(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 487 648**

(51) Int. CI.:

G21C 3/07 (2006.01)
G21C 3/324 (2006.01)
G21C 21/00 (2006.01)
C01B 31/36 (2006.01)
C04B 35/565 (2006.01)
B32B 18/00 (2006.01)
C04B 35/80 (2006.01)
C04B 35/628 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2011 E 11712254 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2564392**

(54) Título: **Canal de combustible dispuesto para estar comprendido por un elemento de combustible para un reactor de fisión**

(30) Prioridad:

28.04.2010 US 769019

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.08.2014

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

HALLSTADIUS, LARS;
LAHODA, EDWARD J. y
DAHLBÄCK, MATS

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Canal de combustible dispuesto para estar comprendido por un elemento de combustible para un reactor de fisión

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un canal de combustible que está dispuesto para estar comprendido por un elemento de combustible para un reactor de fisión de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Este canal de combustible se describe en el documento US-4.707.330. El elemento combustible comprende una entrada, una salida y una pluralidad de barras de combustible alargadas, cuyas barras de combustible comprenden, cada una, un combustible nuclear y están dispuestas para transferir energía a un medio de circulación durante la operación del reactor de fisión. El canal de combustible comprende una carcasa adaptada para rodear las barras de combustible entre la entrada y la salida. La carcasa está adaptada durante la operación del reactor de fisión para guiar el medio de circulación a lo largo de las barras de combustible desde la entrada a la salida y ser sometido a irradiación de las barras de combustible.

Técnica anterior

Durante la operación del elemento de combustible en el reactor de fisión, la función del canal de combustible es guiar el medio de circulación, que en los reactores de agua ligera comprende agua, a lo largo de las barras de combustible del elemento combustible. Durante la operación, el canal de combustible se somete a irradiación de las barras de combustible y un entorno reactivo químico del medio de circulación.

El canal de combustible está usualmente fabricado de una aleación de circonio. El circonio se utiliza en canales de combustible debido a su baja sección transversal de neutrones, buenas propiedades mecánicas y una resistencia relativamente alta a la corrosión. Diferentes tipos de aleaciones de circonio están disponibles.

A pesar de las propiedades favorables de las aleaciones de circonio, los canales de combustible fabricados a partir de una aleación de circonio se ven afectados por el entorno en el reactor, de tal manera que el material se expande. La expansión de la aleación de circonio crea una deformación permanente, por ejemplo, un alargamiento, de las dimensiones del canal de combustible en relación con las dimensiones originales de los canales de combustible. La expansión de la aleación de circonio surge de manera anisotrópica, lo que da como resultado que un canal de combustible originalmente recto se ccurve alejándose de su eje longitudinal.

La deformación permanente de la aleación de circonio en el canal de combustible es inducida por la irradiación de las barras de combustible y por la corrosión y la asimilación de hidrógeno. La asimilación de hidrógeno se concentra en forma de hidruros en la aleación de circonio, que además de la deformación permanente también da lugar a un debilitamiento de las propiedades mecánicas del canal de combustible.

Los canales de combustible se utilizan en los llamados reactores de agua en ebullición (BWR), en los que el medio de circulación es agua que gradualmente se transforma desde una fase líquida a una fase de vapor, en el que el agua es guiada por el canal de combustible a lo largo de las barras de combustible.

Los reactores de agua en ebullición se controlan por medio de barras de control que se desplazan saliendo y entrando de posiciones entre los elementos de combustible. Debido a la gran longitud del canal de combustible en un reactor de agua en ebullición, incluso una pequeña deformación permanente no homogénea del canal de combustible puede crear una gran curvatura del canal de combustible. En grandes curvaturas del canal de combustible, el desplazamiento de las barras de control del reactor en las posiciones entre los elementos de combustible puede obstruirse por contacto de fricción entre las barras de control y los canales de combustible.

El documento US2003/0053582 presenta un procedimiento de fabricación para un canal de combustible que consiste en una aleación de circonio.

El documento US2007/0189952 presenta un material de carburo de silicio que comprende boro en la forma de B_4C como auxiliar de sinterización, en el que la mayoría del boro es boro-11. El material está adaptado para ser utilizado en un reactor de fisión, por medio del cual el boro-11 tiene una sección transversal de neutrones de boro inferior a la que se produce con una composición isotópica natural de aproximadamente un 20% de boro-10. Además, el boro-11 se forma al ser influenciado por la irradiación de neutrones menos gas que el boro con una composición isotópica que se produce de manera natural de boro-10.

Sumario de la invención

Un primer objeto de la presente invención es proporcionar un canal de combustible con una estabilidad dimensional mejorada y, en particular, para reducir las deformaciones permanentes no homogéneas que dan como resultado una curvatura del canal de combustible. Un segundo objeto de la presente invención es proporcionar un canal de combustible que tenga una resistencia a la corrosión mejorada en comparación con los canales de combustible de acuerdo con la técnica anterior. Un tercer objeto de la presente invención es proporcionar un canal de combustible que tenga una vida útil que supere la vida útil del elemento de combustible.

Estos objetos se obtienen mediante el canal de combustible antes citado que se caracteriza por las características de la porción caracterizadora de la reivindicación 1.

De acuerdo con la invención, el material cerámico comprende, o contiene, carburo de silicio y un resto de posibles sustancias residuales.

El carburo de silicio, con fórmula química SiC, tiene propiedades que reducen el problema con la deformación permanente de los canales de combustible de acuerdo con el estado de la técnica. El carburo de silicio tiene una expansión inducida de irradiación baja y predecible en comparación con las aleaciones de circonio. La expansión inducida por la irradiación de carburo de silicio es de aproximadamente un tercio de la expansión inducida por la irradiación de aleaciones de circonio. Además, la expansión inducida por irradiación de carburo de silicio surge principalmente homogénea en todas las direcciones, es decir, la expansión es isotrópica. De este modo, se reduce el problema con la curvatura del canal de combustible.

El carburo de silicio tiene una alta resistencia a la corrosión en comparación con las aleaciones de circonio que se utilizan de acuerdo con el estado de la técnica. La corrosión que todavía puede producirse en el carburo de silicio no produce, o sólo en una medida limitada, fases secundarias en el material. Por consiguiente, la expansión inducida por la corrosión es pequeña o insignificante. Por lo tanto, el problema con la curvatura del canal de combustible se reduce aún más. Por medio de las propiedades mejoradas del canal de combustible, se extiende el tiempo de vida útil del canal de combustible en el reactor de fisión.

El carburo de silicio tiene también una baja sección transversal de neutrones en comparación con las aleaciones de circonio. La función principal de la baja sección transversal de neutrones es reducir la absorción parásita de neutrones y, por lo tanto, mejorar la economía de combustible.

Las posibles sustancias residuales del material cerámico comprenden impurezas no deseadas y posibles aditivos, tales como B_4C que contienen, por ejemplo, boro-11, grafito, un compuesto de carbono, etcétera.

De acuerdo con una realización de la invención, dicho material cerámico comprende una primera capa que comprende fibras de carburo de silicio.

Por medio del carburo de silicio que está al menos parcialmente presente en forma de fibras, se mejoran las propiedades mecánicas del material cerámico, obtenidas en comparación con un material cerámico homogéneo. En particular, las fibras de carburo de silicio mejoran la ductilidad del canal de combustible en comparación con un material cerámico homogéneo. Además, las fibras contribuyen a reducir la propagación de grietas en el material cerámico.

De acuerdo con una realización de la invención, las fibras se hilan en cables. Los cables de fibras aumentan la resistencia mecánica del canal de combustible.

De acuerdo con una realización de la invención, cada fibra de carburo de silicio tiene una superficie envolvente, en la que las superficies envolventes de las fibras o de una parte importante de las fibras que comprenden un recubrimiento reductor de fricción.

De acuerdo con una realización de la invención, las fibras tienen una longitud que permite que la primera capa se fabrique por medio de devanado de las fibras alrededor de una forma.

El recubrimiento reductor de fricción en las fibras permite el deslizamiento entre las fibras y entre las fibras y el posible material circundante, lo que mejora la ductilidad del material. Además, el deslizamiento crea una fuerza mejorada del canal de combustible para soportar colisiones físicas contra los componentes cercanos en el reactor de fisión.

De acuerdo con una realización de la invención, el recubrimiento reductor de fricción consiste en su totalidad, o principalmente, de sustancias con una baja sección transversal de neutrones. En una realización alternativa, el recubrimiento reductor de fricción comprende principalmente nitruro de boro, grafito, un compuesto de carbono, etcétera. En una realización preferible, el recubrimiento comprende nitruro de boro, en el que el boro en el nitruro de boro tiene una composición isotópica principalmente de boro-11 y el nitruro en el nitruro de boro tiene una composición isotópica principalmente de nitrógeno-15.

De acuerdo con una realización de la invención, el canal de combustible comprende un eje longitudinal, en el que la primera capa comprende una capa primaria, en cuya capa primaria las fibras están dispuestas principalmente a lo largo de una primera dirección que no es paralela con el eje longitudinal de los canales de combustible. De acuerdo con una realización de la invención, al menos algunas de las fibras o cables de la primera capa son paralelas con el eje longitudinal del canal de combustible. Preferiblemente, la primera dirección y el eje longitudinal de los canales de combustible forman un ángulo de 15-75 grados.

De acuerdo con una realización de la invención, la primera capa comprende una capa secundaria junto a la capa primaria, en la que la capa secundaria comprende fibras de carburo de silicio, cuyas fibras en la capa secundaria

están dispuestas principalmente a lo largo de una segunda dirección que también puede ser no paralela con el eje longitudinal de los canales de combustible, en el que la primera y la segunda dirección son no paralelas. De acuerdo con una realización de la invención, al menos algunas de las fibras o cables de la capa secundaria son paralelas con el eje longitudinal del canal de combustible. Preferiblemente, la segunda dirección y el eje longitudinal del canal de combustible forman un ángulo de 15-75 grados.

Las fibras en la capa primaria están dispuestas a lo largo de la primera dirección y las fibras en la capa secundaria están dispuestas a lo largo de la segunda dirección, en el que se obtiene una resistencia mecánica mejorada del canal de combustible.

De acuerdo con una realización de la invención, la primera capa comprende un material de relleno en un espacio hueco entre las fibras, cuyo material de relleno comprende carburo de silicio, en el que las fibras y el material de relleno tienen diferente estructura del material. Por medio del material de relleno se obtiene una mayor densidad de la primera capa, en el que los canales de combustible aumentan su resistencia mecánica.

De acuerdo con una realización de la invención, dicho material cerámico comprende una segunda capa que comprende carburo de silicio, cuya segunda capa bordea sobre al menos un lado de la primera capa, en el que la primera capa tiene una primera densidad y la segunda capa tiene una segunda densidad, en el que la segunda densidad es más alta que la primera densidad. Preferiblemente, el material cerámico comprende principalmente carburo de silicio.

Por medio de la segunda capa, que es opcional, se crea una capa densa en al menos un lado de la primera capa. De este modo, la posible porosidad es cerrada por lo menos de un lado de la primera capa.

De acuerdo con una realización de la invención, la segunda capa comprende una primera subcapa y una segunda subcapa, en el que la primera subcapa bordea sobre un primer lado de la primera capa y la segunda subcapa bordea en un segundo lado de la primera capa.

De acuerdo con una realización de la invención, la segunda capa forma una barrera para el medio de circulación. Preferiblemente, la segunda capa está adaptada para crear una barrera al agua y al vapor. Preferiblemente, la barrera es impenetratable, o principalmente impenetratable, al agua y al vapor.

De acuerdo con una realización de la invención, el carburo de silicio se trata con una dosis de irradiación antes de la operación en el reactor de fisión, en el que la dosis de irradiación es tal que se reduce la irradiación inducida por deformación permanente de la carcasa durante la operación del reactor de fisión.

La expansión inducida por la irradiación del material de carburo de silicio continúa hasta que se alcanza un nivel de saturación, donde después de ninguna irradiación, o sólo irrelevante, se produce la expansión inducida. Por medio del tratamiento previo del carburo de silicio con irradiación, se reduce la posible expansión inducida por la irradiación durante la operación. De este modo, el problema con la deformación permanente y la curvatura del canal de combustible se reduce aún más.

De acuerdo con una realización de la invención, la dosis de irradiación en el carburo de silicio es menos de 2 nvt, preferiblemente entre 0,1 y 1 nvt. La unidad “nvt” es una medida de un flujo de neutrones que se proporciona al canal de combustible, donde 1 nvt corresponde a 10^{21} neutrones/cm^2 con una energía mayor que 1 MeV.

De acuerdo con una realización de la invención, el canal de combustible comprende uno o más canales de aire para guiar el medio de circulación, cuyos canales se fabrican a partir de dicho material cerámico.

Los canales internos pueden ser de cualquier geometría. El canal interno es de la misma forma que la carcasa de los canales de combustible expuestos al entorno en el reactor. De esa manera, el canal se fabrica a partir de dicho material cerámico y se reduce la deformación permanente formada por el canal durante la operación en el reactor de fisión.

De acuerdo con una realización de la invención, el canal de combustible comprende cuatro lados, en el que la carcasa comprende al menos cuatro secciones de pared, cuyas secciones de pared están unidas de manera que forman los lados de la carcasa, en el que cada sección de pared está fabricada a partir de dicho material cerámico. De esa manera, la carcasa está formada por las cuatro secciones de pared y se simplifica el procedimiento de fabricación del canal de combustible.

De acuerdo con una realización de la invención, el canal de combustible está adaptado para ser utilizado durante un período de tiempo que excede del período de tiempo utilizable del elemento de combustible.

Por medio de una resistencia más alta del canal de combustible a la irradiación y una alta resistencia a la corrosión, el canal de combustible es utilizable durante un período más largo de tiempo en el reactor de fisión que el período de tiempo utilizable para el elemento de combustible, es decir, el período de tiempo utilizable para las barras de combustible del elemento de combustible. De ese modo, es posible volver a usar el canal de combustible, en el que el canal de combustible se utiliza durante la operación de varios elementos de combustible posteriores en el reactor.

Mediante este uso del canal de combustible se reduce la cantidad de material irradiado del reactor que requiere la eliminación de residuos.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará ahora con más detalle mediante la descripción de las diferentes realizaciones de la invención y con referencia a las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra un elemento de combustible que comprende un canal de combustible con una carcasa de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra una sección transversal a través del elemento de combustible en la figura 1.

La figura 3 muestra una ampliación de una sección transversal a través de la carcasa del canal de combustible en la zona rodeada con círculo en la figura 2.

La figura 4 muestra las capas de la carcasa del canal de combustible en la figura 1.

La figura 5 muestra una ampliación de la zona rodeada con un círculo en la figura 4.

La figura 6 muestra las fibras hiladas a un cable.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

La figura 1 muestra un elemento de combustible 1 para un reactor de fisión. El elemento de combustible 1 comprende una pluralidad de barras de combustible 3 alargadas rodeadas por un canal 5 de combustible. El canal 5 de combustible comprende una carcasa 7 que está adaptada para rodear las barras de combustible 3 entre una entrada 9 y una salida 11 del elemento de combustible 1. En la Figura 1 no se muestra la longitud completa del elemento combustible, sino sólo la parte superior e inferior del elemento de combustible 1.

Las barras de combustible 3 comprenden un combustible nuclear, que comprende uranio enriquecido, por ejemplo, en forma de óxido de uranio (UO_2) adaptado para generar energía que se transfiere a un medio de circulación alrededor de las barras de combustible 3. El medio de circulación está presente en forma de líquido o de gas. En los reactores de fisión convencionales el medio de circulación es agua. En reactores de agua en ebullición (BWR) y en reactores de agua a presión (PWR) el medio de circulación es agua, que actúa como un medio de refrigeración y un medio moderador. La realización divulgada en la figura 1 se refiere a un reactor de agua en ebullición. En los reactores de agua en ebullición es necesario guiar el medio de circulación a lo largo de las barras de combustible. También en otros tipos de reactores de fisión, el uso de un canal 5 de combustible es favorable. Por ejemplo, el canal 5 de combustible se puede utilizar en reactores de agua a presión para evitar el flujo transversal del medio de circulación entre los elementos de combustible 1 vecinos.

La función de la carcasa 7 del canal 5 de combustible es para guiar el medio de circulación a lo largo de las barras de combustible 3 desde la entrada 9 a la salida 11 del elemento de combustible 1. El canal 5 de combustible es alargado y tiene un eje longitudinal L que es paralelo principalmente con un eje longitudinal de las barras de combustible 3. La carcasa 7 comprende cuatro lados que se extienden a lo largo de las barras de combustible 3 y se dirigen lejos de las barras de combustible 3. El canal 5 de combustible tiene una abertura superior e inferior, y un paso entre la abertura superior e inferior. Durante el montaje del elemento de combustible 1, la carcasa 7 del canal 5 de combustible se empuja fuera de las barras de combustible 3 por medio de un movimiento de desplazamiento hacia el elemento de combustible 1. Viceversa, la carcasa 7 del canal 5 de combustible es extraíble de las barras de combustible 3 por medio de un movimiento de desplazamiento alejándose del elemento de combustible 1.

La figura 2 muestra una sección transversal del elemento de combustible 1 en la figura 1. La carcasa 7 del canal 5 de combustible se ilustra con la línea continua.

El elemento de combustible 1 comprende, en la realización mostrada, cuatro grupos de barras de combustible 3, llamadas haces de combustible 13. Las barras de combustible 3 en cada uno de los haces de combustible 13 se mantienen juntas en cierta posición por medio de una pluralidad de elementos separadores, llamado rejillas separadoras 15, colocadas a lo largo de la longitud de las barras de combustible 3, ver la figura 1. La carcasa 7 del canal 5 de combustible rodea los cuatro haces de combustible 13. De este modo, el canal 5 de combustible guía el medio de circulación por separado alrededor de la barra de combustible 3 para cada uno de los haces de combustible 13.

En la presente realización, la carcasa 7 del canal 5 de combustible formas cinco canales interiores 20 para guiar una parte del medio de circulación por separado de las barras de combustible 3 en los cuatro haces de combustible 13. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la carcasa 7 comprende uno o más canales interiores 20 en una configuración diferente. Los cinco canales interiores 20 están colocados en un patrón de cruz formada visto desde una sección transversal del elemento de combustible 1. Uno de los canales interiores 20 está colocado en el centro de la sección transversal del elemento de combustible 1. Los otros cuatro canales interiores 20 están colocados entre pares vecinos de los cuatro haces de combustible 13.

La función de los canales interiores 20 es guiar una parte del medio de circulación por separado del medio de circulación que rodea las barras de combustible 3. En reactores de agua en ebullición, el agua alrededor de las barras de combustible 3, durante la recepción de energía desde las barras de combustible 3, se transforma gradualmente desde una fase líquida a una fase de vapor desde la entrada 9 a la salida 11 del elemento de combustible 1. La fase de vapor proporciona un menor grado de moderación que la fase líquida. Por medio del guiado del agua en fase líquida en los canales interiores 20, la moderación del proceso de fisión se incrementa, donde la fase de vapor está presente alrededor de las barras de combustible 3. De este modo, se obtiene una moderación más uniforme del proceso de fisión a lo largo de las barras de combustible 3.

La figura 3 muestra la estructura de la carcasa 7 del canal 5 de combustible por medio de una vista detallada de la zona rodeada con un círculo en la figura 2. La carcasa 7 está fabricada de un material cerámico.

El material cerámico consiste en más del 90 por ciento en peso de carburo de silicio y un resto de posibles sustancias residuales. El material cerámico comprende una primera capa 30 y una segunda capa 32. En una realización preferida, cada una de la primera capa 30 y la segunda capa 32 tiene un espesor de entre 0,1 y 3 mm, preferiblemente entre 0,5 mm y 1,5 mm.

Aunque el material cerámico en la presente realización de la invención comprende la primera capa 30 y la segunda capa 32, se debe indicar que sólo la primera capa 30 será suficiente para la función del canal 5 de combustible. Sin embargo, el uso de la segunda capa 32 mejorará la resistencia del canal 5 de combustible.

La primera capa 30 está construida por fibras 34 de carburo de silicio. Preferiblemente, las fibras 34 se hilan en cables 39, véase la figura 6, que muestra una estructura esquemática de un ejemplo de un cable 39. Cada cable es una colección de entre 200 y 2.000 fibras individuales 34 de carburo de silicio.

Cada fibra 34 tiene una superficie envolvente. La superficie envolvente está revestida con un recubrimiento reductor de fricción 36, ver la figura 5. El recubrimiento reductor de fricción 36 aumenta la ductilidad de la primera capa 30, por lo que permite el deslizamiento entre las fibras 34 o cables 39 y entre las fibras 34 o cables 39 y el posible material circundante. El recubrimiento reductor de fricción 36 es preferiblemente un material con una baja sección transversal de neutrones, tal como grafito, nitruro de boro, en el que el boro en el nitruro de boro tiene una composición isotópica principalmente de boro-11 y el nitruro en el nitruro de boro tiene una composición isotópica de principalmente nitrógeno-15, etcétera. Preferiblemente, las fibras 34 de carburo de silicio tienen un diámetro de entre 1 y 20 µm.

La primera capa 30 está formada preferiblemente mediante el enrollado de las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio alrededor de una forma, tal como una forma de grafito. Mediante en enrollado de las fibras 34 o cables 39 alrededor de la forma, se forman los cuatro lados de la carcasa 7 del canal 5 de combustible. La forma da el tamaño de la abertura superior e inferior, y el paso entre la abertura superior e inferior. Por lo tanto, las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio tienen una longitud que admite que las fibras 34 o cables 39 se enrollen alrededor de la forma. Alternativamente, hojas planas de material de cerámica se fabrican por medio de las cuales las fibras 34 o cables 39 se colocan en la forma. Las placas planas están unidas entre sí para formar la carcasa 7 del canal 5 de combustible. También placas de un material cerámico con formas dispuestas para ser unidas a los canales interiores 20 pueden fabricarse mediante una o más formas.

La primera capa 30 comprende un material de relleno 38 en un espacio hueco entre las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio. El material de relleno 38 comprende carburo de silicio con una estructura de material que difiere de la estructura del material de las fibras 34. Mediante el material de relleno 38 se aumenta la densidad de la primera capa 30. Por consiguiente, la primera capa 30 se construye como una estructura de material compuesto que comprende las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio y el material de relleno 38 de carburo de silicio. Las fibras 34 y el material de relleno 38 están al menos parcialmente separados entre sí mediante el recubrimiento reductor de fricción 36.

En una realización de la invención, el material de relleno 38 comprende carburo de silicio fabricado por medio de infiltración de vapor químico (CVI). En una realización alternativa, el material de relleno 38 está fabricado mediante la aplicación de un precursor de carburo de silicio en el espacio hueco entre las fibras 34 o los cables 39 de carburo de silicio. El precursor se transforma por medio de un proceso de transformación en carburo de silicio. El proceso de transformación se realiza calentando el precursor entre 1000°C y 2000°C.

La primera capa 30 comprende una capa primaria 30a y una capa secundaria 30b. Las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio en la capa primaria 30a están dispuestos en una primera dirección y las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio en la capa secundaria 30b están dispuestos en una segunda dirección. La primera y la segunda direcciones son no paralelas, véanse las figuras 4 y 5. En una realización de la invención, la primera capa 30, además de la capa primaria 30a y de la capa secundaria 30b comprende dos o más capas. Se observará que la figura 5 sólo es un dibujo esquemático respecto a la construcción de la carcasa 7 del canal 5 de combustible. Las fibras 34 o cables 39 pueden estar en desorden, de modo que las fibras vecinas 34 o los cables 39 se cruzan entre sí. Cada una de la capa primaria 30a, de la capa secundaria 30b y posibles capas adicionales también pueden comprender, además, en cada uno, otras fibras 34 o cables 39 superpuestos.

La segunda capa 32 opcional está dispuesta de manera que encierra al menos en parte la primera capa 30. En la realización descrita, la segunda capa 32 está colocada de modo que limita con un lado de la capa primaria 30a y con un lado de la capa secundaria 30b. La segunda capa 32, por consiguiente, está dividida en una primera subcapa 32a que limita con la capa primaria 30a y una segunda subcapa 32b que limita con la capa secundaria 30b, como se muestra en las figuras 3 y 4. Se deberá observar que la segunda capa 32 puede consistir simplemente en una subcapa que limita con cualquiera de la capa primaria 30a o la capa secundaria 30b.

La segunda capa 32 tiene una densidad que es mayor que la primera capa 30. De este modo, la segunda capa 32 forma una barrera que es impenetrable para el agua. Mediante la segunda capa 32, se encierra la porosidad que queda en la primera capa 30. Preferiblemente, la segunda capa 32 comprende principalmente carburo de silicio sin fibras 34 de carburo de silicio.

En una realización preferida de la invención, la segunda capa 32 está formada en conexión con el material de relleno 38, aplicada de modo que el material de relleno 38 llena el espacio hueco entre las fibras 34 o cables 39 de carburo de silicio en la primera capa 30. De esta manera, la misma etapa de fabricación se utiliza para formar el material de relleno 38 de la primera capa 30 y de la segunda capa 32.

Mediante el carburo de silicio se aumenta la estabilidad dimensional del canal 5 de combustible. La deformación permanente moderada que todavía puede surgir en el canal 5 de combustible, que comprende el material cerámico, se produce principalmente homogénea y, por lo tanto isotrópica, debido a las propiedades de corrosión y de irradiación del carburo de silicio. Por consiguiente, el carburo de silicio contribuye a reducir el problema con la curvatura de la canal 5 de combustible.

En una realización de la invención, el carburo de silicio se trata con una dosis de irradiación antes de la operación en el reactor de fisión. La irradiación del carburo de silicio proporciona una reducción adicional de la deformación permanente que pueda producirse en el canal 5 de combustible durante la operación en el reactor.

Por ejemplo, el canal 5 de combustible se irradia en su forma fabricada. Alternativamente, el carburo de silicio se irradia antes de o durante la fabricación del canal 5 de combustible. En una realización las fibras de carburo de silicio son irradiadas antes de la fabricación del canal 5 de combustible. En una realización alternativa, se irradia la primera capa 30 seguida por la segunda capa 32. En una realización alternativa, cada una de la capa primaria 30a, la capa secundaria 30b y posibles capas adicionales son irradiadas durante la fabricación de la primera capa 30. A continuación, la segunda capa 32 es irradiada.

Preferiblemente, el carburo de silicio se irradia con una dosis de irradiación que es inferior a 2 nvt, donde 1 nvt corresponde a 10^{21} neutrones/cm^2 con una energía mayor que 1 MeV. Preferiblemente, el componente de carburo de silicio se irradia con una dosis de irradiación entre 0,1 y 1 nvt.

La invención no se limita a la realización descrita, sino que puede variarse y modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes.

Por ejemplo, la carcasa 7 del canal 5 de combustible puede comprender una parte de carcasa exterior que forma cuatro lados exteriores del canal 5 de combustible y una parte de carcasa interior que forma uno o más canales interiores 20. Los canales 20 pueden ser de cualquier geometría.

La carcasa 7 del canal 5 de combustible se puede construir a partir de una o más secciones de pared, cuyas secciones de pared están fabricadas a partir de material cerámico. Las secciones de pared están unidas entre sí y forman juntas la carcasa 7 del canal 5 de combustible. Preferiblemente, las secciones de pared son planas o principalmente planas. De la misma manera, la parte de carcasa interior se puede unir entre sí por medio de secciones de pared formadas apropiadas.

REIVINDICACIONES

1. Un canal (5) de combustible que está dispuesto para estar comprendido por un elemento de combustible (1) para un reactor de fisión, en el que el elemento de combustible (1) comprende una entrada (9), una salida (11) y una pluralidad de barras de combustible (3) alargadas, cuyas barras de combustible (3) comprenden, cada una, un combustible nuclear y están dispuestas para transferir energía a un medio de circulación durante la operación del reactor de fisión, en el que el canal (5) de combustible comprende una carcasa (7) adaptada para rodear las barras de combustible (3) entre la entrada (9) y la salida (11), en el que la carcasa (7) está adaptada durante la operación del reactor de fisión para guiar el medio de circulación a lo largo de las barras de combustible (3) desde la entrada (9) a la salida (11) y ser sometido a irradiación de las barras de combustible (3), en el que la carcasa (7) del canal (5) de combustible está fabricada de un material cerámico, **caracterizado porque** el material cerámico consiste en más de un 90 por ciento en peso de carburo de silicio y un resto de posibles sustancias residuales.

2. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho material cerámico comprende una primera capa (30) que comprende fibras (34) de carburo de silicio.

3. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichas fibras (34) se hilan dando cables (39).

4. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, en el que cada una de las fibras (34) de carburo de silicio tiene una superficie envolvente, en el que las superficies envolventes de una parte importante de las fibras (34) comprende un recubrimiento reductor de fricción (36).

5. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el canal (5) de combustible comprende un eje longitudinal (L), en el que la primera capa (30) comprende una capa primaria (30a), en cuya capa primaria (30a) las fibras (34) están dispuestas principalmente a lo largo de una primera dirección.

6. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la primera dirección no es paralela con (5) el eje longitudinal del canal de combustible (L).

7. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, en el que la primera capa (30) comprende una capa secundaria (30b) a continuación de la capa primaria (30a), en el que la capa secundaria (30b) comprende fibras (34) de carburo de silicio, cuyas fibras (34) en la capa secundaria (30b) están dispuestas principalmente a lo largo de una segunda dirección, en el que la primera y la segunda direcciones son no paralelas.

8. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la primera y la segunda direcciones son no paralelas con el eje longitudinal (L) del canal (5) de combustible.

9. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en el que la primera capa (30) comprende un material de relleno (38) en un espacio hueco entre las fibras (34), cuyo material de relleno (38) comprende carburo de silicio, en el que las fibras (34) y el material de relleno (38) tienen diferentes estructuras de material.

10. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, en el que dicho material cerámico comprende una segunda capa (32) que comprende carburo de silicio, cuya capa segunda (32) limita con al menos un lado de la primera capa (30), en el que la primera capa (30) tiene una primera densidad y la segunda capa (32) tiene una segunda densidad, en el que la segunda densidad es mayor que la primera densidad.

11. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la segunda capa (32) comprende una primera subcapa (32a) y una segunda subcapa (32b), en el que la primera subcapa (32a) limita con un primer lado de la primera capa (30) y la segunda subcapa (32b) limita con un segundo lado de la primera capa (30).

12. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho carburo de silicio está tratado con una dosis de irradiación antes de la operación en el reactor de fisión, en el que la dosis de irradiación es tal que la irradiación inducida por deformación permanente de la carcasa (7) se reduce durante la operación del reactor de fisión.

13. Un canal (5) de combustible de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la dosis de irradiación de dicho carburo de silicio es menor de 2 nvt, preferiblemente entre 0,1 y 1 nvt.

14. Un canal (5) de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el canal (5) de combustible comprende uno o más canales interiores (20) para guiar el medio de circulación, cuyo canal (20) está fabricado de dicho material cerámico y puede ser de cualquier geometría.

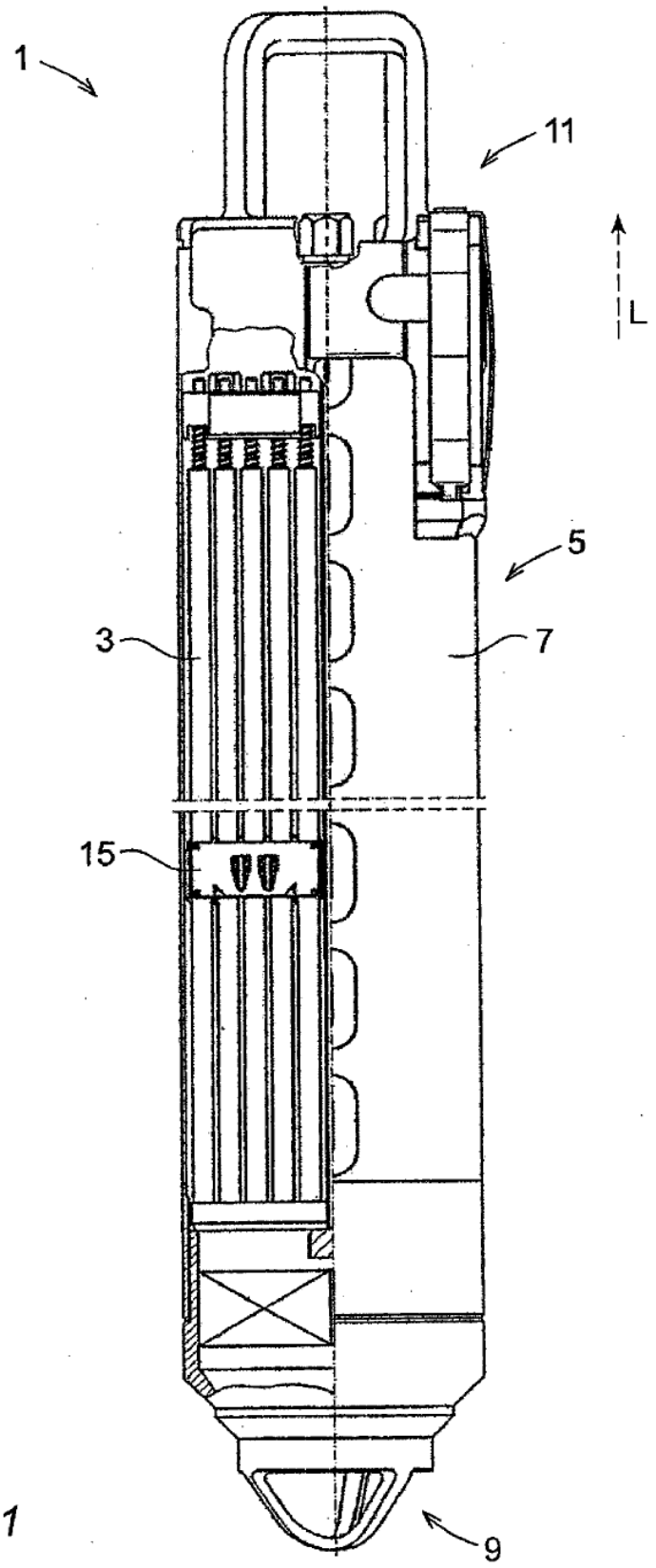

Fig. 1

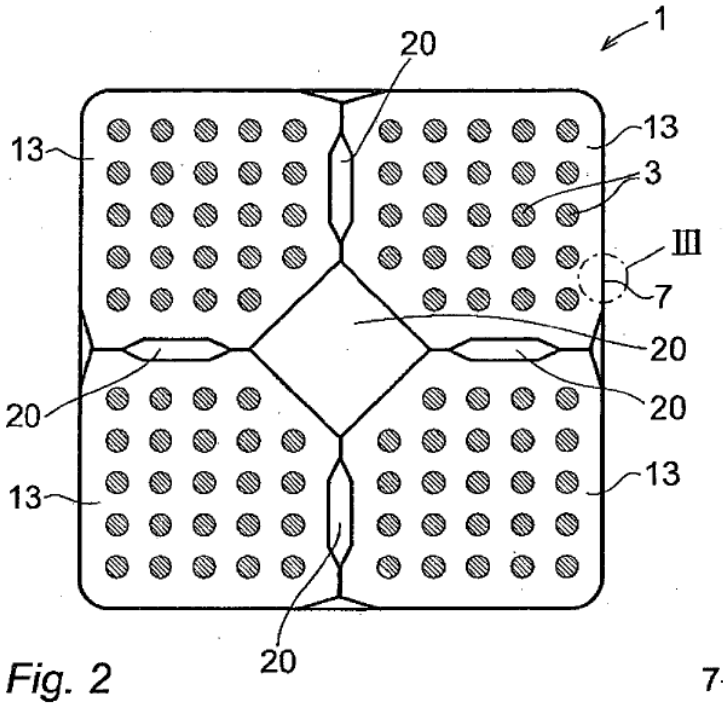

Fig. 2

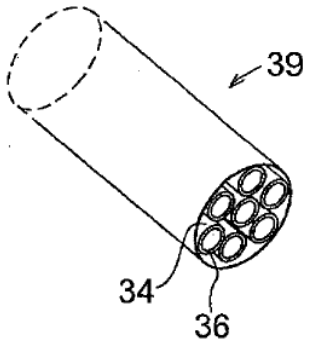

Fig. 6

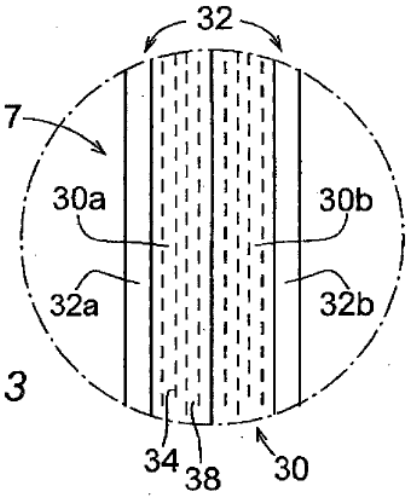

Fig. 3

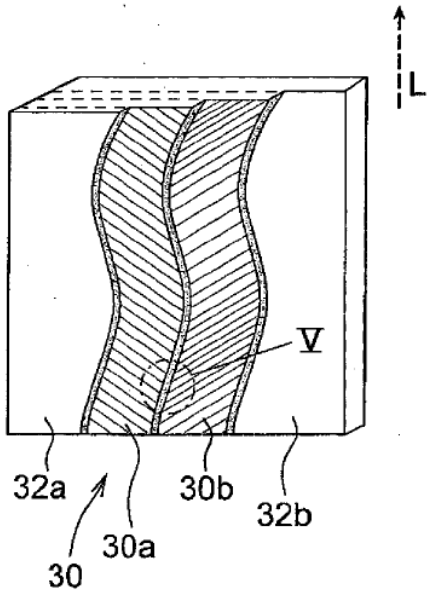

Fig. 4

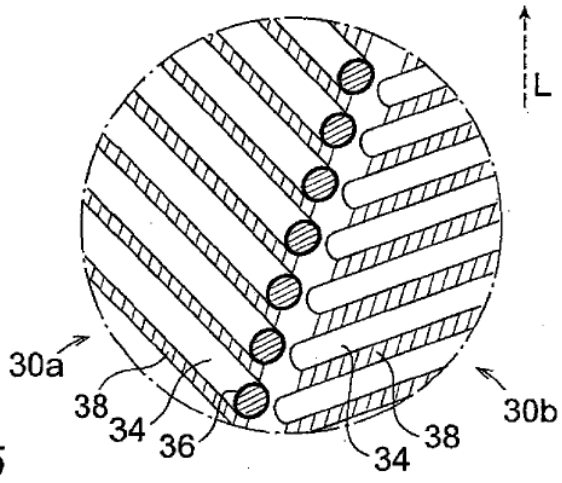

Fig. 5