

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 846**

51 Int. Cl.:

G21C 3/62

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2018** **E 18179142 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2023** **EP 3588514**

54 Título: **Pastilla de combustible y método de preparación de una pastilla de combustible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
09.04.2024

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC SWEDEN AB
(100.0%)
721 63 Västerås, SE

72 Inventor/es:

MIDDLEBURGH, SIMON CHARLES;
PUIDE, MATTIAS;
HALLSTADIUS, LARS;
LIMBÄCK, MAGNUS y
BLAIR, PAUL

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 964 846 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

Pastilla de combustible y método de preparación de una pastilla de combustible

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a combustible nuclear para un reactor nuclear, y en particular a una pastilla de combustible, a una barra de combustible, a un conjunto de barras de combustible y a métodos en relación con los mismos. El combustible nuclear se basa normalmente en UO_2 y puede contener aditivos, tales como Gd u otros absorbentes que pueden quemarse. Con frecuencia, el combustible nuclear se produce a partir de un polvo que se prensa para dar una pastilla de combustible y después se sinteriza.

Antecedentes

Con el fin de mejorar las propiedades del combustible nuclear, también se conoce añadir otros aditivos, tales como Cr, Al y Fe (normalmente en forma de óxidos). Tales aditivos se añaden al polvo antes de prensar y sinterizar las pastillas. El propósito de tales aditivos es mejorar las propiedades de la pastilla de combustible nuclear. En particular, tales aditivos aumentarán el tamaño de grano en una pastilla de combustible nuclear, lo cual puede ser beneficioso, por ejemplo, a la vista de la denominada PCI (interacción pastilla-vaina).

Otro fenómeno que se conoce dentro de este campo es que, cuando se ha usado el combustible nuclear durante un tiempo más prolongado en un reactor nuclear (es decir, un alto quemado), aparece una nueva configuración reestructurada en la región delgada externa de la pastilla de combustible. Esta nueva estructura se denomina con frecuencia estructura de alto quemado (HBS) o estructura de reborde. Como explicación de este fenómeno, se hace referencia al artículo de Materials Today (diciembre de 2010) en el que se explica este fenómeno. La estructura de reborde resulta desventajosa para el combustible nuclear que se comenta en el artículo. A continuación, se comentan adicionalmente algunas partes relevantes del artículo.

Durante su vida útil de funcionamiento en el núcleo de un reactor nuclear, se somete combustible nuclear a procesos de reestructuración significativos determinados por irradiación de neutrones directamente a través de reacciones nucleares e indirectamente a través de las condiciones termomecánicas establecidas como consecuencia de tales reacciones. En los reactores de agua ligera actuales, a partir de después de ~4 años de funcionamiento, la pastilla de combustible de UO_2 cilíndrica experimenta una transformación que afecta a su región radial más externa. El descubrimiento de una estructura de formación reciente requirió responder a importantes cuestiones referentes a la seguridad del funcionamiento prolongado de combustible y todavía en la actualidad implica el desafío científico de entender completamente los mecanismos microestructurales responsables de su formación.

La fisión nuclear es el principal proceso de generación de energía en el combustible de una central nuclear. La mayor parte de la energía de fisión se libera como energía cinética de los fragmentos de fisión. Durante su desplazamiento dentro del combustible (~8 μm), los fragmentos de fisión transfieren su energía a los átomos contiguos principalmente mediante mecanismos de pérdida de energía electrónica y nuclear. Estos fragmentos de fisión altamente energéticos generan picos térmicos debido a pérdidas de energía altamente inelástica (excitación e ionización) a lo largo de sus trayectos dentro del combustible. Adicionalmente, los átomos expulsados de sus posiciones de red durante las colisiones directas afectan a su vez a otros átomos, creando colisiones y cascadas de desplazamientos en el material. Estos procesos generan calor, que se transfiere fuera del combustible y se usa para producir electricidad o para otras aplicaciones. Después de unos pocos años de irradiación en un reactor nuclear, cada átomo en el combustible ha experimentado unos pocos miles de desplazamientos con respecto a su posición de red inicial. En reactores de agua ligera (LWR), durante el funcionamiento normal, el combustible se somete a ~1 desplazamiento por átomo (dpa) al día.

La mayoría de los átomos desplazados vuelve a una posición de red normal; sin embargo, algunos defectos no se recombinan, provocando una acumulación de defectos puntuales y extendidos en el combustible. Además de defectos microestructurales provocados por daño por radiación, los esfuerzos térmicos inducidos por gradientes de temperatura en el combustible provocan agrietamiento macroscópico.

El proceso de fisión afecta, no sólo al estado físico del combustible, sino también a su química: los productos de fisión son nuevos elementos generados dentro del combustible. Albergar las especies recién formadas dentro de la red cristalina de fluorita de dióxido de uranio es un proceso complejo. Sin embargo, la fisión no es el único acontecimiento que provoca una modificación de la composición química del combustible. La absorción de neutrones en los núcleos de uranio y el posterior decaimiento da como resultado la producción de elementos transuránicos tales como neptunio, plutonio, americio y curio. Estos elementos desempeñan un papel principal en el ciclo de combustible nuclear.

Debido a la configuración del espectro de energía de neutrones en LWR, hay una densidad superior de absorción de resonancia de neutrones epitérmicos en núcleos de ^{238}U en el borde externo radial, o reborde, de la pastilla de combustible de UO_2 , lo cual da como resultado un enriquecimiento local en plutonio fisible mediante decaimiento de neptunio y, por tanto, una densidad de fisión local superior. El quemado local en el reborde de la pastilla de UO_2 puede

ser 2-3 veces superior al quemado de pastilla promedio, dependiendo de las condiciones de irradiación específicas. Durante la irradiación en el interior del reactor, a partir de un quemado local de aproximadamente ~50 GWd/tHM (añadido, fisión nuclear) y a una temperatura de irradiación por debajo de ~1373 K el combustible experimenta un proceso de reestructuración, que da como resultado la aparición de una nueva morfología de combustible; a un quemado local de ~75 GWd/tHM el combustible aparece totalmente transformado. La nueva estructura, denominada estructura de alto quemado (HBS), está caracterizada por una subdivisión de granos y redistribución de gases de fisión y defectos extendidos. Los granos original, con un tamaño típico de aproximadamente 10 μm , se subdividen en un factor de ~10 para dar granos submicrométricos con un tamaño de aproximadamente 0,1 - 0,3 μm . El gas de fisión se desprende a partir de la matriz de combustible y se retiene en una alta concentración de poros cerrados intergranulares de tamaño micrométrico; los valores notificados para la fracción de porosidad en la HBS pueden superar el 20 %. La microestructura de los granos subdivididos parece estar libre de defectos extendidos. Esta reestructuración afecta a una región delgada de la pastilla de combustible, inicialmente con un grosor de unos pocos μm , que se extiende hacia dentro al aumentar el quemado. El diámetro de las pastillas de combustible de LWR es del orden de ~9,6 - 9,7 mm. La estructura de HBS también se observa en combustible de óxido mixto de U-Pu (MOX), en islas ricas en Pu en las que la densidad de fisión y el quemado local correspondiente superan el umbral de formación de HBS. Adicionalmente, se ha notificado morfología de subdivisión de granos en combustible de aleación de U-Mo y combustibles de reactor rápidos de nitruro, carburo y óxido de U-Pu.

En la bibliografía de patentes también se ha comentado el fenómeno de HBS anterior y a continuación se presentan algunos documentos de antecedentes.

El documento WO 97/13252 A1 describe el problema de HBS. El documento describe que este problema puede resolverse proporcionando un exceso de O. El exceso de O se logra añadiendo un óxido. Sin embargo, el óxido se añade al polvo antes de la sinterización y, por tanto, el exceso de O se añade a toda la pastilla.

El documento US 2014/0185730 A1 describe combustible nuclear que se hace que comprenda microceldas con el fin de restringir los productos de fisión y reducir los problemas de PCI. El documento también menciona que puede existir un exceso de O, que puede reaccionar con partículas metálicas.

El documento US 5.999.585 describe combustible nuclear que debe poder retener productos de fisión. Esto se logra añadiendo un metal con el fin de atrapar O mediante la formación de un óxido. Por tanto, el combustible nuclear puede incluir un exceso de O.

El documento WO 00/00985 A1 da a conocer una pastilla de combustible de óxido de uranio que comprende una región interna y una región externa alrededor de la región interna, en la que se añade niobia a la porción externa de la pastilla de combustible nuclear. No se comenta el problema de HBS.

El documento JP 9127279 A describe que el tamaño de grano se aumenta únicamente en una parte externa de la pastilla. El resumen describe cómo pueden producirse las pastillas. Se añade un exceso de oxígeno antes de la sinterización como U_3O_8 para ayudar al crecimiento de grano.

Y, finalmente, el documento US 4.401.608 describe que el tamaño de grano en combustible nuclear puede aumentarse añadiendo una disolución de peróxido de hidrógeno. Sin embargo, esta disolución se añade al polvo antes del prensado y la sinterización.

La presente invención se refiere al problema de evitar o reducir la HBS, y el objetivo de la presente invención es mejorar las capacidades de evitar o reducir la HBS.

Sumario

El objetivo anteriormente mencionado se logra mediante la presente invención según las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se exponen realizaciones preferidas.

En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una pastilla de combustible de óxido de uranio que comprende una región interna y una región de reborde externa alrededor de la región interna. La pastilla de combustible es cilíndrica y la región interna y la región de reborde externa son regiones cilíndricas coaxiales. La región de reborde externa tiene un exceso de oxígeno en comparación con la región interna, en la que se suprime o retrasará la formación de una estructura de alto quemado (HBS). El exceso de oxígeno en la región de reborde externa de la pastilla es del 5 % de O adicional, en contenido molar.

En una realización, el exceso de oxígeno se obtiene añadiendo oxígeno únicamente a la región de reborde externa de la pastilla.

En una realización adicional, el exceso de oxígeno se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo la pastilla

en peróxido de hidrógeno (H_2O_2), o en permanganato de potasio ($KMnO_4$), en disolución.

Preferiblemente, la región de reborde externa tiene un grosor máximo de 100 μm .

5 Según una mejora adicional, preferiblemente aplicada en combinación a la pastilla de combustible dotada de un exceso de oxígeno en la región externa tal como se describió anteriormente, se proporciona un recubrimiento de óxido en el interior de un tubo de vaina (las pastillas de combustible nuclear están posicionadas dentro de tubos de vaina). Proporcionando un recubrimiento de óxido de este tipo sobre la superficie interna del tubo de vaina, se impide que oxígeno en la pastilla de combustible nuclear salga de la pastilla para formar ZrO_2 (el tubo de vaina está normalmente realizado de una aleación de Zr, lo que significa puede formarse ZrO_2). La oxidación de la superficie interna del tubo de vaina puede lograrse calentando el tubo de vaina en aire con un soplete de oxígeno o mediante un tratamiento similar tal como se mencionó anteriormente (inmersión en H_2O_2 o $KMnO_4$) con respecto a la pastilla de combustible.

10 En otra realización, se proporciona un conjunto de barras de combustible que comprende una pluralidad de barras de combustible de la clase que se describió anteriormente, que a su vez comprende pastillas de combustible que tienen una región de reborde externa con un exceso de oxígeno en comparación con la región interna.

20 En un segundo aspecto, la invención se refiere a un método de preparación de una pastilla de combustible de óxido de uranio que comprende una región interna y una región de reborde externa alrededor de la región interna, y en el que la pastilla de combustible es cilíndrica y la región interna y la región de reborde externa son regiones cilíndricas coaxiales. El método comprende proporcionar un exceso de oxígeno en la región de reborde externa en comparación con la región interna, en el que se suprimirá o retrasará la formación de una estructura de alto quemado (HBS). El exceso de oxígeno en la región de reborde externa de la pastilla es del 5 % de O adicional, en contenido molar.

25 Preferiblemente, el método comprende sumergir la pastilla en peróxido de hidrógeno (H_2O_2), o en permanganato de potasio ($KMnO_4$), en disolución para obtener el exceso de oxígeno mediante un tratamiento químico.

La adición del exceso de oxígeno se realiza después de haberse formado y triturado la pastilla.

30 En una realización, se proporciona un método que va a aplicarse con respecto a una barra de combustible que comprende una pluralidad de pastillas de combustible de uranio que se obtuvieron mediante el método descrito anteriormente. El método con respecto a la barra de combustible comprende proporcionar un tubo de vaina en el que están destinadas a empaquetarse las pastillas de combustible en alineación axial, y proporcionar un recubrimiento de óxido en la superficie interna del tubo de vaina. Preferiblemente, el recubrimiento de óxido se logra mediante un tratamiento químico sumergiendo el tubo de vaina en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o permanganato de potasio ($KMnO_4$) en disolución.

35 Por tanto, según la presente invención, el exceso de oxígeno se añade después de sinterizar para ayudar específicamente a prevenir la formación de HBS y no cambiar el tamaño de grano lo cual sucedería en el horno de sinterización.

40 Tal como se comentó anteriormente en la sección de antecedentes, la estructura de alto quemado (HBS) se refiere al hecho de que se acumulan defectos o dislocaciones. La presente invención se basa en el conocimiento de que, si se aumenta la cinética dentro de la región de reborde externa de la pastilla de combustible nuclear, entonces se suprimirá o retrasará la HBS. La cinética dentro de la región de reborde se mejora, según la presente invención, aumentando la hiperestequiometría en la región de reborde externa de la pastilla.

45 Al proporcionar un exceso de oxígeno en la región externa de la pastilla, esta región externa no sólo contendrá UO_2 , sino más bien UO_{2+x} . Al proporcionar este exceso de oxígeno, se aumenta la cinética y se reduce la HBS.

50 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de una pastilla de combustible según la presente invención.

55 La figura 2 es una vista en sección transversal a lo largo de un eje longitudinal de la pastilla de combustible según la presente invención.

La figura 3 es una vista en sección transversal perpendicular al eje longitudinal de la pastilla de combustible según la presente invención.

60 La figura 4 es una vista en perspectiva esquemática de una barra de combustible según la presente invención.

La figura 5 es una vista en perspectiva esquemática de un conjunto de barras de combustible según la presente invención.

65

Descripción detallada

Ahora se describirán en detalle la pastilla de combustible de óxido de uranio, la barra de combustible, el conjunto de barras de combustible y el método haciendo referencia a las figuras adjuntas. A lo largo de las figuras, los elementos idénticos o similares tienen los mismos signos de referencia. Además, los elementos y las figuras no están necesariamente a escala, enfatizándose en vez de eso la ilustración de los principios de la invención.

Ahora se describirá en detalle la presente invención, haciendo referencia a las figuras 1-3 que muestran ilustraciones esquemáticas de diversas vistas de una pastilla de combustible de óxido de uranio 2.

La pastilla de combustible 2 comprende una región interna 4 y una región de reborde externa 6 alrededor de la región interna 4. La pastilla de combustible 2 es cilíndrica y la región interna 4 y la región de reborde externa 6 son regiones cilíndricas coaxiales. La región de reborde externa 6 tiene un exceso de oxígeno en comparación con concentración de oxígeno en la región interna 4, en la que se suprimirá o se retrasará de ese modo la formación de una estructura de alto quemado (HBS) en la región de reborde externa.

Preferiblemente, la región de reborde externa 6 tiene un grosor máximo de 100 μm .

El exceso de oxígeno se obtiene añadiendo oxígeno únicamente a la región de reborde externa 6 de la pastilla, y el exceso de oxígeno es de aproximadamente el 5 % de O adicional, en contenido molar.

La adición del oxígeno se realiza después de haberse formado, por ejemplo sinterizado, y triturado la pastilla.

En una realización, el exceso de oxígeno se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo la pastilla en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en disolución.

En otra realización, el exceso de oxígeno se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo la pastilla en permanganato de potasio (KMnO_4) en disolución. KMnO_4 es un agente oxidante fuerte. Tras el tratamiento químico la región de reborde externa 6 no sólo contendrá UO_2 , sino más bien UO_{2+x} .

La concentración de peróxido de hidrógeno o permanganato de potasio en disolución es preferiblemente superior a 25 milimolar (mM), es decir 25 mM/litro de agua.

La temperatura de la disolución está dentro del intervalo de 15 a 80°C.

También pueden considerarse otras sustancias que son agentes oxidantes fuertes con el fin de lograr el exceso de oxígeno en la región de reborde externa. Los ejemplos incluyen gas de oxígeno (posiblemente diluido en un gas inerte), otras disoluciones de permanganato y gas de NO_x .

La duración de tiempo de la inmersión de las pastillas en la disolución varía considerablemente dependiendo de diversas condiciones, pero, según algunos ejemplos no limitativos, las duraciones de tiempo típicas pueden estar en el intervalo de 5-15 minutos, por ejemplo 10 minutos, en disolución de peróxido de hidrógeno al 10 % a 50 grados Celsius. Pueden hacerse variar los tiempos, la temperatura y la molaridad de disolución para proporcionar el exceso de oxígeno ideal en sección transversal a través del radio de la pastilla.

Como alternativa, puede añadirse un exceso de oxígeno mediante exposición a gases oxidantes tales como O_2 o NO_x , liberando oxígeno en el reborde de UO_2 . Aunque son posibles, los métodos de disolución a baja temperatura proporcionan una reacción más controlable en comparación con los métodos gaseosos potencialmente espontáneos.

La presente invención también se refiere a una barra de combustible 8 (véase la ilustración esquemática en la figura 4) que comprende una pluralidad de pastillas de combustible de uranio 2 de la clase que se describió anteriormente. Convencionalmente, la barra de combustible comprende un tubo de vaina en el que están empaquetadas las pastillas de combustible en alineación axial.

En una realización, el tubo de vaina 10, en el que están empaquetadas las pastillas de combustible en alineación axial, está dotado, en su superficie interna, de un recubrimiento de óxido, y el recubrimiento de óxido se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo el tubo de vaina en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o permanganato de potasio (KMnO_4) en disolución.

En otra variación, el recubrimiento de óxido se obtiene, en vez de eso, calentando el tubo de vaina en aire o una atmósfera que contiene oxígeno controlada con un soplete de oxígeno. La profundidad y adhesión de la capa de óxido puede ajustarse a medida alterando la composición gaseosa, velocidad para el soplete y temperatura del soplete.

En la figura 5 se ilustra un conjunto de barras de combustible 12 que comprende una pluralidad de barras de combustible 8 del tipo que se describió anteriormente, es decir barras de combustible dotadas de pastillas de combustible que tienen una región de reborde externa que tiene un exceso de oxígeno en comparación con la concentración de oxígeno de una región interna. La barra de combustible también comprende un tubo de vaina que

preferiblemente está dotado, en su superficie interna, de un recubrimiento de óxido tal como se describió anteriormente. El conjunto de barras de combustible 12 ilustrado tiene una sección transversal esencialmente cuadrada, pero naturalmente también pueden usarse otras formas en sección transversal, por ejemplo circulares.

5 La presente invención también se refiere a un método de preparación de una pastilla de combustible de óxido de uranio que comprende una región interna y una región de reborde externa alrededor de la región interna, y la pastilla de combustible es cilíndrica y la región interna y la región de reborde externa son regiones cilíndricas coaxiales. El método comprende proporcionar un exceso de oxígeno en la región de reborde externa en comparación con la región
10 interna, en el que se suprimirá o retrasará la formación de una estructura de alto quemado (HBS). El exceso de oxígeno en la región de reborde externa de la pastilla es del 5 % de O adicional, en contenido molar. La etapa de obtener el exceso de oxígeno se logra añadiendo oxígeno únicamente a la región de reborde externa de la pastilla.

En una realización, el método comprende sumergir la pastilla en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en disolución para obtener el exceso de oxígeno mediante un tratamiento químico.

15 En otra realización, el método comprende sumergir la pastilla en permanganato de potasio ($KMnO_4$) en disolución para obtener el exceso de oxígeno mediante un tratamiento químico.

La concentración de peróxido de hidrógeno o permanganato de potasio en disolución es preferiblemente superior a
20 25 milimolar (mM), es decir 25 mM/litro de agua.

La temperatura de la disolución está dentro del intervalo de 15 a 80°C.

25 Según una realización adicional, se proporciona un método con respecto a una barra de combustible que comprende una pluralidad de pastillas de combustible de uranio tal como se describió anteriormente y destinadas a empaquetarse en alineación axial en un tubo de vaina.

En una realización, el método comprende proporcionar un recubrimiento de óxido en la superficie interna del tubo de vaina y, preferiblemente, el método comprende obtener el recubrimiento de óxido mediante un tratamiento químico
30 sumergiendo el tubo de vaina en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o permanganato de potasio ($KMnO_4$) en disolución.

En otra realización, el método comprende proporcionar el recubrimiento de óxido calentando el tubo de vaina en aire con un soplete de oxígeno.

35 La presente invención no se limita a las realizaciones preferidas anteriormente descritas. Pueden usarse diversas alternativas, modificaciones y equivalentes. Por tanto, las realizaciones anteriores no deben interpretarse como limitativas del alcance de la invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una pastilla de combustible de óxido de uranio (2) que comprende una región interna (4) y una región de reborde externa (6) alrededor de la región interna (4), y la pastilla de combustible (2) es cilíndrica y la región interna (4) y la región de reborde externa (6) son regiones cilíndricas coaxiales, caracterizada porque la región de reborde externa (6) tiene un exceso de oxígeno en comparación con la región interna (4), en la que dicho exceso de oxígeno en la región de reborde externa (6) de la pastilla es del 5 % de O adicional, en contenido molar, y en la que se suprimirá o retrasará la formación de una estructura de alto quemado, HBS.
2. La pastilla de combustible de óxido de uranio (2) según la reivindicación 1, en la que el exceso de oxígeno se obtiene añadiendo oxígeno únicamente a la región de reborde externa (6) de la pastilla.
3. La pastilla de combustible de óxido de uranio (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el exceso de oxígeno se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo la pastilla en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en disolución.
4. La pastilla de combustible de óxido de uranio (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el exceso de oxígeno se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo la pastilla en permanganato de potasio (KMnO₄) en disolución.
5. La pastilla de combustible de óxido de uranio (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en la que la región de reborde externa (6) tiene un grosor máximo de 100 µm.
6. Una barra de combustible (8) que comprende un tubo de vaina (10) en el que están empaquetadas una pluralidad de pastillas de combustible de uranio (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5 en alineación axial.
7. La barra de combustible (8) según la reivindicación 6, en la que el tubo de vaina (10) está dotado, en su superficie interna, de un recubrimiento de óxido, y en la que dicho recubrimiento de óxido se obtiene mediante un tratamiento químico sumergiendo el tubo de vaina en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) o permanganato de potasio (KMnO₄) en disolución.
8. Un conjunto de barras de combustible (12) que comprende una pluralidad de barras de combustible (8) según la reivindicación 6 o 7.
9. Un método de preparación de una pastilla de combustible de óxido de uranio que comprende una región interna y una región de reborde externa alrededor de la región interna, y en el que la pastilla de combustible es cilíndrica y la región interna y la región de reborde externa son regiones cilíndricas coaxiales, caracterizado porque el método comprende proporcionar un exceso de oxígeno en la región de reborde externa en comparación con la región interna, en el que dicho exceso de oxígeno en la región de reborde externa (6) de la pastilla es del 5 % de O adicional, en contenido molar, y en el que se suprimirá o retrasará la formación de una estructura de alto quemado, HBS.
10. El método según la reivindicación 9, que comprende sumergir la pastilla en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en disolución para obtener el exceso de oxígeno mediante un tratamiento químico.
11. El método según la reivindicación 9, que comprende sumergir la pastilla en permanganato de potasio (KMnO₄) en disolución para obtener el exceso de oxígeno mediante un tratamiento químico.
12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende añadir el exceso de oxígeno después de haberse formado y triturado la pastilla.
13. Un método de preparación de una barra de combustible que comprende una pluralidad de pastillas de combustible de uranio obtenidas mediante el método según cualquiera de las reivindicaciones 9-12, y proporcionar un tubo de vaina en el que están destinadas a empaquetarse dichas pastillas de combustible en alineación axial, y en el que el método comprende proporcionar un recubrimiento de óxido en la superficie interna del tubo de vaina.
14. El método según la reivindicación 13, que comprende proporcionar el recubrimiento de óxido mediante un tratamiento químico sumergiendo el tubo de vaina en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) o permanganato de potasio (KMnO₄) en disolución.

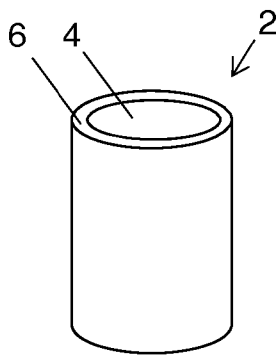


FIG. 1

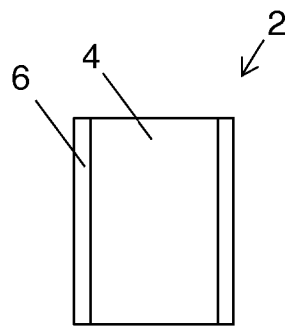


FIG. 2

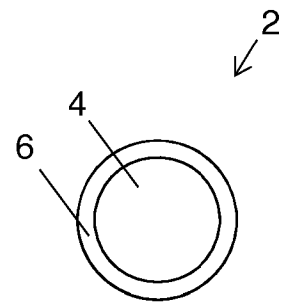


FIG. 3

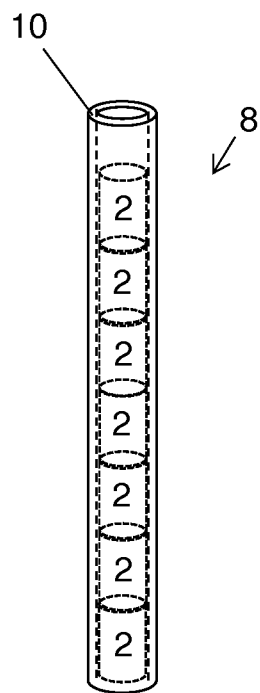


FIG. 4

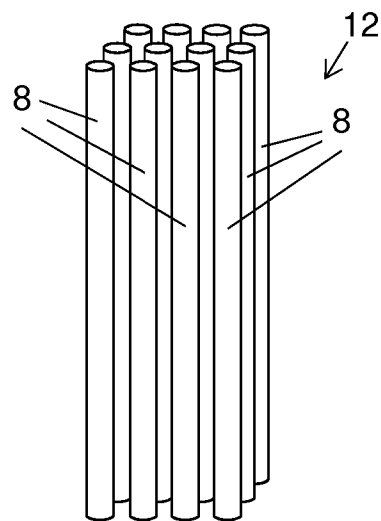


FIG. 5