

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 949**

51 Int. Cl.:

G21G 1/02 (2006.01)

H05H 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2015 PCT/EP2015/051844**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16119864**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2015 E 15701798 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3251124**

54 Título: **Método de preparación de blancos de irradiación para la producción de radioisótopos y blanco de irradiación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2019

73 Titular/es:
**FRAMATOME GMBH (100.0%)
Paul-Gossen-Strasse 100
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:
**SCHUSTER, BEATRICE y
SCHMID, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:
PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 718 949 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

Método de preparación de blancos de irradiación para la producción de radioisótopos y blanco de irradiación

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un método para preparar blancos de irradiación usados para producir radioisótopos en los tubos de instrumentación de un reactor nuclear, y a un blanco de irradiación obtenido mediante este método.

10

Antecedentes de la invención

Los radioisótopos tienen aplicación en diversos campos tales como la industria, la investigación, la agricultura y la medicina. Los radioisótopos artificiales se producen normalmente exponiendo un material del blanco adecuado al flujo de neutrones en un ciclotrón o en un reactor de investigación nuclear durante un tiempo apropiado. Los sitios de irradiación en reactores de investigación nuclear son costosos y serán incluso más escasos en el futuro debido al paro de los reactores por envejecimiento.

15

El documento EP 2 093 773 A2 se refiere a un método de producción de radioisótopos usando los tubos de instrumentación de un reactor nuclear comercial, comprendiendo el método: seleccionar al menos un blanco de irradiación con una sección transversal de neutrones conocida; insertar el blanco de irradiación en un tubo de instrumentación de un reactor nuclear, extendiéndose el tubo de instrumentación en el reactor y teniendo este una abertura accesible desde el exterior del reactor a fin de exponer el blanco de irradiación al flujo de neutrones que se encuentra en el reactor nuclear cuando está en funcionamiento, convertir sustancialmente el blanco de irradiación en un radioisótopo cuando se expone a un flujo de neutrones que se encuentra en el reactor nuclear, en el que la inserción incluye colocar el blanco de irradiación en una posición axial en el tubo de instrumentación durante una cantidad de tiempo correspondiente a la cantidad de tiempo requerida para convertir sustancialmente todo el blanco de irradiación en un radioisótopo a un nivel de flujo correspondiente a la posición axial basado en el perfil de flujo axial de los neutrones del reactor nuclear en funcionamiento; y retirar el blanco de irradiación y el radioisótopo producido del tubo de instrumentación.

20

25

30

Los blancos de irradiación más o menos esféricos suelen ser generalmente huecos e incluyen un material sólido, líquido y/o gaseoso que se convierte en un radioisótopo sólido, líquido y/o gaseoso útil. La cubierta que rodea al material del blanco puede experimentar cambios físicos insignificantes cuando se expone a un flujo de neutrones. De forma alternativa, los blancos de irradiación pueden ser generalmente sólidos y se fabrican a partir de un material que se convierte en un radioisótopo útil cuando se expone al flujo de neutrones presente en un reactor nuclear comercial en funcionamiento.

35

La densidad de flujo neutrónico en el núcleo de un reactor nuclear comercial se mide, entre otros, introduciendo sondas sólidas esféricas de un sistema de medición de bolas en los tubos de instrumentación que pasan a través del núcleo del reactor usando aire a presión para mover las sondas. Sin embargo, hasta la fecha no existen blancos de irradiación apropiados disponibles que tengan la estabilidad mecánica y química requerida para su inserción en tubos de instrumentación de un sistema de medición de bolas, y su retirada de los mismos, y que sean capaces de soportar las condiciones presentes en el núcleo del reactor nuclear.

40

45

El documento EP1 336 596 B1 divulga un cuerpo de óxido de un metal de las tierras raras sinterizado y transparente representado por la fórmula general R_2O_3 en la que R es al menos un elemento del grupo que comprende Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu. El cuerpo sinterizado se prepara proporcionando una mezcla de un aglutinante y un polvo de un material de óxido de un metal de las tierras raras de pureza elevada que tiene una pureza del 99,9 % o superior, y que tiene un contenido de Al de 5-100 ppm en peso del peso del metal y un contenido de Si de 10 ppm en peso, o inferior, del peso del metal, para preparar un cuerpo de moldeo que tiene una densidad en verde del 58 %, o superior, de la densidad teórica. El aglutinante se elimina mediante tratamiento térmico, y el cuerpo de moldeo se sinteriza en una atmósfera de hidrógeno o un gas inerte o al vacío, a una temperatura de entre 1450 °C y 1700 °C durante 0,5 horas o más. La adición de Al actúa como adyuvante de sinterización y es controlada cuidadosamente de modo que el cuerpo sinterizado tenga un tamaño medio de partícula de entre 2 y 20 μm .

50

55

El documento US 8 679 998 B2 divulga un componente resistente a la corrosión para su uso en un aparato de fabricación de semiconductores. Una materia prima de Yb_2O_3 que tiene una pureza de al menos un 99,9 % se somete a una estampación uniaxial a una presión de 200 kgf/cm^2 (19,6 MPa), a fin de obtener un material compacto con forma de disco que tiene un diámetro de aproximadamente 35 mm y un espesor de aproximadamente 10 mm. El material compacto se coloca en un molde de grafito para su calcinación. La calcinación se lleva a cabo usando un método de prensa caliente a una temperatura de 1800 °C en una atmósfera de Ar durante al menos 4 horas a fin de obtener un componente resistente a la corrosión para un aparato de fabricación de semiconductores. La presión durante la calcinación es de 200 kgf/cm^2 (19,6 MPa). El cuerpo sinterizado de Yb_2O_3 tiene una porosidad abierta del 0,2 %.

60

65

Los métodos anteriores proporcionan generalmente cuerpos sinterizados de óxidos de un metal de las tierras raras adaptados a aplicaciones específicas tales como de resistencia a la corrosión o transparencia óptica. Sin embargo, ninguno de los cuerpos sinterizados producidos mediante estos métodos tiene las propiedades requeridas para los blancos de irradiación usados en la producción de radiosótopos en reactores nucleares comerciales.

5 Las técnicas de aglomeración de polvo son conocidas por el experto en la materia para la producción de cuerpos compactados esféricos. El artículo de revisión de N. Clausen, G. Petzow, "Kugelherstellung durch Pulveragglomeration", *Z. f. Werkstofftechnik* 3 (1973), págs. 148-156, divulga métodos de aglomeración convencionales y los parámetros físicos relevantes. Un tambor giratorio para la aglomeración de polvo se divulga, por ejemplo, en el documento EP 0 887 102 A2.

Sumario de la invención

15 Un objeto de la presente invención es proporcionar blancos apropiados que se puedan usar como precursores para la producción de radiosótopos predeterminados mediante exposición a un flujo de neutrones en un reactor nuclear comercial y que, al mismo tiempo, sean capaces de soportar las condiciones específicas en un sistema de medición de bolas neumático.

20 Otro objeto de la invención es proporcionar un método para la producción de estos blancos de irradiación que sea rentable y adecuado para la producción en masa.

De acuerdo con la invención, este objeto se resuelve mediante un método para la producción de blancos de irradiación de acuerdo con la reivindicación 1.

25 Realizaciones preferentes de la invención se dan en las reivindicaciones dependientes, las cuales se pueden combinar libremente entre sí.

30 Los blancos de irradiación obtenidos mediante el método de la presente invención tienen dimensiones reducidas adaptadas para su uso en sistemas de medición de bolas existentes en el mercado, y satisfacen también los requerimientos relativos a la resistencia a la presión, resistencia a la temperatura y resistencia al cizallamiento de modo que son suficientemente estables cuando son insertados en un sistema de medición de bolas y son transportados a través del núcleo del reactor por medio de aire a presión. Además, los blancos se pueden proporcionar con una superficie lisa para evitar la abrasión de los tubos de instrumentación. Asimismo, los blancos de irradiación tienen una pureza química que los hace útiles para la producción de radioisótopos.

35 En particular, la invención proporciona un método de preparación de blancos de irradiación para la producción de radioisótopos en tubos de instrumentación de un reactor nuclear, comprendiendo el método las etapas de:

40 proporcionar un polvo que consiste en un óxido de un metal de las tierras raras que tiene una pureza superior al 99 % y, opcionalmente, un aglutinante orgánico;

peletizar el polvo y, opcionalmente, el aglutinante orgánico para formar un cuerpo verde sustancialmente esférico que tiene un diámetro de 1 a 10 mm; y

45 sinterizar el cuerpo verde en una fase sólida a una temperatura de al menos un 70 por ciento de la temperatura sólida del polvo de un óxido de un metal de las tierras raras y durante un tiempo suficiente para formar un blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado sustancialmente esférico que tiene una densidad de sinterizado de al menos un 80 por ciento de la densidad teórica.

50 La invención recurre a procesos conocidos de la fabricación de materiales cerámicos sinterizados y, por tanto, se puede llevar a cabo en un equipo disponible en el mercado, incluyendo dispositivos apropiados de peletización o granulación e instalaciones de sinterización. La aglomeración de polvo permite también proporcionar blancos con una estrecha distribución de tamaños de partícula de los pelets (gránulos) y una forma sustancialmente esférica, las cuales facilitan su uso en los tubos de instrumentación existentes para sistemas de medición de bolas. Así pues, los costes de preparación de los blancos de irradiación se pueden mantener bajos ya que será posible la producción en masa de blancos de precursores de radioisótopos adecuados.

60 El método también es variable y útil para producir muchos blancos diferentes con la pureza química requerida. Adicionalmente, se ha encontrado que los blancos sinterizados son mecánicamente estables y, en particular, resistentes al transporte dentro de los tubos de instrumentación usando aire a presión incluso a temperaturas de hasta 400 °C presentes en el núcleo del reactor nuclear.

65 De acuerdo con una realización preferente, el óxido está representado por la fórmula general R_2O_3 en la que R es un metal de las tierras raras seleccionado entre el grupo que consiste en Nd, Sm, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu.

Más preferentemente, el metal de las tierras raras es Sm, Y, Ho o Yb, preferentemente Yb-176 que es útil para

producir Lu-177, o Yb-168, que se puede usar para producir Yb-169.

Lo más preferente es que el metal de las tierras raras en el óxido de un metal de las tierras raras sea monoisotópico. Esto asegura un alto rendimiento del radioisótopo deseado y reduce los esfuerzos y costes de la purificación.

5 De acuerdo con las realizaciones, el polvo del óxido de un metal de las tierras raras tiene una pureza superior al 99 %, más preferentemente superior al 99,9 %/TREO (TREO = óxidos de tierras raras totales (*Total Rare Earth Oxide*)), o incluso superior al 99,99 %. Los inventores consideran que la ausencia de alúmina como impureza es beneficiosa para la sinterabilidad del óxido de un metal de las tierras raras y el uso posterior del blanco sinterizado como precursor del radioisótopo. Los inventores consideran también que las impurezas que capturan neutrones tales como B, Cd, Gd deben estar ausentes.

15 Preferentemente, el polvo del óxido de un metal de las tierras raras tiene un tamaño promedio de partícula en el intervalo entre 5 y 50 μm . La distribución de los tamaños de partícula es preferentemente de $d_{50} = 10 \mu\text{m}$ y $d_{100} = 30 \mu\text{m}$ a $d_{50} = 25 \mu\text{m}$ y $d_{100} = 50 \mu\text{m}$. Los polvos de óxidos adecuados para la aglomeración de polvo están disponibles en el mercado en ITM Isotopen Technologie Munchen AG.

Lo más preferente es que el polvo esté enriquecido en Yb-176 con un grado de enriquecimiento > 99 %.

20 En las realizaciones, el polvo del óxido de un metal de las tierras raras se peletiza mediante aglomeración en un tambor giratorio o en un disco de peletización.

25 Más preferentemente, se añade un aglutinante orgánico al polvo de óxido durante la etapa de peletización, preferentemente mediante pulverización de una solución acuosa del aglutinante sobre el polvo. También es posible proporcionar una mezcla en polvo de un aglutinante orgánico y el óxido de un metal de las tierras raras, y someter la mezcla en polvo a una peletización mediante aglomeración en el tambor giratorio o en el disco de peletización.

30 Preferentemente, el aglutinante orgánico es un polímero orgánico, siendo lo más preferente un poli(alcohol vinílico) o metilcelulosa.

Lo más preferente es que el aglutinante orgánico se use en una cantidad tal que los cuerpos verdes tengan un contenido de aglutinante de hasta un 1 por ciento en peso basado en el peso total de los cuerpos verdes peletizados, preferentemente un contenido de aglutinante en el intervalo de un 0,5 a un 1 por ciento en peso.

35 Los cuerpos verdes sustancialmente esféricos preferentemente tienen un diámetro en el intervalo de 1 a 5 mm, preferentemente de 1 a 3 mm. Lo más preferente es que el tamaño de los cuerpos verdes esféricos esté en el intervalo de 2 a 3 mm.

40 La expresión "sustancialmente esférico" significa que el cuerpo es capaz de rodar, aunque no es necesario que tenga la forma de una esfera perfecta.

45 En una realización adicional, el polvo del óxido de un metal de las tierras raras se peletiza mediante aglomeración de polvo para formar el cuerpo verde sustancialmente esférico sin el uso de un aglutinante. Así pues, el polvo de óxido que se va a peletizar consiste en el óxido de un metal de las tierras raras que tiene una pureza superior al 99 %, preferentemente superior al 99,9 por ciento o superior al 99,99 por ciento. De acuerdo con la invención, el polvo del óxido de un metal de las tierras raras no contiene tampoco ningún adyuvante de sinterización. Los inventores descubrieron que los aglutinantes y/o los adyuvantes de sinterización usados normalmente para sinterizar los óxidos de un metal de las tierras raras pueden ser una fuente de impurezas no deseadas, aunque el uso de estos aditivos no es necesario, o se puede reducir a una cantidad de un 1 por ciento en peso o inferior en el caso del aglutinante orgánico, para obtener un blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado que tenga una densidad suficiente.

50 Preferentemente, la densidad en verde del cuerpo verde peletizado es de al menos un 30 por ciento de la densidad teórica, más preferentemente de al menos un 40 por ciento y, aún más preferentemente, está en el intervalo de un 30 a un 50 por ciento de la densidad teórica. La densidad en verde es suficiente para facilitar el procesado automatizado del cuerpo verde peletizado.

Opcionalmente, el cuerpo verde esférico se puede pulir para mejora su esfericidad o redondez.

60 En la etapa de sinterización, el cuerpo verde se mantiene a una temperatura de sinterización de al menos un 70 por ciento, preferentemente entre un 70 y un 80 por ciento de la temperatura sólida del óxido de un metal de las tierras raras. Más preferentemente, la temperatura de sinterización está en el intervalo entre 1650 y 1800 °C. Los inventores descubrieron que una temperatura de sinterización en este intervalo es adecuada para sintetizar la mayoría de los óxidos de un metal de las tierras raras hasta una alta densidad de sinterización de al menos un 80 por ciento, preferentemente de al menos un 90 por ciento, de la densidad teórica.

Preferentemente, el cuerpo verde se mantiene a la temperatura de sinterización y se sinteriza durante un tiempo de 4 a 24 horas, preferentemente a presión atmosférica.

5 De acuerdo con una realización preferente, el cuerpo verde se sinteriza en una atmósfera oxidante tal como en una mezcla de nitrógeno y oxígeno, preferentemente aire sintético.

Aunque es menos preferente, el cuerpo verde se puede sinterizar también en una atmósfera reductora tal como una mezcla que consiste en nitrógeno e hidrógeno.

10 Antes de la sinterización, los cuerpos verdes que contienen el aglutinante orgánico se pueden someter a una etapa de desengrasado, preferentemente manteniendo los cuerpos a una temperatura de aproximadamente 800 a 1000 °C durante un tiempo suficiente para evaporar o descomponer el aglutinante orgánico. La etapa de desengrasado también puede formar parte de la etapa de sinterización y se puede efectuar cuando se calientan los cuerpos verdes hasta la temperatura de sinterización.

15 Opcionalmente, el blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado se puede pulir o esmerilar para eliminar residuos superficiales y mejorar su rugosidad superficial. Este tratamiento tras la sinterización puede reducir la abrasión de los tubos de instrumentación por parte de los blancos sinterizados cuando se insertan estos a presión elevada.

20 En un aspecto adicional, la invención se refiere a un blanco sinterizado obtenido mediante el método anteriormente descrito, en el que el blanco sinterizado es sustancialmente esférico y tiene una densidad de al menos un 80 por ciento de la densidad teórica, y en el que el óxido de un metal de las tierras raras tiene una pureza superior al 99 %, preferentemente superior al 99,9 por ciento o superior al 99,99 por ciento.

25 Preferentemente, el blanco sinterizado tiene una densidad de al menos un 90 por ciento de la densidad teórica y una porosidad inferior a un 10 %. La densidad y, por tanto, la porosidad se pueden determinar mediante medición en un picnómetro.

30 El tamaño promedio de partícula del blanco sinterizado está preferentemente en el intervalo entre 5 y 50 µm. Los inventores descubrieron que es preferente un tamaño de partícula en este intervalo para proporcionar el blanco sinterizado con una dureza y una resistencia mecánica suficientes a fin de soportar las condiciones de impacto en sistemas de medición de bolas neumáticos.

35 Preferentemente, el blanco sinterizado tiene un diámetro en el intervalo de 1 a 5 mm, preferentemente de 1 a 3 mm. Se entiende que la sinterización implica una contracción del orden de hasta el 40 %. Así, las dimensiones de los cuerpos verdes se seleccionan de modo que la contracción durante la sinterización dé como resultado blancos sinterizados con un diámetro predeterminado para su inserción en sistemas de medición de bolas comerciales.

40 Los blancos obtenidos mediante el método de la presente invención son resistentes a una presión neumática de entrada de 1 MPa (10 bar) usada en sistemas de medición de bolas comerciales y una velocidad de impacto de 10 m/s. Además, puesto que los blancos se han sometido a temperaturas de sinterización elevadas, se entiende que los blancos sinterizados son capaces de soportar temperaturas de procesamiento del orden de aproximadamente 400 °C presentes en el núcleo de un reactor nuclear en funcionamiento.

45 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, los blancos sinterizados de un óxido de un metal de las tierras raras se usan para producir uno o más radiosótopos en un tubo de instrumentación de un reactor nuclear durante la operación de producción de energía. En un método de producción de radiosótopos, los blancos sinterizados se insertan en un tubo de instrumentación que se extiende en el núcleo del reactor por medio de aire a presión, preferentemente a una presión de aproximadamente 0,7 a 3 MPa (7 a 30 bar), y se exponen al flujo de neutrones que se encuentra en el reactor nuclear cuando está en funcionamiento, durante un periodo de tiempo predeterminado, de modo que el blanco sinterizado se convierta sustancialmente en un radioisótopo, y se eliminan el blanco sinterizado y el radioisótopo producido del tubo de instrumentación.

50 Preferentemente, el óxido de un metal de las tierras raras es iterbio-176 y el radioisótopo deseado es Lu-177. Tras la exposición al flujo de neutrones, los blancos sinterizados se disuelven en ácido y el Lu-177 se extrae, por ejemplo, tal como se divulga en la patente europea EP 2 546 839 2- A1. El Lu-177 es un radioisótopo que tiene aplicaciones específicas en la terapia del cáncer y la obtención de imágenes médicas.

60 La construcción y el método de operación de la invención, junto con objetos adicionales y ventajas de la misma, se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

65 De acuerdo con el método de la presente invención, se produjo un blanco de iterbio sinterizado proporcionado un polvo de iterbio, peletizando el polvo en un tambor giratorio para formar un cuerpo verde sustancialmente esférico, y

sinterizando el cuerpo verde en una fase sólida para formar un blanco de iterbia sustancialmente esférico.

El polvo de iterbia tenía una pureza superior al 99 %/TREO, usando la siguiente especificación:

Yb ₂ O ₃ /TREO (% min)	99,9
TREO (% min)	99
Pérdida en la ignición (% máx.)	1
Impurezas de tierras raras	% máx.
Tb ₄ O ₇ /TREO	0,001
Dy ₂ O ₃ /TREO	0,001
Ho ₂ O ₃ /TREO	0,001
Er ₂ O ₃ /TREO	0,01
Tm ₂ O ₃ /TREO	0,01
Lu ₂ O ₃ /TREO	0,001
Y ₂ O ₃ /TREO	0,001
Impurezas no de tierras raras	% máx.
Fe ₂ O ₃	0,001
SiO ₂	0,01
CaO	0,01
Cl ⁻	0,03
NiO	0,001
ZnO	0,001
PbO	0,001

5

No se añadieron adyuvantes de sinterización al polvo de iterbia.

10 El polvo de iterbia se peletizó en un tambor giratorio mediante aglomeración del polvo pulverizando al mismo tiempo una solución acuosa de poli(alcohol vinílico) (5 por ciento en peso de PVA) sobre el polvo. Se formaron cuerpos verdes sustancialmente esféricos que tenían un diámetro de 2,5 mm ± 0,3 mm y se recogieron del tambor giratorio. Los cuerpos verdes tenían una densidad de aproximadamente 4-5 g/cm³ correspondiente a una densidad en verde de aproximadamente un 50 por ciento de la densidad teórica.

15 Los cuerpos verdes de iterbia sustancialmente esféricos se sometieron a una etapa de desengrasado a aproximadamente 1000 °C para eliminar el aglutinante orgánico, y se sinterizaron en una fase sólida manteniéndolos a una temperatura de aproximadamente 1700 °C durante al menos cuatro horas en una atmósfera de aire sintético a presión atmosférica. Los cuerpos verdes de iterbia se colocaron en cajas de recocido de MgO para evitar la incorporación de alúmina procedente del horno de sinterización.

20 Se obtuvieron blancos de iterbia sinterizados con una forma sustancialmente esférica que tenían un diámetro de aproximadamente 1,5 a 2 mm y una densidad de sinterizado de aproximadamente 7,8 g/cm³, correspondiente a aproximadamente un 85 por ciento de la densidad teórica.

25 Se llevaron a cabo ensayos con un dilatómetro sobre los cuerpos verdes de iterbia usando una velocidad de calentamiento de 5 K/min. Los ensayos muestran que se produce una contracción sustancial solamente a temperaturas por encima de los 1650 °C y no era totalmente completa a 1700 °C. Así pues, las temperaturas de sinterización en el intervalo entre 1700 y 1800 °C son preferentes para sinterizar la iterbia y otros óxidos de un metal de las tierras raras.

30 En ensayos adicionales, se varió la atmósfera de sinterización de una atmósfera oxidante que consistía en aire sintético a una atmósfera reductora que consistía en nitrógeno e hidrógeno. Los blancos de iterbia sinterizados

obtenidos de la sinterización en atmósfera reductora tenían un color oscuro que indicaba un cambio de la composición estequiométrica. De acuerdo con esto, es posible el uso de una atmósfera de sinterización reductora si bien es menos preferente.

- 5 La estabilidad mecánica de los blancos de iterbia sinterizados se ensayó insertando los blancos en un sistema de medición de bolas de laboratorio usando una presión de entrada de 1 MPa (10 bar) y generando una velocidad de impacto de aproximadamente 10 m/s. Los ensayos mostraban que los blancos sinterizados no se rompían en estas condiciones.
- 10 La iterbia-176 se considera útil para la producción del radioisótopo Lu-177, que tiene aplicaciones en la obtención de imágenes médicas y la terapia del cáncer, pero que no puede ser almacenado durante un largo periodo de tiempo debido a su corto periodo de semidesintegración de aproximadamente 6,7 días. El Yb-176 se convierte en Lu-177 de acuerdo con la siguiente reacción:



- 15 Así pues, los blancos sinterizados del óxido iterbia obtenidos mediante el método de la presente invención son precursores útiles para la producción de Lu-177 en los tubos de instrumentación de un reactor nuclear durante la operación de producción de energía. Reacciones similares son conocidas por el experto en la materia para la producción de otros radioisótopos a partir de diversos precursores de óxidos de tierras raras.

20

REIVINDICACIONES

1. Un método de preparación de blancos de irradiación para la producción de radioisótopos en tubos de instrumentación de un reactor nuclear, comprendiendo el método las etapas de:
 - 5 proporcionar un polvo que consiste en un óxido de un metal de las tierras raras que tiene una pureza superior al 99 % y, opcionalmente, un aglutinante orgánico;
 - peletizar el polvo y, opcionalmente, el aglutinante orgánico para formar un cuerpo verde sustancialmente esférico que tiene un diámetro de 1 a 10 mm; en el que el polvo se aglomera en un tambor giratorio o en un disco de peletización; y
 - 10 sinterizar el cuerpo verde en una fase sólida a una temperatura de al menos un 70 por ciento de la temperatura sólida del polvo del óxido de un metal de las tierras raras y durante un tiempo suficiente para formar un blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado sustancialmente esférico que tiene una densidad de sinterizado de al menos un 80 por ciento de la densidad teórica.
- 15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el metal de las tierras raras se selecciona entre el grupo que consiste en Nd, Sm, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu, preferentemente en el que el metal de las tierras raras es Sm, Y, Ho o Yb, más preferentemente Yb-176.
- 20 3. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el polvo del óxido de un metal de las tierras raras tiene una pureza superior al 99 %, preferentemente superior al 99,9 por ciento.
4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el metal de las tierras raras es monoisotópico.
- 25 5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aglutinante orgánico se añade al polvo antes o durante la peletización del polvo del óxido de un metal de las tierras raras, preferentemente en el que el aglutinante orgánico se añade al polvo durante la peletización pulverizando una solución acuosa del aglutinante sobre el polvo del óxido de un metal de las tierras raras.
- 30 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aglutinante orgánico se selecciona entre el grupo que consiste en poli(alcohol vinílico) y metilcelulosa.
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los cuerpos verdes contienen el aglutinante orgánico en una cantidad de hasta un 1 por ciento en peso basado en el peso total de los cuerpos verdes.
- 35 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura de sinterización es de entre un 70 y un 80 por ciento de la temperatura sólida del óxido de un metal de las tierras raras o, preferentemente, en el que la temperatura de sinterización está en el intervalo entre 1650 y 1800 °C.
- 40 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo verde se sinteriza durante un tiempo de 4 a 24 horas o, preferentemente, en el que el cuerpo verde se sinteriza a presión atmosférica.
- 45 10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo verde se sinteriza en una atmósfera oxidante, preferentemente en el que el cuerpo verde se sinteriza en una atmósfera que consiste en nitrógeno y oxígeno, más preferentemente aire sintético.
- 50 11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo verde se sinteriza hasta una densidad de al menos un 90 por ciento de la densidad teórica o, preferentemente, en el que el blanco sinterizado tiene una porosidad inferior a un 10 %.
- 55 12. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el blanco sinterizado tiene un diámetro en el intervalo de 1 a 5 mm, preferentemente de 1 a 3 mm.
- 60 13. Un blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado obtenido mediante el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tiene un diámetro en el intervalo de 1 a 5 mm y un tamaño promedio de partícula en el intervalo entre 5 y 50 µm, siendo el blanco sinterizado sustancialmente esférico y teniendo una densidad de al menos un 80 por ciento de la densidad teórica, y en el que el óxido de un metal de las tierras raras tiene una pureza superior a un 99 %, y siendo el blanco resistente a una presión neumática de transporte de 1 MPa (10 bar) y a una velocidad de impacto de 10 m/s.
- 65 14. Uso del blanco de un óxido de un metal de las tierras raras sinterizado de acuerdo con la reivindicación 13 para la producción de un radioisótopo en un tubo de instrumentación de un reactor nuclear durante la operación de producción de energía.

15. El uso de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el óxido de un metal de las tierras raras es iterbia y el radioisótopo es Lu-177.