

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 451 504**

51 Int. Cl.:

G21C 3/32 (2006.01)

G21G 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2009 E 09157186 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2107573**

54 Título: **Estructuras de producción de radioisótopos, conjuntos de combustible que tienen las mismas y procedimientos de uso de los mismos**

30 Prioridad:

03.04.2008 US 78705

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

27.03.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SMITH, DAVID GREY y
RUSSELL II, WILLIAM EARL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 451 504 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

Estructuras de producción de radioisótopos, conjuntos de combustible que tienen las mismas y procedimientos de uso de los mismos.

Antecedentes

5 Campo

Las realizaciones ejemplares versan, en general, acerca de estructuras de combustible y radioisótopos producidos en las mismas, en centrales nucleares.

Descripción de la técnica relacionada

10 En general, las centrales nucleares incluyen un núcleo del reactor nuclear que tiene combustible dispuesto en el mismo para producir energía mediante fisión nuclear. Un diseño común en las centrales nucleares estadounidenses es disponer el combustible en una pluralidad de varillas de combustible unidas entre sí como un conjunto de combustible, o conjunto combustible, colocado en el interior del núcleo del reactor nuclear. Estas varillas de combustible normalmente incluyen varios elementos que unen las varillas de combustible a los componentes del conjunto en diversas ubicaciones axiales por todo el conjunto.

15 Como se muestra en la FIG. 1, un conjunto convencional 10 de combustible de un reactor nuclear, tal como un BWR, puede incluir un canal externo 12 que rodea una placa superior 14 de sujeción y una placa inferior 16 de sujeción. Puede haber dispuesta una pluralidad de varillas 18 de combustible de longitud completa y/o de varillas 19 de combustible de longitud parcial en una matriz en el interior del conjunto 10 de combustible y puede pasar a través de una pluralidad de espaciadores 20. En general, las varillas 18 y 19 de combustible se originan y terminan en placas superior e inferior 14 y 16 de sujeción, que abarcan de forma continua la longitud del conjunto 10 de combustible, con la excepción de las varillas 19 de longitud parcial, que todas terminan en una posición vertical más baja que las varillas 18 de longitud completa. Un tapón extremo superior 15 de cierre y/o un tapón extremo inferior 17 de cierre pueden unir las varillas 18 y 19 de combustible a las placas superior e inferior 14 y 16 de sujeción, utilizándose solo el tapón extremo inferior 17 de cierre en el caso de varillas 19 de longitud parcial. Las varillas 28 de unión pueden ser varillas de longitud completa colocadas en posiciones de esquina en el conjunto 10 de combustible que se unen firmemente a las placas superior e inferior 14 y 16 de sujeción y proporcionan puntos de manipulación para el conjunto 10 de combustible. Los tapones extremos 15 y 17 de cierre pueden coincidir con las placas superior e inferior 14 y 16 de sujeción, respectivamente, y en el caso de varillas 28 de unión, pasar a través de las mismas, y pueden fijar las varillas 18 o 19 de combustible de forma axial en el conjunto 10 de combustible.

30 La solicitud de patente estadounidense nº 2007/133731 describe un procedimiento de producción de isótopos en un reactor nuclear de agua ligera que genera niveles de potencia de al menos 100 megavatios térmicos (MWt), que comprende colocar al menos un blanco no físil en una o más estructuras de contención, insertar la o las estructuras de contención con el uno o más blancos no físil en las mismas en una o más varillas de combustible que constituyen las varillas diana de uno o más haces de combustible que van a ser cargados en un núcleo del reactor, obteniendo de ese modo uno o más haces diana, cargar el o los haces diana en el núcleo, e iniciar operaciones de potencia en el núcleo para irradiar el o los haces diana, de forma que se produzca al menos un isótopo.

Sumario

40 La invención consiste en una estructura de producción de radioisótopos para su uso en un conjunto de combustible nuclear, en un conjunto de combustible nuclear y en un procedimiento de generación de radioisótopos para un conjunto de combustible nuclear como se especifica en las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones ejemplares están dirigidas a fijaciones de la placa de sujeción que tienen blancos de irradiación y conjuntos de combustible que utilizan fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar y procedimientos de uso de las mismas para generar radioisótopos. Las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar incluyen una pluralidad de taladros de retención que permiten que se inserten blancos de irradiación y que sean contenidos en los taladros de retención. Los blancos de irradiación pueden ser irradiados en un núcleo en operación de un reactor nuclear que incluye los conjuntos de combustible, generando radioisótopos útiles que pueden ser recogidos del conjunto de combustible nuclear gastado al retirar las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar.

50 Las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden estar conectadas a conjuntos de combustible por medio de la placa superior de sujeción, varillas de combustible, y/o un canal que rodea el conjunto de combustible. Las placas de sujeción de realización ejemplar pueden ser mantenidas en una posición axial fija en el interior de los conjuntos de combustible, de forma que se expongan los blancos de irradiación de los mismos a un flujo constante de neutrones de menor nivel, convirtiendo de ese modo una cantidad sustancial de los blancos de irradiación en radioisótopos utilizables.

55

Breve descripción de los dibujos

Sigue una descripción detallada de realizaciones de la invención únicamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 Serán evidentes realizaciones ejemplares al describir, en detalle, los dibujos adjuntos, en los que los elementos similares están representados mediante números similares de referencia, que son proporcionados únicamente a modo de ilustración y no limitan las realizaciones ejemplares del presente documento.

La FIG. 1 es una ilustración de un conjunto de combustible de la técnica relacionada que no tiene una fijación de la placa de sujeción;

10 la FIG. 2 es una ilustración de un conjunto de combustible de realización ejemplar que tiene una placa de sujeción de realización ejemplar;

la FIG. 3 es una ilustración detallada de una fijación de la placa de sujeción de realización ejemplar; y

la FIG. 4 es una ilustración detallada de una placa de sujeción de realización ejemplar que muestra blancos de irradiación en la misma.

Descripción detallada

15 En el presente documento se divulgan realizaciones ilustrativas detalladas de realizaciones ejemplares. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento son simplemente representativos de cara a la descripción de realizaciones ejemplares. Sin embargo, las realizaciones ejemplares pueden ser implementadas de muchas formas alternativas y no debería interpretarse que estén limitadas únicamente a las realizaciones ejemplares definidas en el presente documento.

20 Se comprenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden ser utilizados en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo son utilizados para diferenciar un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría ser denominado segundo elemento y, de forma similar, un segundo elemento podría ser denominado primer elemento, sin alejarse del ámbito de las realizaciones ejemplares. Según se utiliza en el presente documento, la expresión "y/o" incluye cualquier combinación, y todas ellas, de uno o más de los elementos enumerados asociados.

Se comprenderá que cuando se hace referencia a que un elemento está "conectado", "acoplado", "emparejado", "unido", o "fijado" a otro elemento, puede estar conectado o acoplado directamente al otro elemento o puede haber presentes elementos intermedios. En cambio, cuando se hace referencia a que un elemento está "conectado directamente" o "acoplado directamente" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Se deberían interpretar otras palabras utilizadas para describir la relación entre elementos de forma similar (por ejemplo, "entre" en contraposición a "directamente entre", "adyacente" en contraposición a "directamente adyacente", etc.).

30 La terminología utilizada en el presente documento solo tiene el fin de describir realizaciones particulares y no se pretende que sea limitante de las realizaciones ejemplares. Según se utilizan en el presente documento, se pretende que las formas singulares "un", "una" y "el" y "la" también incluyan las formas plurales, a no ser que el lenguaje indique explícitamente lo contrario. Se comprenderá, además, que las expresiones "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando sean utilizadas en el presente documento, especifican la presencia de las características, los números enteros, las etapas, las operaciones, los elementos y/o los componentes indicados, pero no excluyen la presencia ni la adición de uno o más números enteros, características, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

40 También se debe hacer notar que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/acciones que se hacen notar pueden producirse fuera del orden que se hace notar en las figuras. Por ejemplo, dos figuras mostradas en sucesión pueden ser ejecutadas, de hecho, de forma sustancialmente simultánea o pueden ser ejecutadas a veces en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/acciones implicadas.

45 La FIG. 2 ilustra un conjunto 100 de combustible de realización ejemplar que incluye una placa superior 114 de sujeción y una fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar que, individualmente o juntas, pueden funcionar como una estructura de producción de radioisótopos. El conjunto 100 de combustible de realización ejemplar puede ser similar a los conjuntos convencionales de combustible, con la excepción de la inclusión de la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar. Aunque se muestra el conjunto 100 de combustible de realización ejemplar similar a un conjunto convencional de combustible de tipo BWR, se pueden utilizar otras realizaciones ejemplares, incluyendo conjuntos de combustible de tipo PWR y haces no acabados de combustible, con fijaciones de la placa de sujeción según la presente invención.

50 La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede ser generalmente rectangular y rodear varillas 118 de combustible de longitud completa en el conjunto 100 de combustible. Un perímetro externo de la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede extenderse hasta aproximadamente un perímetro externo del conjunto 100 de combustible formado por las varillas 118 de combustible, de manera que forme un perfil axial sustancialmente uniforme en el interior del conjunto 100 de combustible de realización ejemplar.

- Aunque se muestra la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar generalmente rectangular con un centro hueco, son posibles otras formas. Por ejemplo, las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden extenderse únicamente a lo largo de uno o dos lados de los conjuntos de combustible de realización ejemplar en vez de los cuatro lados. De forma similar, las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden tener grosores variados o incluso extenderse a través de todo el perfil en corte transversal de los conjuntos de combustible de realización ejemplar y tener canales que permitan un flujo de refrigerante a través de los mismos en vez de tener un centro hueco. Las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar también pueden tener otras formas para hacer coincidir los conjuntos de combustible de realización ejemplar y las placas de sujeción de los mismos, incluyendo formas hexagonales, triangulares, etc.
- 5
- 10 En la placa de sujeción de realización ejemplar de la FIG. 2, la fijación 150 puede tener un grosor del borde en corte transversal igual a una única fila de varillas 118 de combustible a lo largo de un corte transversal del conjunto 100 de combustible de realización ejemplar. Es decir, la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede rodear las varillas externas 118 de combustible, o puede estar colocada con las mismas, en el conjunto 100 de realización ejemplar. De esta forma, la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede no reducir ni interferir significativamente en el flujo de refrigerante a través de las varillas interiores en el conjunto 100 y puede ser colocada en una posición con un flujo de neutrones normalmente menor dentro del conjunto 100.
- 15
- 20 Como se muestra en la FIG. 2, la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar está colocada bajo la placa superior 114 de sujeción en una dirección axial. La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede ser mantenida bajo la placa superior 114 de sujeción de varias formas. Por ejemplo, la fijación 150 de realización ejemplar puede ser soldada directamente a la placa superior 114 de sujeción, forjada en la placa superior 114 de sujeción, o, si no, puede ser estructuralmente continua con respecto a la misma, puede encajar en la placa superior 114 de sujeción por fricción y/o con forma de llave y cerradura, o puede ser unida a la placa superior 114 de sujeción por medio de fijaciones tales como pernos o tornillos.
- 25
- 30 Como se muestra en las FIGURAS 2 y 3, como otra opción de fijación, la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar permite que una o más varillas 118 de combustible y/o extremo superior y tapones extremos 120 de cierre pasen axialmente a través de la fijación 150 por medio de agujeros 155 y al interior de la placa superior 114 de sujeción. De esta manera, las varillas 118 de combustible pueden afianzar la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar en una posición transversal bajo la placa superior 114 de sujeción. La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede ser mantenida en una posición axial constante bajo la placa superior 114 de sujeción al asentarse las varillas 118 de combustible en los agujeros 155 o mediante el flujo de refrigerante a través del conjunto 100 en una dirección axial y/o al fijar la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar contra la placa superior 114 de sujeción. O, por ejemplo, las varillas 118 de combustible y/o los tapones extremos superiores 120 de cierre pueden ser atornillados, bloqueados, soldados, etc. a la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar, de forma que mantenga la fijación 150 en una posición axial constante bajo la placa superior 114 de sujeción.
- 35
- Es más, la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede fijarse al canal externo 112 al ser soldada y/o encajada de forma separable en el canal externo 112 que rodea el conjunto 100 de combustible de realización ejemplar. Las extensiones laterales (presentadas a continuación) pueden facilitar tal contacto entre el canal externo 112 y la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar.
- 40
- En los conjuntos de combustible de realización ejemplar, las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden ser mantenidas, de esta manera, cerca de la placa superior de sujeción, o pueden ser fijadas bajo la misma, en la dirección axial. Esta posición permite un acceso sencillo a las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar durante el montaje y el desmontaje, dado que se puede acceder a la fijación de la placa de sujeción de realización ejemplar tan solo con el desmontaje de la placa superior de sujeción.
- 45
- 50 La FIG. 3 es una ilustración detallada de una fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar. Aunque se muestra la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar como un rectángulo hueco que coincide con la forma del canal externo 112, son posibles otras formas y orientaciones como se ha expuesto anteriormente. La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar está fabricada de un material que mantiene sustancialmente sus propiedades físicas y neutrónicas cuando es expuesta a condiciones en un núcleo en operación de un reactor nuclear, de manera que la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar no interfiera en el flujo de neutrones, o afecte al mismo, presente en el reactor en operación. Las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar puede estar fabricadas, por ejemplo, de acero inoxidable, Inconel, una aleación de níquel, una aleación de circonio, aluminio, etc.
- 55
- Como se ha expuesto anteriormente, los agujeros 155 pueden penetrar completamente a través de la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar y permitir que las varillas 118 de combustible (mostradas en líneas discontinuas) y/o los tapones extremos superiores 120 de cierre pasen a través y/o se conecten con la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar. Como tal, los agujeros 155 pueden estar dimensionados con un diámetro interno suficientemente mayor que el diámetro externo de una varilla 118 de combustible y/o de un tapón extremo superior 120 de cierre. El procedimiento ejemplar de unión de la FIG. 3 muestra una fijación 150 de la placa

de sujeción de realización ejemplar “asentada” sobre el reborde 117 de la unión de la varilla 118 de combustible y del tapón extremo superior 120 de cierre. Se comprenderá que se pueden utilizar varios otros procedimientos de unión expuestos anteriormente y a continuación, incluyendo un contacto por rozamiento entre las varillas o los tapones extremos de cierre y las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar, llave y cerradura, uniones de tipo ranura, o de tipo cola de milano, soldadura, y/o una conexión continua entre las piezas.

La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar puede incluir una o más extensiones laterales 165 que facilitan la colocación relativa al canal 112, y/o la conexión con el mismo. Por ejemplo, las extensiones laterales 165 pueden conectar o colindar con el canal 112 en cada lado de la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar para centrar y/o fijar la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar dentro del conjunto 100 de combustible de realización ejemplar. Las extensiones laterales 165 pueden coincidir, además, con las extensiones y/o la forma de la placa superior 114 de sujeción para proporcionar un perfil axial coherente entre la placa superior 114 de sujeción y la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar.

La fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar incluye una pluralidad de blancos 160 de retención en su cara superior en los que se colocan y se contienen uno o más blancos 170 de irradiación, como se muestra en la FIG. 4, que es una porción ampliada del área A de la FIG. 3. Los taladros 160 no pasan a través de la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar sino que, en vez de ello, tienen una profundidad suficiente como para permitir que los blancos 170 de irradiación encajen en los taladros 160. Los taladros 160 pueden ser colocados geoméricamente en torno a los agujeros 155, o entre los mismos. De forma alternativa, los taladros 160 pueden estar dispersos sin un patrón particular por toda la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar, siempre que la integridad estructural de la fijación 150 no se vea comprometida por la posición ni/o el número de taladros 160.

Los blancos 170 de irradiación pueden tener la forma de pequeñas “semillas” o pequeñas formas de varilla para ser insertados en los taladros 160 de retención. En función del tamaño de los taladros 160, los blancos 170 de irradiación pueden tener una anchura y una longitud para encajar en el interior de los taladros 160 y pueden tener, por ejemplo, una escala milimétrica. Se pueden colocar varios blancos 170 de irradiación que contienen potencialmente distintos tipos de materiales base, incluyendo sólidos, líquidos y/o gases, en un único taladro 160 de retención. De forma alternativa, cada taladro 160 puede contener blancos homogéneos 170 de irradiación.

Los blancos 170 de irradiación están fabricados de una variedad de materiales que se convierten sustancialmente en radioisótopos cuando son expuestos a un flujo de neutrones encontrado bajo las placas 114 de sujeción en un reactor nuclear en operación. Debido a que el flujo de neutrones puede ser menor en los extremos axiales del conjunto 100 de combustible de realización ejemplar (FIG. 2), las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar y los blancos 170 de irradiación del mismo también pueden ser expuestos a un flujo menor. Por lo tanto, los materiales que tienen una sección eficaz microscópica con un paso elevado de neutrones y periodos de semidesintegración más breves pueden resultar preferibles para ser utilizados como blancos 170 de irradiación, incluyendo, por ejemplo, iridio-191, que puede convertirse en iridio-192 cuando se expone a un flujo de neutrones encontrado en un reactor nuclear en operación. De forma similar, se pueden utilizar otros isótopos, incluyendo cobalto-59, selenio-74, estroncio-88 y/o iridio-191 por ejemplo, como blancos 170 de irradiación.

Los taladros 160 de retención pueden ser sellados o cerrados por medio de una tapa 161, mostrada en la Fig. 4, que cubre los taladros 160 y se une a la fijación 150 de la placa de sujeción de realización ejemplar. Por ejemplo, las tapas 161 pueden ser soldadas sobre la fijación 150 o atornilladas en los taladros 160, si los taladros 160 están roscados. Se pueden conocer y utilizar con las realizaciones ejemplares otros procedimientos para fijar firmemente las tapas 161 sobre taladros 160 para proporcionar una contención de los blancos 170 de irradiación. Debido a que la tapa 161 puede proporcionar una contención a los taladros 160 de retención, los blancos 170 de irradiación pueden contener o producir un gas, líquido y/o sólido útil.

Debido a la posición axial más elevada de las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar, los blancos de irradiación contenido en las misma pueden ser irradiados por cantidades menores de flujo de neutrones durante un periodo más prolongado de tiempo, lo que tiene como resultado una generación más previsible y eficaz de radioisótopos con periodos de semidesintegración más breves a partir de los blancos de irradiación que tienen secciones eficaces microscópicas mayores. Además, debido a que las áreas de la placa superior de sujeción en las que se pueden colocar las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar, están asociadas con un bajo arrastre de metal, las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden proporcionar una contención robusta para blancos de irradiación. En último lugar, las placas superiores de sujeción pueden ser retiradas fácilmente de los conjuntos de combustible irradiados de realización ejemplar sin alterar las varillas de combustible o el combustible irradiado, lo que permite una recogida más sencilla de las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar y de los radioisótopos útiles de la misma. Las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar pueden proporcionar, además, una contención robusta para retener y contener radioisótopos sólidos, líquidos, o gaseosos producidos a partir de blancos de irradiación en las fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar.

ES 2 451 504 T3

Con las realizaciones ejemplares así descritas, un experto en la técnica apreciará que se pueden variar las realizaciones ejemplares por medio de una experimentación rutinaria y sin una actividad inventiva adicional. Por ejemplo, se pueden utilizar otros tipos, formas y configuraciones de combustible junto con los conjuntos de combustible y fijaciones de la placa de sujeción de realización ejemplar.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de producción de radioisótopos para su uso en un conjunto (100) de combustible nuclear, comprendiendo la estructura al menos un blanco (170) de irradiación configurado para convertirse sustancialmente en un radioisótopo cuando es expuesto a un flujo de neutrones en un reactor nuclear en operación,
 5 **caracterizada porque**
 la estructura comprende, además, una fijación (150) de la placa de sujeción con forma para encajar bajo una placa (114) de sujeción en el conjunto (100) de combustible nuclear en una dirección axial, incluyendo la fijación (150) de la placa de sujeción al menos un taladro (160) de retención, fabricada la fijación (150) de la placa de sujeción de un material que mantiene sustancialmente sus propiedades físicas y neutrónicas cuando es expuesto al flujo de neutrones en el reactor nuclear en operación; y
 10 colocándose el al menos un blanco (170) de irradiación en el al menos un taladro (160) de retención, y la fijación (150) de la placa de sujeción incluye, además, al menos un agujero (155) formado y colocado para permitir que una varilla (18/19) de combustible del conjunto (100) de combustible nuclear pase a través de la fijación (150) de la placa de sujeción y al interior de la placa de sujeción.
- 15 2. La estructura de producción de radioisótopos de la reivindicación 1, en la que el al menos un agujero (155) está formado para asentarse contra la varilla (18/19) de combustible, de forma que bloquee la fijación (150) de la placa de sujeción contra la placa (114) de sujeción.
3. La estructura de producción de radioisótopos de la reivindicación 1 o 2, en la que el al menos un agujero está formado y colocado para permitir que un tapón extremo de cierre de una varilla (18/19) de combustible del conjunto (100) de combustible nuclear pase a través de la fijación (150) de la placa de sujeción y al interior de la placa (114) de sujeción.
 20
4. La estructura de producción de radioisótopos de la reivindicación 3, en la que se mantiene la fijación (150) de la placa de sujeción en una posición axial por medio de un reborde en la unión de la varilla de combustible y del tapón extremo de cierre.
- 25 5. La estructura de producción de radioisótopos de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la fijación (150) de la placa de sujeción incluye, además, al menos una extensión lateral (165) que conecta la fijación (150) de la placa de sujeción con un canal que rodea el conjunto (100) de combustible nuclear, configurada la al menos una extensión lateral (165) para mantener la fijación (150) de la placa de sujeción en una posición axial constante dentro del conjunto (100) de combustible.
- 30 6. La estructura de producción de radioisótopos de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la fijación (150) de la placa de sujeción incluye, además, al menos una tapa (161) unida a la fijación (150) de la placa de sujeción sobre el al menos un taladro (160) de retención, formada la tapa (161) para sellar y contener el blanco (170) de irradiación en el interior del taladro (160) de retención.
- 35 7. La estructura de producción de radioisótopos de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el blanco (170) de irradiación es al menos uno de iridio-191, selenio-74, estroncio-88, y cobalto-59.
8. La estructura de producción de radioisótopos de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que hay colocada una pluralidad de blancos (170) de irradiación en el taladro (160) de retención, siendo al menos un primer blanco (170) de irradiación de la pluralidad de un primer material y siendo al menos uno de un segundo blanco (170) de irradiación de la pluralidad de un segundo material.
- 40 9. Un conjunto (100) de combustible nuclear que comprende:
 una placa superior (14) de sujeción;
 una estructura de producción de radioisótopos como se especifica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, estando colocada la estructura de producción de radioisótopos bajo la placa superior (114) de sujeción en una posición axial; y
 45 una pluralidad de varillas (18/19) de combustible que se extiende al interior de la placa superior (114) de sujeción.
10. El conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 9, en el que la fijación (150) de la placa de sujeción está fijada a la placa superior (114) de sujeción.
- 50 11. El conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 9 o 10, en el que al menos una de la pluralidad de varillas (18/19) de combustible se extiende a través de la fijación (150) de la placa de sujeción, de forma que mantiene la fijación de la placa de sujeción en una posición axial fija.
12. El conjunto de combustible nuclear de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende, además:

un canal que rodea la pluralidad de varillas (18/19) de combustible, en el que la fijación (150) de la placa de sujeción está conectada al canal, de forma que mantenga la fijación de la placa de sujeción en una posición axial fija.

5 **13.** El conjunto (100) de combustible nuclear de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que la fijación (150) de la placa de sujeción está fabricada a partir de al menos uno de acero inoxidable, Inconel, una aleación de níquel, una aleación de circonio, y aluminio.

14. Un procedimiento de generación de radioisótopos en un conjunto (100) de combustible nuclear que tiene una estructura de producción de radioisótopos, comprendiendo el procedimiento:

10 insertar al menos un blanco (170) de irradiación en un taladro (160) de retención de una fijación (150) de la placa de sujeción, configurado el al menos un blanco (170) de irradiación para convertirse sustancialmente en un radioisótopo cuando es expuesto a un flujo de neutrones en un reactor nuclear en operación, formada la fijación (150) de la placa de sujeción para encajar bajo una placa (114) de sujeción en el conjunto (100) de combustible nuclear en una dirección axial, fabricada la fijación (150) de la placa de sujeción de un material que mantiene sustancialmente sus propiedades físicas y neutrónicas cuando es expuesto al flujo
15 de neutrones en el reactor nuclear en operación; y

la placa de sujeción incluye, además, al menos un agujero (155) formado en la misma, estando formado y colocado el agujero para permitir que una varilla (18/19) de combustible del conjunto (100) de combustible nuclear pase a través de la fijación (150) de la placa de sujeción y al interior de la placa de sujeción, colocando axialmente la fijación (150) de la placa de sujeción bajo la placa (114) de sujeción en el conjunto
20 (100) de combustible nuclear;

cargar el conjunto (100) de combustible nuclear en un reactor de energía nuclear que incluye pasar una varilla (18/19) de combustible del conjunto (100) de combustible nuclear a través de la fijación (150) de la placa de sujeción al interior de la placa de sujeción; e
iniciar la operación de generación de energía del reactor de energía nuclear.

FIG. 1
TÉCNICA CONVENCIONAL

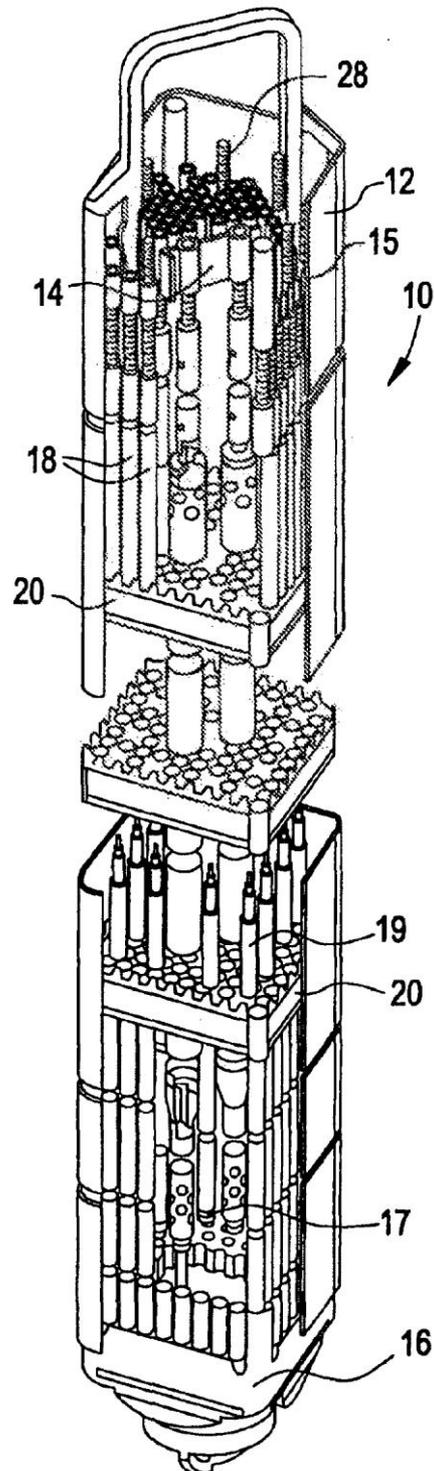


FIG. 2

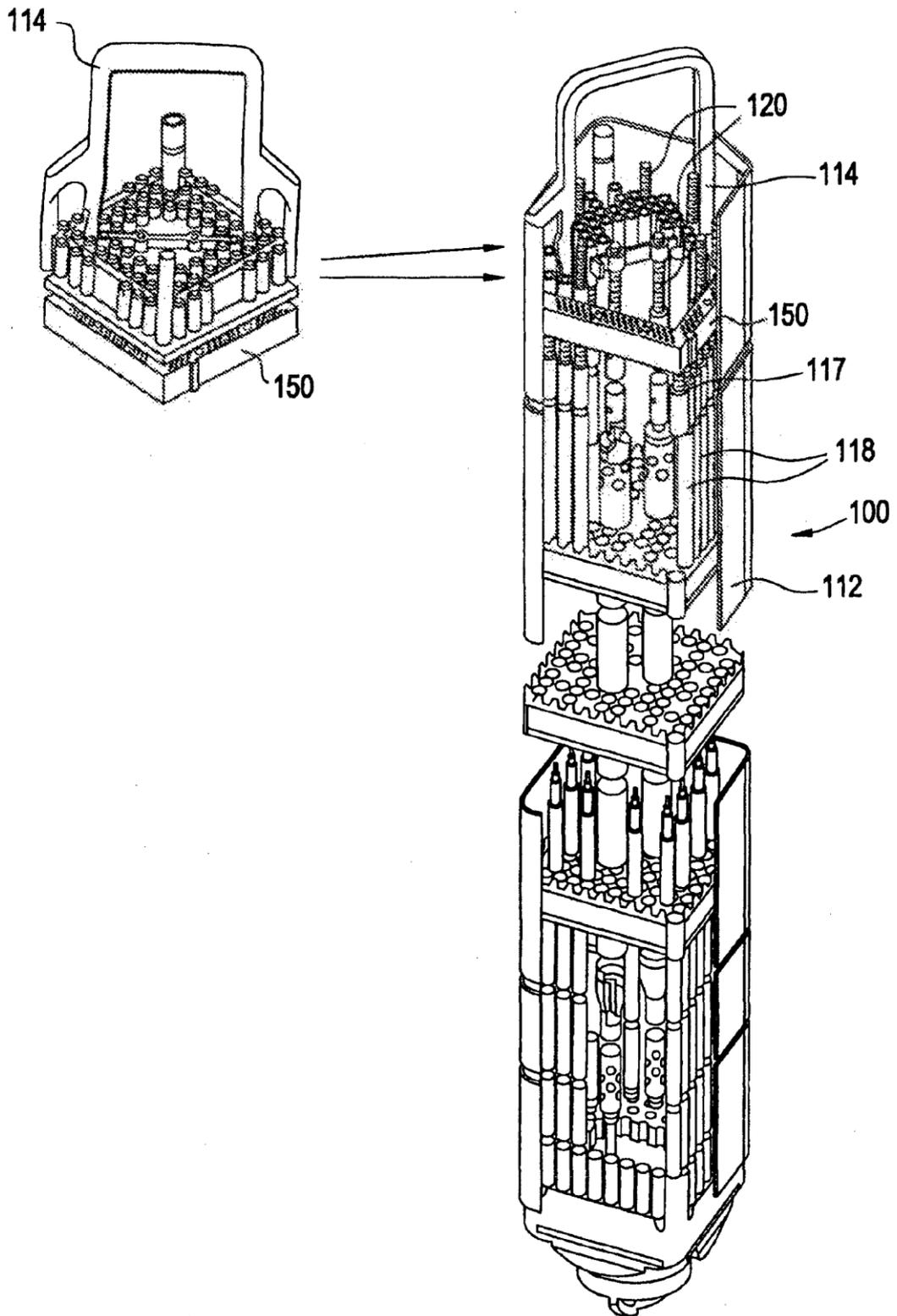


FIG. 3

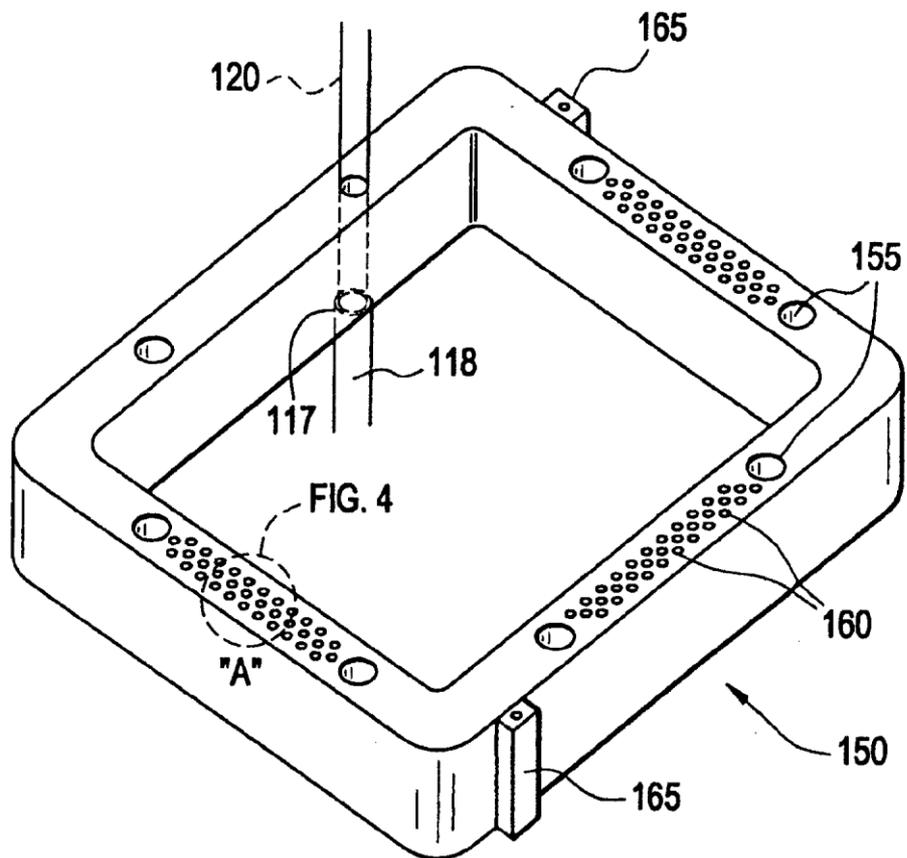


FIG. 4

