

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 328**

51 Int. Cl.:

G21C 7/24 (2006.01)

G21C 7/113 (2006.01)

G21C 7/117 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2011 E 11720610 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2567383**

54 Título: **Barra de control para un reactor nuclear de agua ligera**

30 Prioridad:

07.05.2010 SE 1050455

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

26.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SELTBORG, PER;
HALLSTADIUS, LARS y
REBENSORFF, BJÖRN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 578 328 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

Barra de control para un reactor nuclear de agua ligera

ANTECEDENTES DE LA INVENCION Y ESTADO DE LA TÉCNICA

5 La presente invención se refiere a una barra de control para un reactor nuclear de agua ligera. La invención se refiere también al uso de dicha barra de control.

10 En los reactores nucleares de agua ligera se usa el agua como moderador de neutrones. Existen dos tipos de reactores nucleares de agua ligera, es decir, reactores de agua en ebullición, BWR, y reactores de agua presurizada, PWR. En ambos tipos de reactores de agua ligera se usan unos tipos de barras de control para controlar o detener la reacción nuclear. Dichas barras de control contienen un material absorbente de neutrones. Un material absorbente de neutrones común es el carburo de boro, B₄C. Se menciona este material, por ejemplo, en el documento WO00/002205 A1. Otro material que puede usarse es hafnio puro o hafnio con pequeños aditivos de otros materiales. Esto se describe, por ejemplo, en el documento US 5,330,589. Se conoce también para usar barras de control que comprenden placas grandes de hafnio. Dichas barras de control contienen usualmente canales de agua. Por ejemplo, el documento US 6.137.854 describe barras de control con placas de hafnio.

15 El artículo "Development of Advanced Control Rod of Hafnium Hydride for Fast Reactor" de Konashing et al. en Proceedings de ICAPP '06 Reno, NV EEUU, 4-8 de junio de 2006, páginas 2213-2217, no se refiere a reactores de agua ligera, sino a un tipo completamente diferente de reactores nucleares, es decir, los llamados reactores rápidos. En un reactor rápido, la reacción de fisión se mantiene con la ayuda de neutrones rápidos. Dicho reactor no necesita normalmente ningún moderador de neutrones. Por lo tanto, en un reactor rápido no hay agua que funcione como moderador de neutrones. También, el material de combustible nuclear que se usa en un reactor rápido difiere del que se usa en un reactor de agua ligera. El artículo mencionado de Konashi et al. describe problemas que pueden surgir cuando se usa B₄C como material absorbente en una barra de control en un reactor rápido. El artículo describe que, cuando se usa el carburo de boro, puede generarse gas de helio, lo que puede dar lugar al hecho de que el material absorbente se inflame, lo que puede causar daños en el material que rodea el material absorbente. Para evitar este problema, se describe en este artículo usar en su lugar hafnio como material absorbente. Se indica en la página 2214 en el artículo que el hafnio tiene una buena capacidad de absorción para neutrones térmicos y que el hafnio se ha usado, por lo tanto, en reactores de agua ligera. El artículo menciona (página 2214) que no existe ninguna experiencia de usar hafnio como material absorbente en un reactor rápido, ya que la capacidad de captura de neutrones de hafnio en un reactor rápido es inferior en comparación con la que hay en un reactor de agua ligera. El artículo sugiere el uso de hidruro de hafnio como material absorbente en un reactor rápido, ya que el hidruro de hafnio tiene una capacidad de absorción de neutrones mejor que el hafnio en un reactor rápido ya que el hidruro de hafnio funciona también como moderador de neutrones, es decir, se ralentizan los neutrones rápidos y, por lo tanto, pueden absorberse mejor.

25 El documento JP 2009 180694 A se refiere a problemas que pueden ocurrir cuando se usa el combustible MOX (combustible de óxidos mezclados) en un conjunto de combustible nuclear convencional. El documento menciona que se usa un proceso submoderado. El documento divulga el uso de una barra de control que tiene material absorbente en forma de hidruro de hafnio (HfH₂) y en forma de aleación de hafnio dopada de europio.

40 El documento JP S 60-27897 A divulga una barra de control para un reactor nuclear. La barra de control no se mueve. La barra de control contiene polvo de Hf. Este polvo se pone en contacto con una atmósfera de hidrógeno bajo presión. Se forma de esta manera hidruro de hafnio. Puede controlarse la relación entre H y Hf en el hidruro de hafnio cambiando la temperatura y la presión. De esta manera, puede controlarse la capacidad de absorción de neutrones.

SUMARIO DE LA INVENCION

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar una barra de control mejorada para un reactor de agua ligera. Un objeto es evitar de esta manera que se puedan producir cambios dimensionales en la barra de control durante el funcionamiento y que puedan causar de esta manera desventajas. El hafnio se conoce, como se ha mencionado anteriormente, como un material absorbente en conexión con reactores de agua ligera. Sin embargo, el hafnio puede recoger hidrógeno durante el uso en el reactor de agua ligera, es decir, el hafnio se hidrogena. El hidrógeno que se recoge puede originarse en particular del agua que existe en el reactor de agua ligera. La recogida de hidrógeno da lugar al hecho de que la dimensión del material absorbente puede cambiar durante el funcionamiento. Esto puede causar el riesgo de que aumenten las grietas en la barra de control. Esto puede dar lugar también a la creación de tensiones, de tal manera que la barra de control se doblará. Un objeto de la invención es evitar dichas desventajas. Un objeto adicional de la invención es evitar la formación de gas de helio, que en particular puede tener lugar en barras de control que contengan carburo de boro como material absorbente.

55 Dichos objetos se logran con una barra de control de acuerdo con la presente invención, como se define en la reivindicación 1.

Cuando se menciona que al menos el 90 %, con respecto al peso, del material absorbente que está en la barra de

control está en forma de hidruro de hafnio, se incluye la posibilidad de que cierta parte de la barra de control pueda contener otro material absorbente distinto al hidruro de hafnio. Sin embargo, al menos la mitad del material absorbente que está en la barra de control está por lo tanto en forma de hidruro de hafnio.

5 Cuando se dice que el material absorbente "está en forma de hidruro de hafnio", quiere decirse que este material es hidruro de hafnio puro o que, si el material contiene otras sustancias, entonces estas sustancias solo están presentes en el hidruro de hafnio en cierta medida, menos del 5 % con respecto al peso, preferentemente menos del 1 % con respecto al peso. Pueden verse ejemplos de dichos aditivos menores posibles en el material, por ejemplo, en el documento US 5.330.589 anteriormente mencionado.

10 Como el material absorbente de acuerdo con la presente invención consiste en gran medida de hidruro de hafnio, se reduce el riesgo de que el hafnio recoja adicionalmente hidrógeno. Esto significa que se reduce el riesgo de cambios dimensionales del material absorbente. El uso de hidruro de hafnio, en vez de, por ejemplo, carburo de boro, significa también que se evita la formación de gas de helio.

15 La barra de control de acuerdo con la invención puede contener canales de agua que funcionen como moderador. Sin embargo, esto no es necesario si se incluye una cantidad suficiente de hidrógeno en el material absorbente. Como el hidrógeno funciona como moderador de neutrones, se evita la necesidad de canales de agua en la barra de control, que es una ventaja adicional de la invención.

El hidruro de hafnio es más ligero que el hafnio, lo que provoca la ventaja adicional de que pueda reducirse el peso de la barra de control.

20 Una ventaja adicional de la invención es que la estructura cristalina del hidruro de hafnio es cúbica. El hafnio metálico tiene una estructura cristalina hexagonal. Una estructura cristalina cúbica es más estable que una estructura hexagonal en el flujo de neutrones que es el caso en el reactor. Esto provoca una ventaja adicional, es decir, que se reduzca el riesgo de cambios estructurales causados por el flujo de neutrones.

25 De acuerdo con un modo de realización de usar la barra de control de acuerdo con la invención, el radio entre el hafnio y el hidrógeno en el hidruro de hafnio es HfH_x , donde x es el valor que es el caso cuando existe equilibrio estequiométrico en el hidruro de hafnio con respecto a la cantidad de hidrógeno dentro del mismo durante las condiciones que son el caso durante el funcionamiento en el reactor nuclear del tipo en el que se usa la barra de control.

30 Si el hidruro de hafnio contiene demasiado poco hidrógeno, entonces el hidrógeno que se origina del agua, por ejemplo, puede recogerse en el material. Por otro lado, si el hidruro de hafnio contiene demasiado hidrógeno, entonces el hidrógeno en forma de gas de hidrógeno, por ejemplo, puede emitirse por el material. Por equilibrio estequiométrico se quiere decir por tanto en esta solicitud que ninguno de estos dos fenómenos es el caso ni que, si fueran el caso, se equilibran entre sí. La porción de hidrógeno en el hidruro de hafnio que da equilibrio estequiométrico puede depender de condiciones externas tales como, por ejemplo, la temperatura que es el caso. El equilibrio estequiométrico se define, por lo tanto, en la solicitud con respecto a las condiciones que son el caso durante el funcionamiento en el reactor nuclear para el que se configura la barra de control.

35 Como, de acuerdo con este modo de realización, la cantidad de hidrógeno en el hidruro de hafnio es aproximadamente la cantidad para el equilibrio estequiométrico, se reduce el riesgo de que se recoja hidrógeno. Esto significa por tanto que se reduce adicionalmente el riesgo de cambios dimensionales. Además, se reduce el riesgo de que se emita hidrógeno. Esto reduce por tanto el riesgo de que se forme gas de hidrógeno. Si se forma gas de hidrógeno, esto podría significar que se ejerce una presión sobre el material absorbente o sobre el material que lo rodea, lo que podría dar lugar a daños.

40 De acuerdo con la invención, la relación entre el hafnio y el hidrógeno en el hidruro de hafnio es HfH_x , donde $1,40 \leq x \leq 1,80$, preferentemente es el caso de que $1,50 \leq x \leq 1,70$. Parece que es adecuada dicha cantidad de hidrógeno en el hidruro de hafnio para lograr equilibrio estequiométrico durante las condiciones que son normalmente el caso en los reactores nucleares de agua ligera.

De acuerdo con la invención, el hidruro de hafnio en la barra de control está en forma de cuerpos sólidos. Dichos cuerpos sólidos de hidruro de hafnio funcionan particularmente bien como cuerpos absorbentes.

45 De acuerdo con un modo de realización adicional, los cuerpos sólidos son de al menos 1,0 cm de largo. Es ventajoso si los cuerpos no son demasiado pequeños. Los cuerpos pueden ser con ventaja de al menos 3,0 cm de largo, por ejemplo, de al menos 5,0 cm de largo, en particular en una barra de control para un BWR.

De acuerdo con un modo de realización adicional, los cuerpos sólidos se han formado de hidruro de hafnio en forma de polvo. Parece ventajoso que los cuerpos se formen de hidruro de hafnio en forma de polvo. Dichos cuerpos pueden formarse, por ejemplo, por sinterizado o por prensado isostático en caliente (HIP).

55 De acuerdo con un modo de realización adicional, la barra de control comprende una carcasa dentro de la que existe al menos un espacio para el material absorbente, en la que dicho material absorbente en forma de hidruro de hafnio

está en al menos dicho espacio. Como el hidruro de hafnio tiene menos estabilidad mecánica que el hafnio metálico puro, el hidruro de hafnio se dispone adecuadamente en una carcasa que proporciona suficiente estabilidad mecánica.

5 De acuerdo con un modo de realización adicional, al menos dicho espacio se configura como un canal alargado con una sección transversal sustancialmente circular. En dichos canales alargados, puede disponerse con ventaja una cantidad suficiente y bien definida de hidruro de hafnio.

10 De acuerdo con un modo de realización adicional, dicho material absorbente en forma de hidruro de hafnio está en forma de uno o más cuerpos sólidos con una sección transversal sustancialmente circular, en el que el cuerpo sólido o los cuerpos sólidos tienen un diámetro en sección transversal d y en el que el espacio tiene un diámetro en sección transversal D donde el cuerpo sólido o los cuerpos sólidos se colocan y tienen un diámetro en sección transversal d , en el que $D - d \leq 0,20$ mm, preferentemente $\leq 0,10$ mm. Como el cuerpo en forma de hidruro de hafnio no se expande sustancialmente durante el uso, no se necesita sustancialmente ningún espacio de expansión, lo que por el contrario es necesario cuando el cuerpo absorbente, por ejemplo, se hace de B_4C . Preferentemente, D es constante sobre toda la longitud del espacio y d es constante sobre toda la longitud del cuerpo.

15 De acuerdo con un modo de realización adicional, la barra de control se configura para un BWR. El material absorbente en forma de hidruro de hafnio puede usarse en un PWR, pero es particularmente ventajoso usar el material en un BWR.

20 De acuerdo con un modo de realización adicional, la barra de control tiene una sección transversal cruciforme y consta de cuatro cuchillas de barra de control que se unen en el centro de la cruz, en la que cada cuchilla de barra de control comprende una pluralidad de espacios alargados para material absorbente y en la que dicho material absorbente en forma de hidruro de hafnio se dispone en dichos espacios. Dicha barra de control cruciforme es adecuada para usarse en un BWR. Es de esta manera, es ventajoso disponer el material absorbente en canales en las cuchillas de la barra de control. Los canales pueden extenderse en el sentido longitudinal de la barra de control o en un sentido radial.

25 De acuerdo con un modo de realización adicional, cada uno de una pluralidad de los espacios alargados tiene una longitud L , en la que en cada uno de estos espacios dicho material absorbente en forma de hidruro de hafnio está en forma de un cuerpo sólido con la longitud l , en la que $L - l \leq 2,0$ mm, preferentemente $\leq 1,0$ mm. Como el cuerpo en forma de hidruro de hafnio no se expande sustancialmente durante el uso, no hay necesidad tampoco en el sentido longitudinal ningún espacio de expansión sustancial.

30 De acuerdo con la invención, al menos el 90 %, con respecto al peso, del material absorbente que está en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio. Es ventajoso si el hidruro de hafnio se usa como material absorbente en la parte principal de la barra de control. La invención no excluye la posibilidad de que se use otro material absorbente en cierta parte de la barra de control. Sin embargo, al menos el 90 % del material absorbente que se usa en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio. De acuerdo con un modo de realización ventajoso, todo el material absorbente en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio.

Otro objeto de la invención es lograr, como se compara con la técnica anterior, un mejor funcionamiento de un reactor nuclear de agua ligera del tipo BWR o PWR.

Este objeto se logra en que una barra de control de acuerdo con cualquiera de los modos de realización anteriores se usa como barra de control durante el funcionamiento en un reactor nuclear de agua ligera del tipo BWR o PWR.

40 Usando dicha barra de control, se han logrado las ventajas que se han descrito anteriormente en conexión con la barra de control.

De acuerdo con un uso particularmente ventajoso de la barra de control, el reactor nuclear de agua ligera en el que se usa es el tipo BWR.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una parte de una barra de control para un BWR.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una sección transversal de una barra de control para un PWR.

DESCRIPCIÓN DE MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

50 La Fig. 1 muestra por tanto esquemáticamente una barra de control para un BWR. La barra de control comprende una carcasa 4. La carcasa puede consistir, por ejemplo, de acero inoxidable. La carcasa 4 se configura de tal manera que la barra de control tiene cuatro cuchillas de barra de control 11, 12, 13, 14 dispuestas de tal manera que la barra de control tiene una sección transversal cruciforme. Las cuchillas de barra de control 11, 12, 13, 14 se unen en el centro 15 de la cruz. Cada cuchilla de barra de control 11, 12, 13, 14 comprende una pluralidad de espacios 6 para material absorbente. En la Fig. 1 se muestran esquemáticamente algunos de dichos espacios 6 en la cuchilla de barra de control 11.

De acuerdo con este modo de realización, cada espacio 6 se configura como un canal alargado que se extiende en el sentido radial en la cuchilla de barra de control 11. El canal 6 puede tener una sección transversal circular. En los canales 6 se dispone el material absorbente 8. El material absorbente 8 tiene la finalidad de absorber neutrones.

5 De acuerdo con la presente invención, el material absorbente 8 está en forma de hidruro de hafnio. La barra de control puede comprender también otro material absorbente 8 distinto al hidruro de hafnio. Sin embargo, de acuerdo con la invención, se prefiere que el material absorbente 8 consista en su mayoría de hidruro de hafnio. Preferentemente, todo el material absorbente 8 en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio. El hidruro de hafnio puede contener, sin embargo, pequeñas cantidades de aditivos. La cantidad de hidrógeno en el hidruro de hafnio es de tal manera que un equilibrio sustancialmente estequiométrico es el caso durante las condiciones que son el caso en el reactor nuclear para el que se configura la barra de control. El hidruro de hafnio puede estar de esta manera en forma de $\text{HfH}_{1.6}$.

10 El hidruro de hafnio está en forma de cuerpos sólidos 8 en los canales 6. Dichos cuerpos sólidos pueden haber estado formados de polvo de hidruro de hafnio. Los cuerpos pueden estar formados, por ejemplo, por prensado isostático caliente (HIP) y/o por sinterizado. Los cuerpos 8 puede estar formados, por ejemplo, de manera similar a la que en la que están formados los cuerpos absorbentes de B_4C . Los cuerpos pueden ser, por ejemplo, de 5 cm de largo, de acuerdo con un modo de realización ventajoso, los cuerpos 8 pueden ser tan largos que se extienden sobre sustancialmente toda la longitud del canal 6. Si, por ejemplo, los espacios alargados 6 tienen una longitud L y el material absorbente 8 en forma de hidruro de hafnio está en forma de un cuerpo sólido con la longitud l, entonces puede ser el caso de que $L - l \leq 2,0$ mm, por ejemplo, que $L - l$ puede ser de 1 mm. L puede ser, por ejemplo, de 10 cm.

15 La Fig. 2 muestra esquemáticamente una sección transversal a través de una barra de control para un reactor de agua ligera del tipo PWR. La barra de control tiene en este caso una carcasa con forma de cilindro 4 que, por ejemplo, está fabricada de acero inoxidable. Dentro de la carcasa, existe un canal 6. En el canal 6, existe material absorbente 8. El material absorbente 8 consta en su mayoría de hidruro de hafnio. Preferentemente, todo el material absorbente 8 en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio. El hidruro de hafnio puede contener, sin embargo, ciertos aditivos más pequeños de otras sustancias. El hidruro de hafnio está en forma de cuerpos sólidos 8. Dichos cuerpos sólidos 8 pueden ser, por ejemplo, de 1,5 cm de largo y pueden tener una sección transversal circular. Los cuerpos pueden estar formados de un polvo de manera similar al que se ha descrito anteriormente en conexión con la Fig. 1. La barra de control de acuerdo con la Fig. 2 contiene un resorte 16 con el fin de sostener los cuerpos 8 fijados en posición.

20 En el caso de una barra de control para un BWR (Fig. 1) y en el caso de una barra de control para un PWR (Fig. 2), el material absorbente 8 en forma de hidruro de hafnio puede estar en forma de uno o más cuerpos sólidos con una sección transversal sustancialmente circular. El cuerpo sólido o los cuerpos sólidos pueden tener un diámetro en sección transversal d y el espacio en la barra de control puede tener un diámetro en sección transversal D, donde el cuerpo sólido o los cuerpos sólidos se colocan y tienen el diámetro en sección transversal d. De esta manera, adecuadamente $D - d \leq 0,20$ mm. D - d puede ser, por ejemplo, 0,10 mm.

25 También, en el modo de realización de acuerdo con la Fig. 2, el hidruro de hafnio contiene adecuadamente tal cantidad de hidrógeno que el equilibrio sustancialmente estequiométrico es el caso durante las condiciones que son el caso durante el funcionamiento en el reactor nuclear para el que se configura la barra de control. El hidruro de hafnio puede ser por el presente, por ejemplo, $\text{HfH}_{1.6}$.

30 Otro aspecto de la invención se refiere al uso de una barra de control en un reactor nuclear de agua ligera. De acuerdo con dicho uso, una barra de control del tipo que se ha descrito en conexión con la Fig. 1 puede usarse como barra de control durante el funcionamiento en un BWR. Preferentemente, una pluralidad de dichas barras de control se usan en el BWR.

35 De acuerdo con otro uso de acuerdo con la invención, una barra de control del tipo que se ha descrito en conexión con la Fig. 2 se usa como barra de control durante el funcionamiento en un reactor nuclear de agua ligera del tipo PWR. Preferentemente, una pluralidad de dichas barras de control se usan en el PWR.

Con las barras de control y los usos de acuerdo con la invención, se logran las ventajas que se han descrito anteriormente.

40 La invención no está limitada a los modos de realización descritos pero puede variarse y modificarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Barra de control configurada para un reactor nuclear de agua ligera del tipo BWR o PWR, donde la barra de control contiene material absorbente (8), en la que al menos el 90 %, con respecto al peso, del material absorbente (8) que está en la barra de control está en forma de hidruro de hafnio, en la que el ratio entre el hafnio y el hidrógeno en el hidruro de hafnio es HfH_x , donde $1,40 \leq x \leq 1,80$, y en la que el hidruro de hafnio en la barra de control está en forma de cuerpos sólidos (8).
2. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 1, donde $1,50 \leq x \leq 1,70$.
3. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que los cuerpos sólidos (8) son de al menos 1,0 cm de largo.
- 10 4. Barra de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los cuerpos sólidos (8) se han formado a partir de hidruro de hafnio en forma de polvo.
5. Barra de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la barra de control comprende una carcasa (4) dentro de la que existe al menos un espacio (6) para el material absorbente (8), en la que dicho material absorbente (8) en forma de hidruro de hafnio está en al menos dicho espacio (6).
- 15 6. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 5, en la que al menos dicho espacio (6) se configura como un canal alargado con una sección transversal sustancialmente circular.
- 20 7. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 6, en la que dicho material absorbente (8) en forma de hidruro de hafnio está en forma de uno o más cuerpos sólidos con una sección transversal sustancialmente circular, en la que el cuerpo sólido o los cuerpos sólidos tienen un diámetro de sección transversal d y en la que el espacio tiene un diámetro de sección transversal D donde el cuerpo sólido o los cuerpos sólidos se colocan y tienen un diámetro de sección transversal d , donde $D - d \leq 0,20$ mm.
8. Barra de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la barra de control se configura para un BWR.
- 25 9. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 8, donde la barra de control tiene una sección transversal cruciforme y consta de cuatro cuchillas de barra de control (11, 12, 13, 14) que se unen en el centro (15) de la cruz, en la que cada cuchilla de barra de control (11, 12, 13, 14) comprende una pluralidad de espacios alargados (6) para material absorbente y en la que dicho material absorbente en forma de hidruro de hafnio se dispone en dichos espacios (6).
- 30 10. Barra de control de acuerdo con la reivindicación 9, en la que cada uno de una pluralidad de los espacios alargados (6) tiene una longitud L , en la que en cada uno de estos espacios dicho material absorbente (8) en forma de hidruro de hafnio está en forma de un cuerpo sólido de longitud l , en la que $L - l \leq 2,0$ mm.
11. Uso de al menos una barra de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores como barra de control durante el funcionamiento en un reactor nuclear de agua ligera del tipo BWR o PWR.
- 35 12. Uso de acuerdo con la reivindicación 11, donde x tiene el valor correspondiente al del caso cuando existe equilibrio estequiométrico en el hidruro de hafnio con respecto a la cantidad de hidrógeno dentro del mismo durante las condiciones dadas durante el funcionamiento en el reactor nuclear del tipo en el que se usa la barra de control.

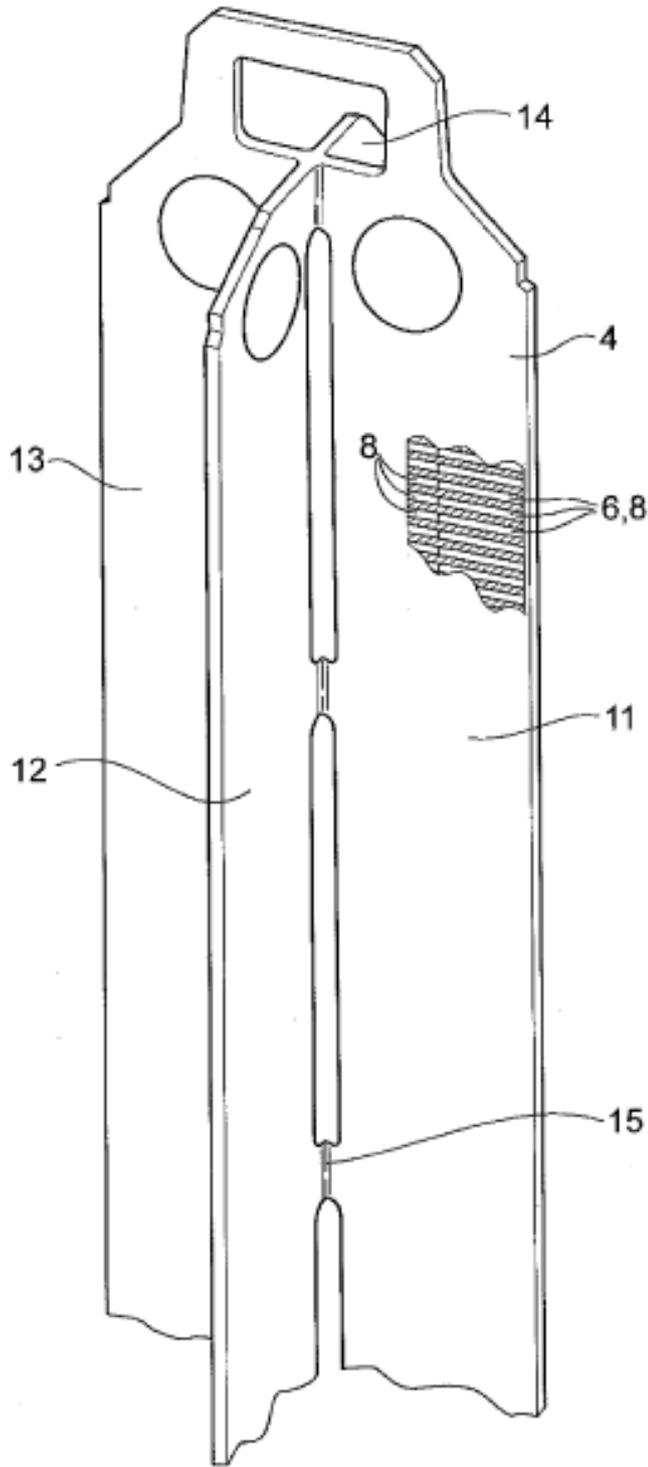


Fig. 1

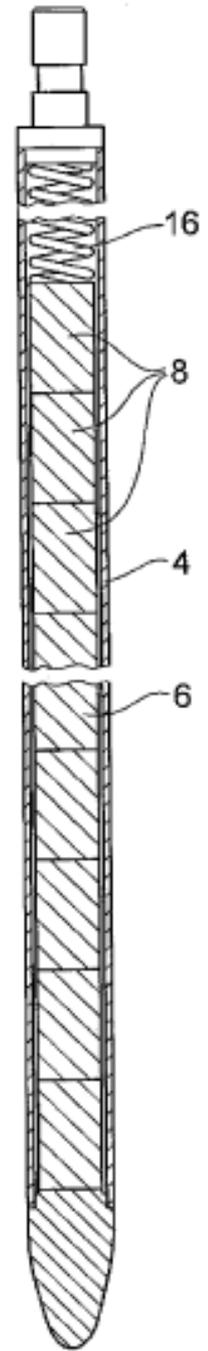


Fig. 2