero a la misma distancia radial desde el eje central.

20 2.- El sistema de la reivindicación 1, en el cual el al menos un dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación incluye un tapón (138) configurado para sujetarse a un extremo del dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación que tiene el al menos un orificio (130, 230, 330), estando configurados la sujeción del tapón (138) y el dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación para retener el blanco de irradiación (140, 240) dentro del al menos un orificio (130, 230, 330).

3.- El sistema de las reivindicaciones 1 ó 2, en el cual el blanco de irradiación (140, 240) es al menos uno de entre Iridio-191 y Cobalto-59.

25 4.- El sistema de la reivindicación 1, en el cual el al menos un dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación incluye una ranura enchavetada (395) posicionada sobre el eje central y que atraviesa el dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación, teniendo la ranura enchavetada (395) una orientación única con respecto al al menos un agujero (385).

30 5.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación está fabricado con al menos uno de entre una aleación de circonio, acero inoxidable, aluminio, una aleación de níquel, e Inconel.

6.- Un conjunto (10) de combustible nuclear, que comprende:

una placa superior (14) de sujeción;

una placa inferior (16) de sujeción; y

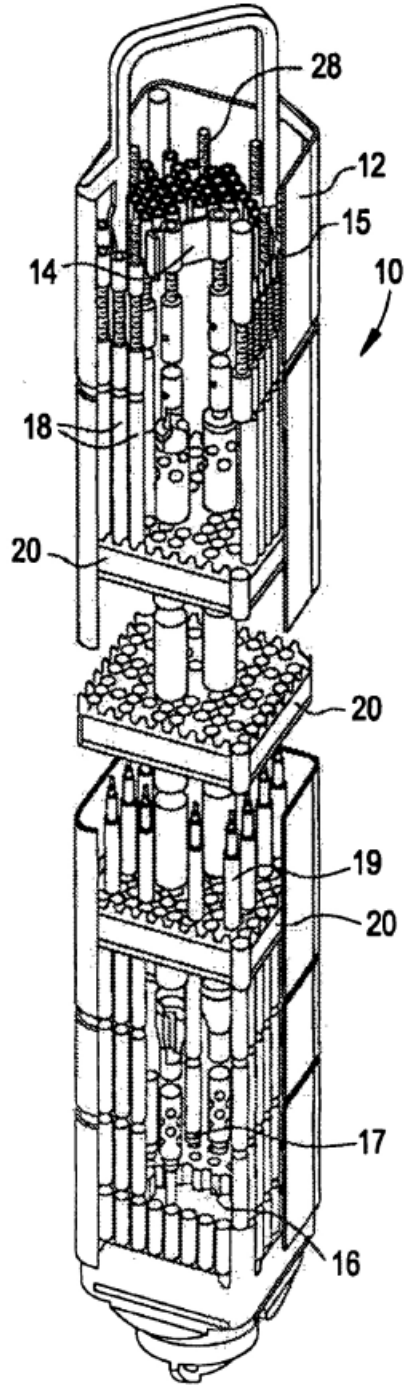
35 una pluralidad de barras (18, 19) de combustible que se extienden entre la placa superior (14) de sujeción y la placa inferior (16) de sujeción, incluyendo al menos una barra (18, 19) de combustible al menos un dispositivo (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación según lo reivindicado en la reivindicación 1.

40 7.- El conjunto (10) de combustible nuclear de la reivindicación 6, en el cual la la menos una barra (18, 19) de combustible incluye una pluralidad de dispositivos (125, 225, 325) de retención de blancos de irradiación apilados axialmente dentro de la al menos una barra (18, 19) de combustible.

45 8.- El conjunto (10) de combustible nuclear de la reivindicación 7, en el cual la la menos una barra (18, 19) de combustible incluye adicionalmente un muelle (24) configurado para comprimir la pluralidad de blancos de irradiación (140, 240) axialmente apilados dentro de la al menos una barra (18, 19) de combustible, con una fuerza tal que el blanco de irradiación (140, 240) quede sellado en el al menos un orificio (130, 230, 330).

FIG. 1

TÉCNICA CONVENCIONAL



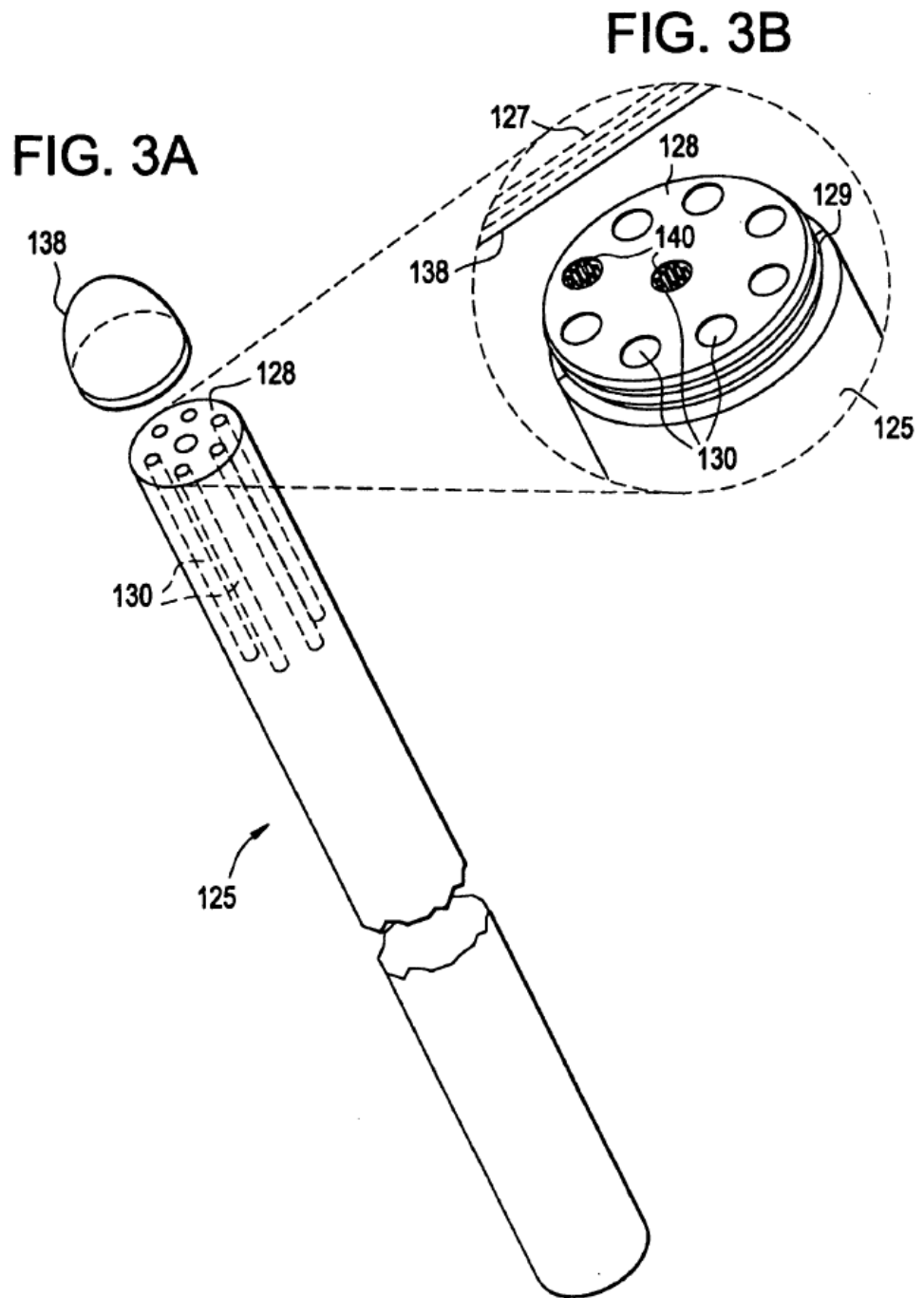


FIG. 4

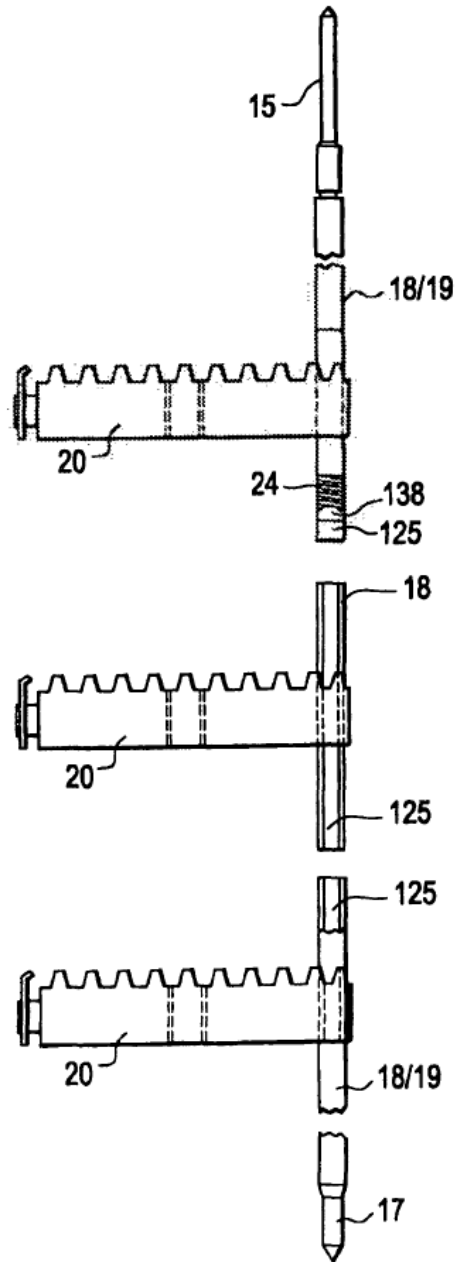


FIG. 5

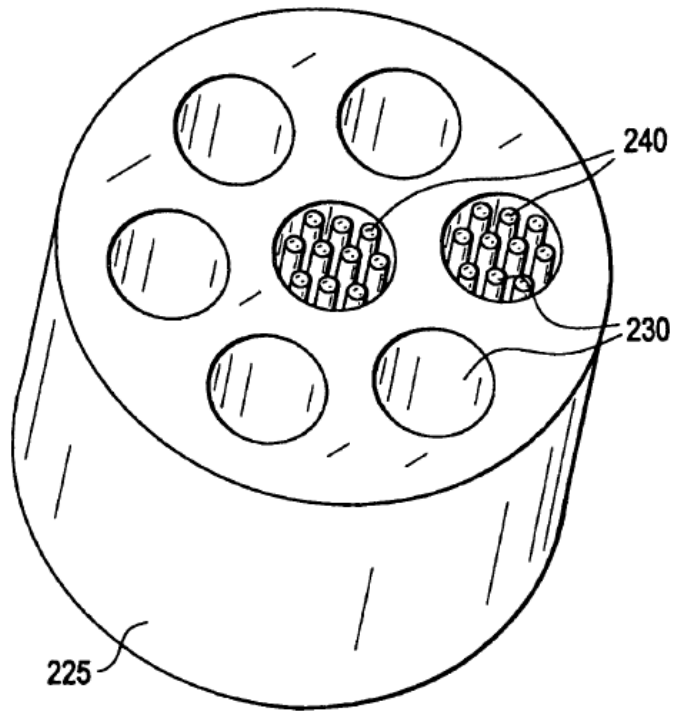


FIG. 6

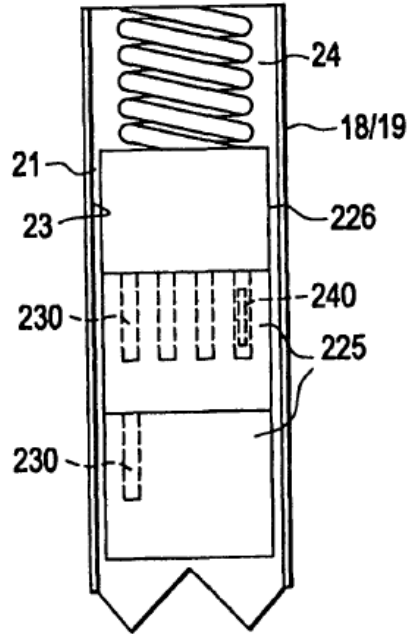


FIG. 7

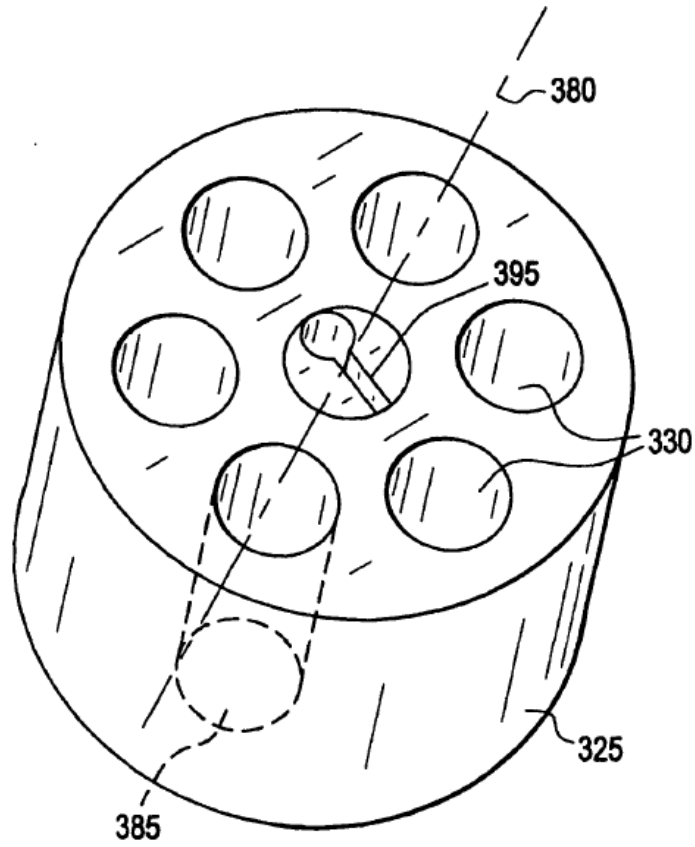


FIG. 8

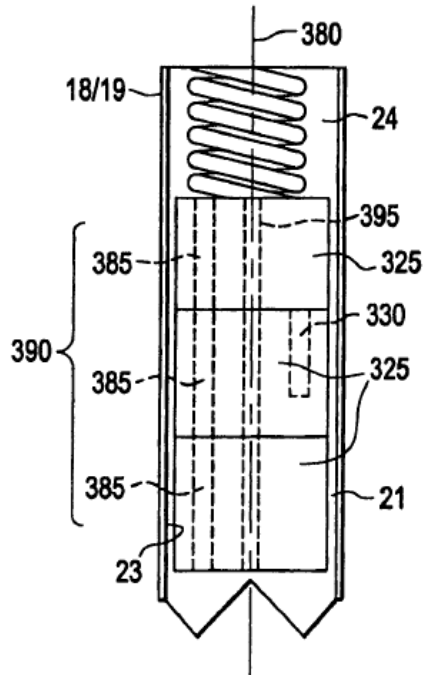


FIG. 9

