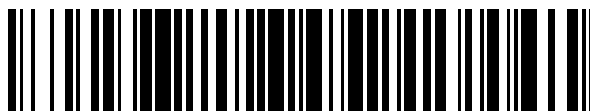


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 833**

51 Int. Cl.:

G21F 9/32 (2006.01)

C04B 35/01 (2006.01)

B29C 67/00 (2007.01)

G21C 21/02 (2006.01)

G21C 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2013 PCT/US2013/076334**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014 WO14133656**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2013 E 13876288 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2946392**

54 Título: **Sistemas y procedimientos de sinterización por láser y fabricación remota de pastillas de alta densidad que contienen elementos altamente radiactivos**

30 Prioridad:

18.01.2013 US 201313744711

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

22.11.2018

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive, Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**LAHODA, EDWARD JEAN y
FRANCESCHINI, FAUSTO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 690 833 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

Sistemas y procedimientos de sinterización por láser y fabricación remota de pastillas de alta densidad que contienen elementos altamente radiactivos

Antecedentes

5 1. Campo

La presente invención versa sobre sistemas y procedimientos de láser que son útiles, en particular, para la operación remota de pastillas de alta densidad que incluyen un material de matriz cerámico y elementos altamente radiactivos.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Los residuos del combustible nuclear de alto nivel son generados como resultado del reprocesamiento de combustible nuclear usado procedente de la operación de centrales nucleares de producción eléctrica comercial por todo el mundo. Para eliminar estos residuos, es necesario recuperar y reducir los elementos altamente radiactivos de larga vida contenidos en los mismos. Los elementos altamente radiactivos de larga vida pueden incluir americio (Am), curio (Cm), plutonio (Pu), neptunio (Np), protactinio (Pa), californio (Cf), uranio (U), torio (Th), y ciertos productos de fisión, tales como tecnecio (Tc)-99, yodo (I)-129, circonio (Zr)-93, selenio (Se)-79 y estaño (Sn)-126. El U puede estar contaminado con U-232 y/o U-234 y el Th puede estar contaminado con Th-228. Ciertos isótopos de estos elementos de combustible nuclear tienen campos muy altos y penetrantes de radiación. Los campos de radiación aumentan aún más cuando el Th y el U irradiados son reciclados debido a la acumulación de Th-228, U-232 y de productos asociados de desintegración. Además, se puede producir la contaminación adicional de los productos radiactivos de fisión formados en un reactor de fisión. Se puede llevar a cabo la reducción de la radiactividad de los residuos de alto nivel formando pastillas que contienen óxido, siliciuro, nitruro, o carburo de estos elementos altamente radiactivos con un óxido, siliciuro, nitruro o una matriz de carburo de torio o uranio o circonio y, entonces, exponer las pastillas a un espectro intenso de neutrones de un reactor nuclear que reducirá finalmente el contenido de estos elementos radiactivos transmutándolos en productos estables de fisión. Los campos altos y penetrantes de los elementos altamente radiactivos requieren que se lleve a cabo el procedimiento de fabricación de manera remota en una ubicación fuertemente blindada.

En función de los requisitos de operación para una central nuclear de producción eléctrica comercial, las pastillas de combustible deberían tener una densidad alta (por ejemplo, mayor del 85% de densidad teórica de compactación) para proporcionar un rendimiento satisfactorio. Los complejos equipos para crear y sinterizar pastillas y las técnicas industriales para la fabricación de pastillas que son conocidas en la técnica para producir combustible de alta densidad no son adecuados para el uso en una célula de fabricación operada de manera remota, fuertemente blindada.

Por lo tanto, existe la necesidad en la técnica de diseñar y desarrollar sistemas y procedimientos para sinterizar y crear pastillas de alta densidad, por ejemplo, mayor del 85% de densidad teórica de compactación, pastillas que contienen elementos altamente radiactivos en un área operada de manera remota, fuertemente blindada. Además, se desea que se lleven a cabo los procedimientos de sinterización y de creación de pastillas desde una ubicación remota, por ejemplo, dentro del área fuertemente blindada, utilizando equipo que requiera un mantenimiento mínimo a lo largo de su vida útil y que permita una automatización sencilla del procedimiento.

El documento JPH11183677 divulga un sistema para preparar una pastilla de combustible nuclear al vacío. Dentro del sistema, las pastillas de combustible son recubiertas y, entonces, tratadas con calor como, por ejemplo, mediante calentamiento por láser.

Sumario

La presente invención versa sobre un sistema de sinterización por láser según la reivindicación 1 y sobre un procedimiento de sinterización por láser según la reivindicación 11. En un aspecto, la presente invención proporciona un sistema de sinterización por láser para preparar una pastilla de combustible de manera remota para su uso en un reactor nuclear. El sistema incluye una composición de alimentación que incluye al menos un elemento altamente radiactivo en una forma seleccionada del grupo que consiste en óxido, siliciuro, nitruro, carburo y mezclas de los mismos, y un material de matriz cerámico. La composición de alimentación está en forma seca. El sistema también incluye un compartimento blindado que tiene una superficie plana dispuesta en el interior del mismo para recibir y sujetar una capa de la composición de alimentación. El sistema incluye, además, al menos un láser estructurado para dirigir un haz para sinterizar al menos un patrón en la capa de la composición de alimentación y para formar una pastilla. Los controles para el al menos un láser están colocados fuera del compartimento blindado. El al menos un patrón se corresponde con una forma predeterminada de la pastilla.

El compartimento blindado puede tener una temperatura en un intervalo desde 1000°C hasta 2000°C.

El haz del al menos un láser puede ser dirigido mediante un dispositivo reflectante colocado encima de la superficie plana.

5 Se selecciona el al menos un elemento altamente radiactivo del grupo que consiste en americio, curio, plutonio, neptunio, protactinio, californio, uranio, torio, productos de fisión que se encuentran en el material de combustible nuclear reprocesado, y mezclas de los mismos. El uranio puede estar contaminado con U-232 y/o U-234 y el torio puede estar contaminado con Th-228. Los productos de fisión pueden ser seleccionados del grupo que consiste en cesio, estroncio, tecnecio, rutenio y mezclas de los mismos. El material de matriz cerámico puede ser seleccionado del grupo que consiste en óxido, nitruro, carburo, siliciuro, y mezclas de los mismos. Además, el material de matriz cerámico puede ser seleccionado del grupo que consiste en óxido, nitruro, carburo, y siliciuro de uranio, torio, circonio, protactinio, plutonio y mezclas de los mismos. La pastilla puede tener una densidad de aproximadamente 10 85% o una densidad teórica mayor. Además, la composición de alimentación puede estar en forma de polvo.

Además, la capa puede tener un grosor sustancialmente uniforme en un intervalo desde 5 hasta 100 micrómetros.

Además, el al menos un patrón puede tener la forma de un círculo para producir una pastilla cilíndrica.

15 En ciertas realizaciones, se selecciona el material de matriz del grupo que consiste en óxido de torio, óxido de circonio, óxido de uranio, y mezclas de los mismos.

20 En otro aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento de sinterización por láser para preparar una pastilla de combustible de manera remota para su uso en un reactor nuclear. El procedimiento incluye preparar una composición de alimentación en forma seca que incluye al menos un elemento altamente radiactivo en una forma seleccionada del grupo que consiste en óxido, siliciuro, nitruro, carburo y mezclas de los mismos, y un material de matriz cerámico. El procedimiento también incluye obtener un compartimento blindado que tiene una superficie plana dispuesta en el interior del mismo, distribuir la composición de alimentación sobre la superficie plana formando una primera capa, emplear al menos un láser y dirigir un haz del al menos un láser hacia la primera capa de la composición de alimentación siendo operado el al menos un láser desde controles ubicados fuera del compartimento blindado, y formar al menos un patrón en la primera capa, correspondiendo la forma del al menos un patrón con una 25 forma predeterminada de la pastilla.

30 En ciertas realizaciones, se repite el procedimiento descrito anteriormente para distribuir y sinterizar una segunda capa sobre la primera capa para preparar la pastilla que tiene una mayor altura. Además, el procedimiento anteriormente descrito puede ser repetido una pluralidad de veces para formar secuencialmente una pluralidad de capas sobre la primera capa hasta que se logre una altura predeterminada de la pastilla. Cada una de las varias capas puede tener un grosor en el intervalo entre 5 y 100 micrómetros.

Breve descripción de los dibujos

Se puede lograr una comprensión adicional de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes cuando se lee junto con los dibujos adjuntos en los que:

35 La FIG. 1 muestra un esquema de un procedimiento de fabricación remota por láser para producir pastillas que contienen elementos radiactivos según ciertas realizaciones de la invención.

La FIG. 2 muestra un esquema de una vista superior de una bandeja de composición de alimentación que tiene formas de pastilla sinterizadas y polvo sin sinterizar según ciertas realizaciones de la invención.

Descripción de la realización preferente

40 La invención versa sobre sistemas y procedimientos de sinterización por láser operados de manera remota para fabricar pastillas de combustible que contienen elementos altamente radiactivos. Los elementos altamente radiactivos pueden originarse a partir de combustible nuclear usado o gastado. Por ejemplo, se pueden recuperar elementos altamente radiactivos de larga vida media a partir de materiales obtenidos a partir del reprocesamiento de combustibles nucleares usados y pueden incluir contaminantes de los productos de fisión. En la invención, se combinan estos elementos radiactivos con un material de matriz cerámico para formar las pastillas. En general, las 45 pastillas resultantes pueden ser usadas en una barra de combustible de un reactor nuclear operativo, tal como un reactor nuclear de agua a presión, un reactor de agua en ebullición, un reactor de agua pesada, un reactor de moderación reducida o un reactor rápido.

50 En general, el combustible nuclear incluye elementos altamente radiactivos y de larga vida media. Estos elementos pueden tener la forma de óxido, siliciuro, nitruro, carburo y mezclas de los mismos. Los elementos altamente radiactivos y de larga vida media pueden incluir productos de transmutación y productos de fisión. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión "productos de transmutación" se refiere a materiales formados en un reactor debido a la absorción de neutrones por isótopos. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión "productos de fisión" se refiere a materiales formados mediante la fisión de átomos de uranio. Los productos radiactivos de transmutación pueden incluir americio (Am), curio (Cm), plutonio (Pu), neptunio (Np), protactinio (Pa), californio (Cf), 55 uranio (U) y torio (Th). En ciertas realizaciones, el U puede estar contaminado con U-232 y/o U-234 y el Th puede

estar contaminado con Th-228. Los productos de fisión pueden incluir cesio (Cs), estroncio (Sr), tecnecio (Tc), rutenio (Ru), y mezclas de los mismos. Los productos de fisión pueden incluir Tc-99, yodo (I)-129, circonio (Zr)-93, selenio (Se)-79 y estaño (Sn)-126.

En ciertas realizaciones hay presente U contaminado con U-232, y Th contaminado con Th-228.

5 Los elementos altamente radiactivos también pueden ser potencialmente radiotóxicos.

El material de matriz cerámico puede incluir óxido, nitruro, siliciuro, carburo y mezclas de los mismos. Además, el material de matriz cerámico puede incluir uno o más de óxido, nitruro, siliciuro y carburo de materiales fértiles o inertes. En ciertas realizaciones, el material de matriz cerámico incluye óxido, nitruro, siliciuro o carburo de U, Th, circonio (Zr), Pa, Pu y mezclas de los mismos. En ciertas realizaciones, el material de matriz puede incluir óxido de Th, óxido de U, óxido de Zr y mezclas de los mismos.

Se combina al menos un elemento altamente radiactivo con el material de matriz cerámico para formar una composición de alimentación. La composición de alimentación se encuentra en forma seca, tal como, sin limitación, un polvo. La composición de alimentación puede incluir también otros materiales y aditivos que son conocidos en la técnica para producir pastillas para su uso en una barra de combustible de reactor nuclear.

15 La composición de alimentación está distribuida sobre una superficie plana, tal como una bandeja, para formar un lecho o una capa sobre la misma. La composición de alimentación está distribuida de manera sustancialmente uniforme sobre la superficie plana. Además, es favorable que la colocación de la composición de alimentación sea tal que no forme un montículo o montón sobre la superficie plana. El grosor del lecho o de la capa puede variar. En ciertas realizaciones, la capa es una capa delgada y el grosor puede encontrarse en un intervalo entre 5 y 100 micrómetros.

Debido a la elevada radiactividad, y la potencial radiotoxicidad de los elementos usados en la invención, la superficie o bandeja plana es colocada en un compartimento blindado, tal como una cámara fuertemente blindada. Normalmente, se mantiene el compartimento blindado a una temperatura elevada, por ejemplo, por encima de la temperatura ambiente o del recinto. En ciertas realizaciones, la temperatura del compartimento blindado se encuentra en un intervalo desde aproximadamente 1000°C hasta aproximadamente 2000°C.

Se emplean uno o más láseres para sinterizar la composición de alimentación. El o los láseres pueden incluir una amplia variedad de productos conocidos en la técnica y disponibles comercialmente. Los uno o más láseres y/o el o los motores de control asociados con los mismos pueden estar ubicados fuera del área blindada, de forma que el procedimiento de sinterización pueda ser controlado de manera remota. Por lo tanto, el o los controles y/o el o los láseres pueden ser colocados y operados desde fuera del compartimento blindado mientras que el haz o los haces de láser son operables dentro del compartimento blindado. Este diseño y esta configuración son ventajosos debido a la radiactividad, y a la potencial radiotoxicidad, de la composición de alimentación. Los elementos altamente radiactivos que están presentes en la composición de alimentación tienen campos de radiación elevados y penetrantes y, por lo tanto, las técnicas convencionales de fabricación no son adecuadas.

35 Según la presente invención, el haz o haces de láser son dirigidos mediante un dispositivo reflectante, un dispositivo de fibra óptica, o un dispositivo similar. El dispositivo puede ser un espejo, tal como un espejo servocontrolado, o un cable de fibra óptica. El dispositivo reflectante o similar está ubicado en el compartimento blindado y colocado encima del lecho o de la capa de composición de alimentación. La dirección del haz o de los haces de láser puede ser orientada usando motores controladores x-y desde el o los láseres ubicados fuera del compartimento blindado.

40 El haz o los haces de láser están dirigidos hacia al menos una porción del lecho o de la capa de composición de alimentación sobre la superficie plana y hacen contacto con la misma. Al dirigir el o los haces, el o los haces son manipulados de tal manera que se formen uno o más patrones en la composición de alimentación. La forma de los patrones se corresponde con la forma intencionada o deseada de la pastilla resultante. Por ejemplo, si se pretende una pastilla cilíndrica, el o los haces están dirigidos para formar uno o más patrones circulares en la capa o lecho de composición de alimentación. La capa sinterizada, modelada de composición de alimentación puede formar una pastilla. En otras disposiciones, la capa sinterizada, modelada de composición de alimentación puede formar una base para una pastilla, y se pueden añadir capas adicionales sobre la base.

En ciertas realizaciones, después de la sinterización por láser de una primera capa o lecho de composición de alimentación para formar un patrón para una pastilla, se puede aplicar una segunda capa de composición de alimentación a la primera capa sinterizada para aumentar la altura de la pastilla. El haz o haces de láser están dirigidos hacia la segunda capa que está distribuida, por ejemplo, sobre la primera capa (o la capa base). Se sinteriza esta segunda capa sustancialmente con el mismo patrón que la primera capa, de forma que se añada la segunda capa a la primera capa, por ejemplo, depositada sobre la primera capa, para aumentar la altura total de la pastilla. Si se logra la altura deseada o predeterminada de la pastilla después de la sinterización de la segunda capa de composición de alimentación, se finaliza el procedimiento. Sin embargo, si no se logra la altura deseada de la pastilla resultante tras la sinterización de dos capas de composición de alimentación, se puede añadir una tercera capa y opcionalmente se pueden añadir capas adicionales o subsiguientes al lecho de composición de alimentación

sobre la superficie plana y sinterizada para aumentar adicionalmente la altura de la pastilla hasta que se logre la altura deseada de la pastilla.

5 Según se ha descrito anteriormente para el lecho primero o base o capa de composición de alimentación, la segunda, tercera y subsiguientes capas de composición de alimentación son cada una, normalmente, una capa delgada que puede variar en grosor. En ciertas realizaciones, cada una de las capas puede tener un grosor en un intervalo entre 5 y 100 micrómetros. Además, cada una de las capas segunda, tercera y subsiguientes es sinterizada sustancialmente con la misma forma o patrón, por ejemplo, un círculo, como la primera capa para formar una pastilla sustancialmente uniforme que tiene un patrón o forma correspondiente, por ejemplo, un cilindro.

10 La altura deseada de la pastilla puede variar. En ciertas realizaciones, la altura de la pastilla se encuentra entre 1 y 500 mm.

El diámetro deseado de la pastilla también puede variar. En ciertas disposiciones, el diámetro de la pastilla se encuentra entre 1 y 30 mm o entre 5 y 10 mm.

15 Para que las pastillas resultantes sean útiles en un reactor nuclear operativo, se fabrican las pastillas para que tengan una densidad elevada. Según se utiliza en la presente memoria y en las reivindicaciones, la expresión "densidad elevada" se refiere a aproximadamente al 85% o una densidad teórica mayor.

20 La FIG. 1 muestra un sistema remoto 1 de fabricación por láser para preparar, en una ubicación remota, pastillas de alta densidad que contienen elementos altamente radiactivos, según ciertas realizaciones de la invención. La FIG. 1 incluye un compartimento blindado 5 y un láser 10. Colocados dentro del compartimento blindado 5 hay una tolva 12 y un distribuidor 14. Se cargan una composición seca de alimentación que incluye elementos altamente radiactivos y una matriz en la tolva 12 y, entonces, son suministradas al distribuidor 14. El distribuidor 14 libera y distribuye la composición de alimentación sobre una bandeja 16 para formar una primera capa 18 de composición de alimentación. El láser 10 emite un haz 20 que es dirigido hacia un espejo 22 colocado dentro del compartimento blindado 5. El haz 20 es reflejado mediante el espejo 22 y dirigido hacia la primera capa 18 de composición de alimentación. Como resultado, el haz 20 sinteriza la primera capa 18. La primera capa 18 puede ser sinterizada formando patrones.

25 La FIG. 2 muestra una vista superior de una bandeja 16 que tiene una pluralidad de formas 24 de pastillas sinterizadas formadas dirigiendo el haz 20 sobre la primera capa 18 de composición de alimentación. El área 26, fuera de la circunferencia de las formas 24 de pastillas sinterizadas, es una composición de alimentación no sinterizada.

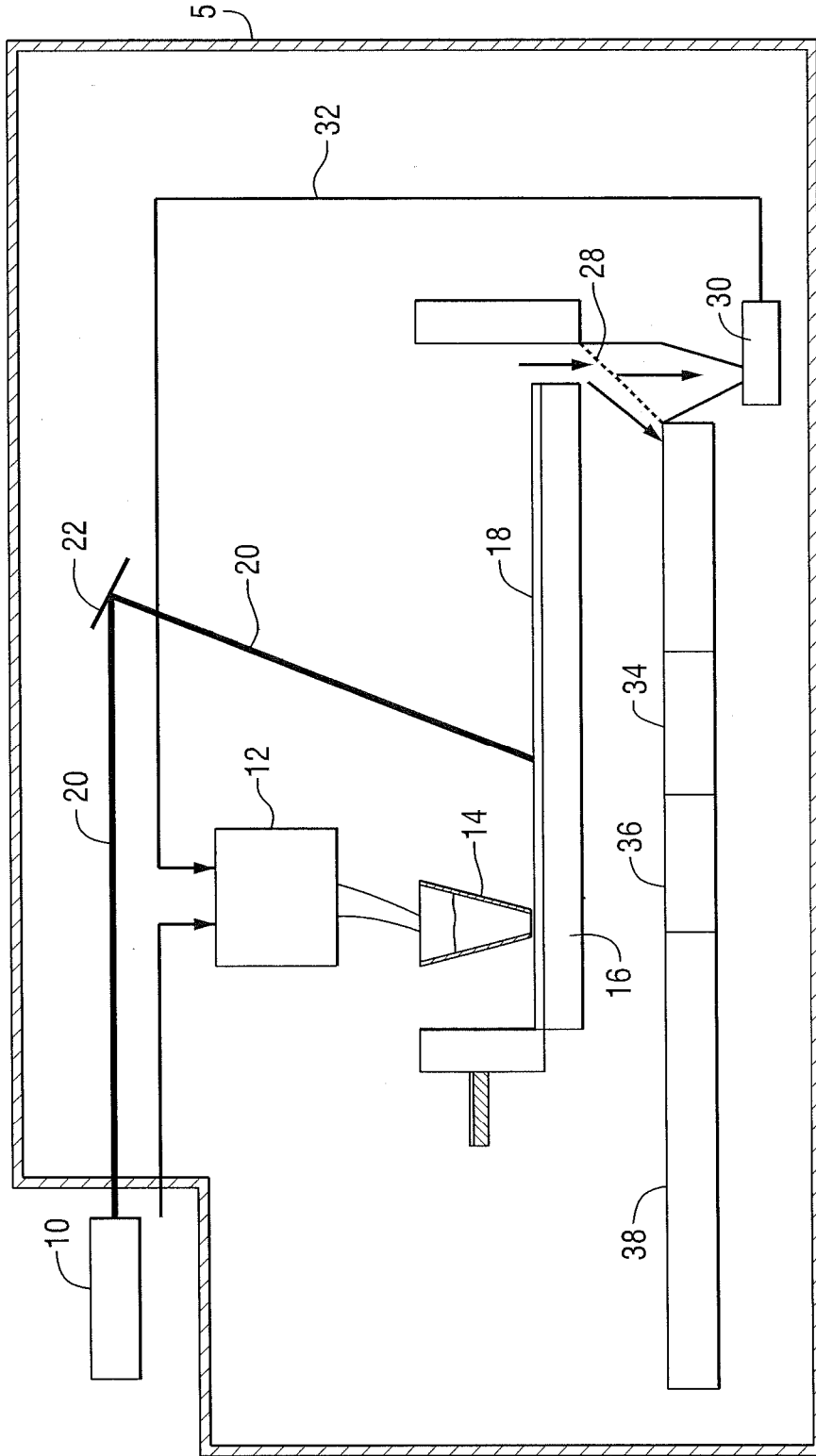
30 Además, la FIG. 1 muestra que las formas 24 de pastillas sinterizadas (mostradas en la FIG. 2) pueden pasar desde la bandeja 16 a través de una criba 28 para separar las formas 24 de pastillas sinterizadas de la composición de alimentación no sinterizada. La composición de alimentación no sinterizada puede ser recogida en un soporte y en un pulverizador 30 y transportada a través de una línea 32 de retorno y cargada (por ejemplo, reciclada) en la tolva 12. Las formas 24 de pastillas sinterizadas pueden ser transportadas a una muela para amolar las formas de pastillas sinterizadas a un diámetro predeterminado, hasta un limpiador 36 para retirar del mismo la composición de alimentación residual y, entonces, hasta un cargador 38 de barras de combustible para cargar las formas 24 de pastillas sinterizadas en un reactor nuclear (no mostrado).

40 Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a esos detalles en vista de las enseñanzas generales de la divulgación. En consecuencia, se pretende que las realizaciones particulares divulgadas solamente sean ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención, a la cual ha de dársele toda la latitud de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1) de sinterización por láser dispuesto para preparar una pastilla (24) de combustible para su uso en un reactor nuclear, que comprende:
- 5 un compartimento blindado (5);
una composición de alimentación en polvo, que comprende:
- al menos un elemento radiactivo seleccionado del grupo que consiste en americio, curio, plutonio, neptunio, protactinio, californio, uranio, torio, cesio, estroncio, tecnecio, rutenio y mezclas de los mismos en una forma seleccionada del grupo que consiste en óxido, siliciuro, nitruro, carburo y mezclas de los mismos; y
- 10 un material de matriz cerámico;
- al menos un láser (10) colocado fuera del compartimento blindado (5) y estructurado para emitir un haz (20) de láser al interior del compartimento blindado para sinterizar al menos un patrón en una capa (18) de la composición de alimentación en polvo; y
una pluralidad de componentes colocados dentro del compartimento blindado (5), que comprende:
- 15 una superficie plana (16) estructurada para sujetar la capa (18) de la composición de alimentación en polvo;
un distribuidor estructurado para recibir la composición de alimentación en polvo y distribuir de manera sustancialmente uniforme la composición de alimentación en polvo sobre la superficie plana (16) en forma de capa (18); y
- 20 un dispositivo reflectante (22) estructurado para dirigir el haz (20) de láser hacia la superficie plana (16), de forma que el haz (20) de láser haga contacto con al menos una porción de la capa (18) de la composición de alimentación en polvo, para sinterizar la capa (18) de la composición de alimentación en polvo para formar la pastilla (24) de combustible.
2. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el uranio comprende U-232, y en el que el torio comprende Th-228.
3. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el al menos un elemento radiactivo comprende un primer elemento seleccionado del grupo que consiste en americio, curio, plutonio, neptunio, protactinio, californio, uranio, torio y mezclas de los mismos, y un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en cesio, estroncio, tecnecio, rutenio y mezclas de los mismos.
- 30 4. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el material de matriz se selecciona del grupo que consiste en óxido, nitruro, carburo, y siliciuro de uranio, torio, circonio, protactinio, plutonio y mezclas de los mismos.
5. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo reflectante (22) es un espejo reflectante colocado encima de la superficie plana (16) para dirigir el haz (20) de láser hacia la capa (18) de la composición de alimentación en polvo.
- 35 6. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que la capa (18) es sustancialmente uniforme y tiene un grosor que se encuentra en el intervalo de 5 a 100 micrómetros.
7. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el haz (20) de láser está dispuesto para sinterizar al menos un patrón para cada segunda capa, tercera capa y subsiguientes capas de la composición de alimentación en polvo, siendo el al menos un patrón sustancialmente igual que el al menos un patrón en la capa (18) para formar una pastilla (24) sustancialmente uniforme que tiene una forma correspondiente.
- 40 8. El sistema (1) de la reivindicación 7, en el que cada uno del al menos un patrón es un círculo y la forma correspondiente es un cilindro.
9. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el material de matriz es óxido de torio.
10. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que el compartimento (5) está dispuesto para tener una temperatura, en uso, en un intervalo desde 1000°C hasta 2000°C.
- 45 11. Un procedimiento de sinterización por láser para preparar una pastilla (24) de combustible para su uso en un reactor nuclear, que comprende:
- preparar una composición de alimentación en polvo, que comprende:
- al menos un elemento radiactivo en una forma seleccionada del grupo que consiste en óxido, siliciuro, nitruro, carburo y mezclas de los mismos; y
- 50 un material de matriz cerámico;

- 5 obtener un compartimento blindado (5);
emplear al menos un láser (10) para emitir un haz (20) de láser dentro del compartimento blindado (5);
colocar el al menos un láser (10) fuera del compartimento blindado para operar y controlar de manera remota el haz (20) de láser;
- 5 colocar dentro del compartimento blindado una superficie plana para recibir la capa (18) de la composición de alimentación en polvo;
colocar dentro del compartimento blindado un distribuidor para recibir y distribuir, de manera sustancialmente uniforme, la composición de alimentación en polvo sobre la superficie plana en forma de capa (18);
- 10 colocar un dispositivo reflectante (22) dentro del compartimento blindado para dirigir el haz (20) de láser en el compartimento blindado (5) hacia la superficie plana (16);
poner en contacto al menos una porción de la capa (18) de la composición de alimentación en polvo con el haz (20) de láser;
- 15 sinterizar la capa (18) de la composición de alimentación en polvo; y
formar al menos un patrón dentro de la capa (18).
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que se repite el procedimiento para distribuir y sinterizar una segunda capa sobre la primera capa (18) formando una pastilla (24) que tiene una altura incrementada.
13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que se repite el procedimiento una pluralidad de veces formándose secuencialmente una pluralidad de capas.
- 20 14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que cada una de las varias capas tiene un grosor en un intervalo desde 5 hasta 100 micrómetros.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que la pastilla (24) tiene una altura entre 1 y 500 mm.



1

FIG. 1

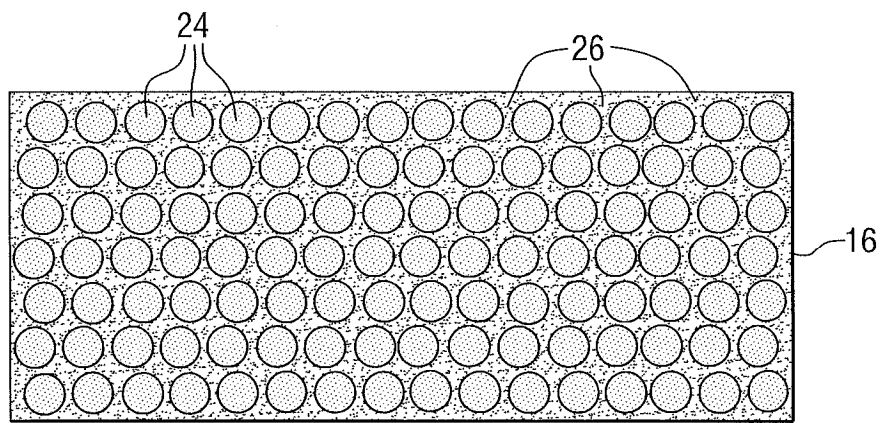


FIG. 2