(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 812 326**

(51) Int. CI.:

G21C 3/32 (2006.01)
G21C 3/322 (2006.01)
G21C 17/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2017 PCT/EP2017/053753**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2018 WO18046143**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2017 E 17706231 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3510602**

(54) Título: **Un conjunto de combustible**

(30) Prioridad:

06.09.2016 US 201662383754 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2021

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

HELMERSSON, STURE y
KING, JEREMY

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

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

Un conjunto de combustible

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un conjunto de combustible configurado para ser colocado en un reactor nuclear de agua, especialmente un reactor de agua pesada o un reactor de agua ligera, LWR, tal como un reactor de agua en ebullición, BWR, o un reactor de agua presurizada, PWR, de una central nuclear.

Con más precisión, la presente invención se refiere a un conjunto de combustible configurado para ser colocado en un reactor nuclear de agua, que comprende una parte menor aguas arriba que define un extremo aguas arriba, una parte menor aguas abajo que define un extremo aguas abajo, una parte principal que conecta la parte aguas arriba y la parte aguas abajo, una pluralidad de barras de combustible alargadas dispuestas en paralelo con un eje longitudinal que se extiende a través del extremo aguas arriba y del extremo aguas abajo, un espacio intermedio de flujo entre el extremo aguas arriba y el extremo aguas abajo, el espacio intermedio de flujo que está configurado para permitir un flujo de refrigerante a través del conjunto de combustible a lo largo de una dirección de flujo desde el extremo aguas arriba hasta el extremo aguas abajo en contacto con las barras de combustible, y al menos un tubo alargado que forma un paso interno que se extiende a través de la parte principal en paralelo con las barras de combustible y que permite una corriente del refrigerante a través del paso interno, en donde el tubo alargado comprende un fondo, una entrada al paso interno en la parte aguas arriba y una salida del paso interno en la parte aguas abajo.

El propósito del tubo alargado, que permite una corriente del refrigerante a través del paso interno, puede ser proporcionar agua moderadora no en ebullición en el conjunto de combustible, o proporcionar una guía para una barra de control a ser introducida en el conjunto de combustible cuando la operación del reactor nuclear de agua se ha de interrumpir.

El tubo alargado puede tener diferentes formas de sección transversal, tales como una forma circular, una forma ovalada, una forma poligonal, una forma cruciforme, etc.

Antecedentes de la invención y técnica anterior

El documento US 2003/0128798 describe un conjunto de combustible para un reactor nuclear de agua. El conjunto de combustible comprende una placa de unión inferior con una placa de cribado colocada debajo de una sección de red en la cavidad de placa de unión inferior. La placa de cribado está dispuesta de manera sustancialmente horizontal de modo que la placa de unión inferior esté dividida en partes superior e inferior por la placa de cribado. Los filtros tubulares están unidos a la placa de cribado de modo que los filtros tubulares tengan aberturas debajo y encima de la placa de cribado. Los extremos superiores de los filtros tubulares están cerrados.

El documento US 6.175.606 describe un conjunto de combustible para un reactor nuclear, que comprende una pluralidad de barras de combustible y un filtro de desechos, que se proporciona en el flujo de refrigerante entre un extremo aguas arriba y las barras de combustible, y configurado para atrapar partículas de desechos en el flujo de refrigerante. El dispositivo de filtro comprende una pluralidad de agujeros pasantes para el refrigerante.

El documento EP 0 798 745 A1 describe un conjunto de combustible nuclear adicional que comprende una barra de agua que tiene un tubo interno.

El propósito del refrigerante en un reactor nuclear de agua es funcionar como fluido refrigerante y moderador. Es importante asegurar un flujo del refrigerante a través del conjunto de combustible con el fin de asegurar un enfriamiento adecuado del combustible y una moderación adecuada de los neutrones.

El propósito de los filtros tubulares y el filtro de desechos, tratado anteriormente, es atrapar partículas de desechos en el refrigerante y, de este modo, evitar que las partículas de desechos sean atrapadas en una posición más alta en el conjunto de combustible, especialmente en los separadores donde las partículas de desechos pueden causar la corrosión del revestimiento de las barras de combustible. La corrosión puede dar como resultado un defecto primario, un pequeño orificio a través del revestimiento y, en una etapa posterior, un defecto secundario, es decir, la rotura de la barra de combustible, lo que puede causar fugas de uranio en el refrigerante. En caso de un defecto secundario, la operación del reactor tiene que ser interrumpida y la barra de combustible fallida tiene que ser sustituida. Tal sustitución lleva mucho tiempo y es costosa. Las partículas de desechos en el refrigerante, por supuesto, también pueden causar defectos a otros componentes en una central nuclear, por ejemplo, las bombas.

Los filtros de desechos, usados en los conjuntos de combustible que se comercializan y se venden hoy en día, están dimensionados para atrapar partículas de desechos por encima de un cierto tamaño, por ejemplo, aproximadamente 7 mm si las partículas son partículas de alambre. Las partículas de desechos más pequeñas se consideran inofensivas y/o tienen una baja probabilidad de quedar atrapadas en los separadores. Un problema es que esas partículas de desechos más pequeñas circularán indefinidamente, y aunque la probabilidad de quedar atrapada es

baja, las partículas de desechos tendrán millones de oportunidades de quedar atrapadas. No hay ningún sumidero natural para tales partículas de desechos más pequeñas circulantes en el reactor.

Compendio de la invención

El objeto de la presente invención es remediar los problemas tratados anteriormente y proporcionar un sumidero natural para partículas de desechos, en particular partículas de desechos pequeñas que no se atrapan por el filtro de desechos.

Este objeto se logra mediante el conjunto de combustible definido inicialmente, que se caracteriza por

que el tubo alargado comprende una tubería de entrada que forma la entrada,

que la tubería de entrada tiene un extremo de entrada y un extremo de salida,

que el extremo de salida está situado dentro de paso interno a una distancia de al menos 0,2 m aguas abajo del fondo y a lo sumo 1 m aguas abajo del fondo,

formando por ello un espacio en el paso interno entre el extremo de salida y el fondo.

Por medio de tal tubería de entrada que se extiende hacia el tubo alargado, las partículas de desechos, en particular las partículas de desechos pequeñas, que se llevan por el refrigerante al paso interno, se pueden atrapar, de una manera eficiente, en el espacio inmediatamente por encima del fondo del tubo alargado.

Cuando se sale del extremo de salida de la tubería de entrada y se entra en el paso interno, se formará una estela o subpresión local en paso interno que permite que cualquier posible partícula sea separada de la corriente de refrigerante y sea hundida hacia el fondo en el espacio, donde permanecerán. Se evitará, de este modo, que causen cualquier defecto al conjunto de combustible y a cualquier componente adicional de la central nuclear.

Según una realización de la invención, el tubo alargado tiene un diámetro interno, en donde la tubería de entrada en el extremo de salida tiene un diámetro externo que es menor que el diámetro interno del tubo alargado. En consecuencia, la tubería de entrada tendrá un área de flujo que es más pequeña que el área de flujo del paso interno y, de este modo, la velocidad de la corriente de refrigerante disminuirá cuando el refrigerante entre en el paso interno, causando una caída de presión. De tal forma se asegurará dicha estela o subpresión local.

Según una realización adicional de la invención, el extremo de entrada forma una abertura que se extiende a lo largo o en un plano que no es paralelo al eje longitudinal. La abertura del extremo de entrada de la tubería de entrada se dirigirá, de este modo, hacia el flujo de refrigerante, lo que asegura la entrada de una corriente significativa de refrigerante en la tubería de entrada y en el paso interno. Ventajosamente, el plano de la abertura puede extenderse transversalmente al eje longitudinal y, de este modo, al flujo de refrigerante. En particular, el plano de la abertura puede ser perpendicular, o sustancialmente perpendicular, al eje longitudinal.

Según una realización adicional de la invención, la tubería de entrada se extiende a través del fondo. Esto es ventajoso desde un punto de vista de fabricación. Además, tal extensión de la tubería de entrada puede minimizar el espacio requerido para la tubería de entrada fuera del tubo alargado y, de este modo, cualquier influencia negativa en el flujo de refrigerante.

Según una realización adicional de la invención, el espacio es un espacio anular alrededor de la tubería de entrada.

Según una realización adicional de la invención, la tubería de entrada es concéntrica con el tubo alargado.

Según una realización adicional de la invención, el tubo alargado comprende un tapón de extremo inferior que forma dicho fondo, en donde la tubería de entrada se extiende a través del tapón de extremo inferior. La tubería de entrada y el tapón de extremo inferior pueden formar, de este modo, un elemento común, que se puede unir al extremo del tubo alargado de una manera conveniente.

Según la invención, el extremo de salida está situado a una distancia de al menos 0,2 m aguas abajo del fondo. De este modo, el espacio tendrá una altura de al menos 0,2 m, que se considera suficiente para crear una subpresión suficiente para permitir que las posibles partículas de desechos se hundan hacia el fondo del tubo alargado. Preferiblemente, la distancia es de al menos 0,3 m, más preferiblemente de al menos 0,4 m y lo más preferiblemente de al menos 0,5 m.

Según una realización adicional de la invención, el tubo alargado es cilíndrico.

Según una realización adicional de la invención, el tubo alargado puede tener una sección transversal circular. No obstante, el tubo alargado puede tener cualquier sección transversal posible, tal como una sección transversal ovalada, una sección transversal cuadrada o rectangular, una sección transversal triangular, una sección transversal poligonal o una sección transversal cruciforme.

Según una realización adicional de la invención, el tubo alargado comprende al menos un imán proporcionado para atraer material magnético hacia el fondo. Tal al menos un imán puede comprender un imán permanente, pero también puede ser posible un electroimán.

Según una realización adicional, el al menos un imán puede comprender uno, dos, tres, cuatro o incluso más imanes dispuestos en el fondo del tubo alargado.

Según una realización adicional de la invención, el conjunto de combustible comprende un filtro de desechos en o en la parte menor aguas arriba, aguas arriba de las barras de combustible. Tal filtro de desechos atrapará todas las partículas de desechos por encima de un cierto tamaño.

Según una realización adicional de la invención, el extremo de entrada está situado aguas arriba del filtro de deshechos. En este caso, la tubería de entrada se extenderá, de este modo, a través del filtro de desechos. Todas las partículas de desechos se pueden recoger, de este modo, en el espacio del tubo alargado.

Según una realización adicional de la invención, el extremo de entrada está situado aguas abajo del filtro de desechos. En esta variante, solamente las partículas de desechos no atrapadas por el filtro de desechos, es decir, partículas de desechos relativamente pequeñas, se recogerán en el espacio del tubo alargado.

Según una realización adicional de la invención, el conjunto de combustible está configurado para ser colocado en un reactor de agua en ebullición, en donde el tubo alargado comprende una barra de agua para transportar agua no en ebullición a través de paso interno.

Según una realización adicional de la invención, el conjunto de combustible comprende al menos dos tubos alargados, cada uno que comprende una barra de agua para transportar agua no en ebullición a través del paso interno respectivo. Por ejemplo, el conjunto de combustible puede comprender tres tubos alargados, cada uno que comprende una barra de agua para transportar agua no en ebullición a través del paso interno respectivo.

Según una realización adicional de la invención, el conjunto de combustible está configurado para ser colocado en un reactor de agua a presión, en donde el tubo alargado comprende un tubo guía para recibir una barra de control. Por ejemplo, el conjunto de combustible puede comprender una pluralidad de tubos alargados, cada uno que comprende un tubo guía para recibir una barra de control respectiva.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ha de explicar ahora más de cerca a través de una descripción de diversas realizaciones y con referencia a los dibujos adjuntos a la misma.

La Fig. 1 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de un conjunto de combustible según una primera realización y una segunda realización de la invención.

La Fig. 2 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de una parte de un tubo alargado del conjunto de combustible en la Fig. 1.

La Fig. 3 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de una parte de un tubo alargado de un conjunto de combustible según una tercera realización de la invención.

La Fig. 4 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de una parte de un tubo alargado de un conjunto de combustible según una cuarta realización de la invención.

La Fig. 5 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de una parte de un tubo alargado de un conjunto de combustible según una quinta realización de la invención.

La Fig. 6 describe esquemáticamente una sección longitudinal a través de un conjunto de combustible según una sexta y una séptima realización de la invención.

Descripción detallada de diversas realizaciones

La Fig. 1 describe una primera realización de un conjunto de combustible 1 configurado para ser colocado en un reactor nuclear de agua y, con más precisión, en un reactor de agua en ebullición, BWR. El conjunto de combustible 1 tiene una forma alargada y se extiende a lo largo de un eje longitudinal x entre un extremo aguas arriba 1a y un extremo aguas abajo 1b del conjunto de combustible 1. Durante el uso normal del conjunto de combustible 1 en el reactor, el extremo aguas arriba 1a forma un extremo inferior, mientras que el extremo aguas abajo 1b forma un extremo superior del conjunto de combustible 1.

Una pluralidad de barras de combustible alargadas 2 está dispuesta en paralelo con el eje longitudinal x. Cada barra de combustible 2 comprende un tubo de revestimiento y combustible nuclear (no descrito), por ejemplo en forma de aglomerados de combustible, contenidos en el tubo de revestimiento.

Las barras de combustible 2 pueden comprender barras de combustible de longitud completa y barras de combustible de longitud parcial. Las barras de combustible de longitud parcial pueden tener, por ejemplo, una longitud que es 1/3 y/o 2/3 de la longitud de las barras de combustible de longitud completa. Solamente las barras de combustible de longitud completa se muestran en la Fig. 1.

El conjunto de combustible 1 comprende una parte menor aguas arriba 3 que define el extremo aguas arriba 1a, y una parte menor aguas abajo 4 que define el extremo aguas abajo 1b. Se proporciona una parte principal 5 entre y conecta la parte menor aguas arriba 3 y la parte menor aguas abajo 4. Los límites entre la parte principal 5 y la parte menor aguas arriba 3, y entre la parte principal 5 y la parte menor aguas abajo 4 se indican mediante líneas transversales discontinuas en la Fig. 1.

La parte principal 5 tiene una longitud axial que es más larga que la longitud axial de cada una de la parte menor aguas arriba 3 y la parte menor aguas abajo 4.

La longitud axial de la parte principal 5 también puede ser más larga que la suma de las longitudes axiales de la parte menor aguas arriba 3 y de la parte menor aguas abajo 4.

El conjunto de combustible 1 define un espacio intermedio de flujo 6 entre el extremo aguas arriba 1a y el extremo aguas abajo 1b. El espacio intermedio de flujo 6 está configurado para permitir un flujo de refrigerante a través del conjunto de combustible 1 a lo largo de una dirección de flujo F desde el extremo aguas arriba 1a al extremo aguas abajo 1b en contacto con las barras de combustible 2.

En la primera realización, el conjunto de combustible 1 también comprende dos tubos alargados 7 que forman un paso interno 8 respectivo, véase la Fig. 2, que se extiende a través de la parte principal 5 en paralelo con las barras de combustible 2. Los tubos alargados 7 permiten una corriente del refrigerante a través del paso interno 8 respectivo. En la primera realización, los tubos alargados 7 forman las denominadas barras de agua que encierran la corriente de refrigerante, especialmente de agua no en ebullición. Se debería observar que el número de tubos alargados 7 puede ser otro distinto de dos, por ejemplo, uno, tres, cuatro, cinco, seis o más.

En la primera realización, los tubos alargados 7 son cilíndricos. En particular, los tubos alargados 7 pueden tener una sección transversal circular.

Las barras de combustible 2 se sostienen por medio de separadores 9 de una manera conocida por sí misma. En la primera realización, los separadores 9 están unidos a los tubos alargados 7.

El conjunto de combustible 1 de la primera realización también comprende una carcasa 10 que encierra las barras de combustible 2, los separadores 9 y el espacio intermedio de flujo 6.

Los tubos alargados 7 están unidos a una placa inferior 11 proporcionada debajo de las barras de combustible 2.

Además, los tubos alargados 7 también pueden estar unidos a una placa superior 12 en el extremo aguas abajo 1a. La placa superior 12 comprende un asa 13. La placa inferior 11, los tubos alargados 7, la placa superior 12 y los separadores 9 forman una estructura de soporte. La estructura de soporte se puede elevar a través del asa 13 y soporta el peso de las barras de combustible 2.

En la primera realización, cada tubo alargado 7 comprende una parte de tubo 7a unida a la placa inferior 11, y una parte sólida 7b que forma una barra masiva unida a la placa superior 12 como se puede ver en la Fig. 1.

El conjunto de combustible 1 comprende una pieza inferior 14, designada frecuentemente como una pieza de transición. La pieza inferior 14 se extiende al extremo aguas arriba 1a y define una abertura de entrada 15 para el flujo de refrigerante. La pieza inferior 14 puede estar unida a la placa inferior 11 o a la carcasa 10.

El conjunto de combustible 1 comprende un filtro de desechos 16 a o en la parte menor aguas arriba 3 aguas arriba de las barras de combustible 2. El filtro de desechos 16 se proporciona entre el extremo aguas arriba 1a y las barras de combustible 2. En la primera realización, el filtro de desechos 16 se proporciona entre el extremo aguas arriba 1a y la placa inferior 8. El filtro de desechos 16 se puede soportar o unir a la pieza inferior 11.

En la primera realización, cada uno de los tubos alargados 7 comprende un fondo 20, una entrada 21 al paso interno 8 en la parte menor aguas arriba 3 y una salida 22 del paso interno 8 en la parte menor aguas abajo 4. La salida 22 está situada en el extremo aguas abajo de la parte de tubo 7a del tubo alargado 7.

El tubo alargado 7 también comprende una tubería de entrada 23, que forma la entrada 21 al paso interno 8, como se puede ver en la Fig. 2. Ventajosamente, el área de flujo de la entrada 21 es más pequeña que el área de flujo de la salida 22.

La tubería de entrada 23 tiene un extremo de entrada 24 y un extremo de salida 25. El extremo de salida 25 está situado dentro del paso interno 8 a una distancia del fondo 20. De tal forma, un espacio 26 está formado en el paso interno 8 entre el extremo de salida 25 y el fondo 20.

El tubo alargado 7 tiene un diámetro interno D. La tubería de entrada 23 en el extremo de salida 25 tiene un diámetro externo d, que es más pequeño que el diámetro interno D del tubo alargado 7.

El extremo de entrada 24 de la tubería de entrada 23 forma una abertura que se extiende a lo largo de un plano p que no es paralelo al eje longitudinal x. En la primera realización, el plano p es perpendicular al eje longitudinal x.

En la primera realización, la tubería de entrada 23 se extiende a través del fondo 20 del tubo alargado 7, y especialmente concéntricamente a través del fondo 20.

En la primera realización, el espacio 26 mencionado anteriormente es un espacio anular alrededor de la tubería de entrada 23 del tubo alargado 7.

El tubo alargado 7 comprende un tapón de extremo inferior 27, que forma el fondo 20. La tubería de entrada 23 se extiende de este modo a través del tapón de extremo inferior 27. La tubería de entrada 23 y el tapón de extremo inferior 27 pueden formar un elemento común, que está unido al extremo del tubo alargado 7, por ejemplo estando insertado y soldado.

El extremo de salida 25 de la tubería de entrada 23 está situado a una distancia del fondo 20. Según la invención, el extremo de salida 25 está situado al menos 0,2 m, aguas abajo del fondo 20.

Más específicamente, la distancia aguas abajo del fondo 20 puede ser de al menos 0,3 m, de al menos 0,4 m o de al menos 0,5 m.

Según la invención, la distancia aguas abajo del fondo 20 es a lo sumo 1 m.

Además, el tubo alargado 7 puede comprender opcionalmente al menos un imán 28 proporcionado para atraer material magnético, es decir, partículas de desechos magnéticos, hacia el fondo 20. En la primera realización, se indican dos imanes 28, pero se pueden proporcionar uno, tres, cuatro, cinco o incluso más imanes cerca del fondo 20. Los imanes están situados en el espacio 26. Los imanes 28 pueden ser imanes permanentes.

El imán o los imanes 28 pueden tener cualquier forma adecuada, por ejemplo, sería posible un imán anular proporcionado alrededor de la tubería de entrada 28.

En la primera realización, el extremo de entrada 24 de la tubería de entrada 23 está situado aguas arriba del filtro de desechos 16. Esto se ilustra para la tubería de entrada 23 a la derecha en la Fig. 1.

En una segunda realización, el extremo de entrada 24 de la tubería de entrada 23 está situado aguas abajo del filtro de desechos 16. Esto se ilustra para la tubería de entrada 23 a la izquierda en la Fig. 1. En la segunda realización, el extremo de entrada se puede situar en un lado aguas arriba de la placa inferior 11.

La Fig. 3 ilustra una tercera realización, que difiere de la primera realización en que la tubería de entrada 23 se extiende excéntricamente en el espacio interno 8 del tubo alargado 7. Además, el extremo de entrada 24 de la tubería de entrada 23 está situado en la superficie aguas arriba del tapón inferior 27. El extremo de entrada 24 está situado de este modo aguas abajo del filtro de desechos 16, y posiblemente también aguas abajo de la placa inferior 11 dependiendo de cómo se une el tubo alargado 7 a la placa inferior 11.

La Fig. 4 ilustra una cuarta realización, que difiere de la primera realización en que la tubería de entrada 23 está curvada o en ángulo. La tubería de entrada 23 se extiende a través del lado del tubo alargado 7 al paso interno 8, como se puede ver en la Fig. 4. El espacio 26 no es, de este modo, anular.

La Fig. 5 ilustra una quinta realización, que difiere de la primera realización en que la tubería de entrada 23 está curvada o en ángulo. No obstante, la tubería de entrada 23 se extiende excéntricamente a través del fondo 20, y a través del tapón inferior 27. Además, el extremo de salida 25 de la tubería de entrada 23 se extiende verticalmente, o sustancialmente verticalmente.

Se ha de observar que la configuración de la tubería de entrada 23 se puede modificar aún más. Especialmente, todas las diversas características de la tubería de entrada 23 y su unión al tubo alargado 7 mostrado en la primera a quinta realizaciones se pueden combinar unas con otras.

La Fig. 6 ilustra una sexta realización, que difiere de la primera realización en que el conjunto de combustible 1 está configurado para ser colocado en un reactor de agua a presión.

Se debería observar que los mismos signos de referencia se han usado para elementos similares o correspondientes en todas las realizaciones descritas.

También, el conjunto de combustible 1 según la sexta realización tiene una forma alargada y se extiende a lo largo de un eje longitudinal x entre un extremo aguas arriba 1a y un extremo aguas abajo 1b del conjunto combustible 1. Durante el uso normal del conjunto combustible 1 en el reactor, el extremo aguas arriba 1a forma un extremo inferior

y el extremo aguas abajo 1b forma un extremo superior del conjunto combustible 1. Se proporciona un espacio intermedio de flujo 6 entre el extremo aguas arriba 1a y el extremo aguas abajo 1b.

Se proporciona una pluralidad de barras de combustible 2 en el espacio intermedio de flujo 6 entre el extremo aguas arriba 1a y el extremo aguas abajo 1b. Las barras de combustible 2 se sostienen por medio de separadores 9. En la sexta realización, los separadores 9 están unidos a una serie de tubos alargados 37, dos de los cuales se muestran en la Fig. 6. Los tubos alargados 37 forman un paso interno 8 respectivo que se extiende a través de una parte principal 5 en paralelo con las barras de combustible 2 y permitiendo una corriente del refrigerante a través de paso interno 8. Cada tubo alargado 37 forma un denominado tubo guía configurado para recibir una barra de control cuando la operación del PWR se ha de interrumpir. Las barras de control se introducen en los tubos alargados 37 desde el extremo aguas abajo 1b, es decir, desde arriba.

A diferencia de un conjunto de combustible 1 para un BWR, el conjunto de combustible 1 según la sexta realización no tiene carcasa, pero todavía comprende el espacio intermedio de flujo 6 como se ha explicado anteriormente.

Los tubos alargados 37 están unidos a una placa inferior 11 proporcionada debajo de las barras de combustible 2, y a una placa superior 12 en el extremo aguas abajo 1a. La placa inferior 11, los tubos alargados 7, la placa superior 12 y los separadores 9 forman una estructura de soporte que soporta el peso de las barras de combustible 2.

El conjunto de combustible 1 también comprende una pieza inferior 14. La pieza inferior 14 se extiende hasta el extremo aguas arriba 1a y define la entrada 15 para el flujo de refrigerante. La pieza inferior 14 puede estar unida a la placa inferior 12.

El conjunto de combustible 1 de la sexta realización también comprende un filtro de desechos 16 en la parte menor aguas arriba 3 aguas arriba de las barras de combustible 2.

Como se ha explicado anteriormente en conexión con las realizaciones anteriores, cada uno de los tubos alargados 37 según la sexta realización comprende un fondo 20, una entrada 21 al paso interno 8 en la parte menor aguas arriba 3 y una salida 22 del paso interno 8 en la parte menor aguas abajo 4.

El tubo alargado 37 también comprende una tubería de entrada 23, que forma la entrada 21 al paso interno 8, como se puede ver en la Fig. 2. Ventajosamente, el área de flujo de la entrada 21 es más pequeña que el área de flujo de la salida 22.

La tubería de entrada 23 tiene un extremo de entrada 24 y un extremo de salida 25. El extremo de salida 25 está situado dentro del paso interno 8 a una distancia del fondo 20. De tal forma, se forma un espacio 26 en el paso interno 8 entre el extremo de salida 25 y el fondo 20.

Se debería observar que la configuración de la tubería de entrada 23 y la disposición de la tubería de entrada 23 en el tubo alargado 37 en la sexta realización pueden ser como en la primera a quinta realizaciones descritas en las Figs. 2-5 y tratadas anteriormente.

La presente invención no se limita a las realizaciones descritas, sino que se puede variar y modificar dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de combustible (1) configurado para ser colocado en un reactor nuclear de agua, que comprende

una parte menor aguas arriba (3) que define un extremo aguas arriba (1a),

una parte menor aguas abajo (4) que define un extremo aguas abajo (1b),

una parte principal (5) que conecta la parte menor aguas arriba (3) y la parte menor aguas abajo (4),

una pluralidad de barras de combustible alargadas (2) dispuestas en paralelo con un eje longitudinal (x) que se extiende a través del extremo aguas arriba (1a) y el extremo aguas abajo (1b),

un espacio intermedio de flujo (6) entre el extremo aguas arriba (1a) y el extremo aguas abajo (1b), el espacio intermedio de flujo (6) que está configurado para permitir un flujo de refrigerante a través del conjunto de combustible (1) a lo largo de una dirección de flujo (F) desde el extremo aguas arriba (1a) hasta el extremo aguas abajo (1b) en contacto con las barras de combustible (2), y

al menos un tubo alargado (7; 37) que forma un paso interno (8) que se extiende a través de la parte principal (5) en paralelo con las barras de combustible (2) y que permite una corriente del refrigerante a través del paso interno (8),

en donde el tubo alargado (7; 37) comprende un fondo (20), una entrada (21) al paso interno (8) en la parte menor aguas arriba (3) y una salida (22) del paso interno (8) en la parte menor aguas abajo (4),

caracterizado por

que el tubo alargado (7; 37) comprende un tubería de entrada (23) que forma la entrada (21),

que la tubería de entrada (23) tiene un extremo de entrada (24) y un extremo de salida (25),

que el extremo de salida (25) está situado dentro del paso interno (8) a una distancia de al menos 0,2 m aguas abajo del fondo (20) y a lo sumo 1 m aguas abajo del fondo (20), formando por ello un espacio (26) en el paso interno (8) entre el extremo de salida (25) y el fondo (20).

2. Un conjunto de combustible según la reivindicación 1, en donde el tubo alargado (7; 37) tiene un diámetro interno (D) y en donde la tubería de entrada (23) en el extremo de salida (25) tiene un diámetro externo (d) que es más pequeño que el diámetro interno (D) del tubo alargado (7; 37).

3. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el extremo de entrada (24) forma una abertura que se extiende a lo largo de un plano que no es paralelo al eje longitudinal (x).

4. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la tubería de entrada (23) se extiende a través del fondo (20).

5. Un conjunto de combustible según la reivindicación 4, en donde el espacio (26) es un espacio anular alrededor de la tubería de entrada (23).

6. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 4 y 5, en donde el tubo alargado (7; 37) comprende un tapón de extremo inferior (27) que forma dicho fondo (20) y en donde la tubería de entrada (23) se extiende a través del tapón de extremo inferior (27).

7. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo alargado (7; 37) es cilíndrico.

8. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tubo alargado (7; 37) comprende al menos un imán (28) proporcionado para atraer material magnético hacia el fondo (20).

9. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el conjunto de combustible (1) comprende un filtro de desechos (16) en la parte menor aguas arriba (3) aguas arriba de las barras de combustible (2).

10. Un conjunto de combustible según la reivindicación 9, en donde el extremo de entrada (24) está situado aguas arriba del filtro de desechos (16).

11. Un conjunto de combustible según la reivindicación 9, en donde el extremo de entrada (24) está situado aguas abajo del filtro de desechos.

12. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el conjunto de combustible (1) está configurado para ser colocado en un reactor de agua en ebullición, y en donde el tubo alargado (7) forma una barra de agua para transportar agua no en ebullición a través del paso interno (8).

13. Un conjunto de combustible según la reivindicación 12, en donde el conjunto de combustible (1) comprende al menos dos tubos alargados (7) cada uno que forma una barra de agua para transportar agua no en ebullición a través del paso interno (8) respectivo.

14. Un conjunto de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el conjunto de combustible (1) está configurado para ser colocado en un reactor de agua a presión, y en donde el tubo alargado (37) forma un tubo guía para recibir una barra de control.

Fig 1

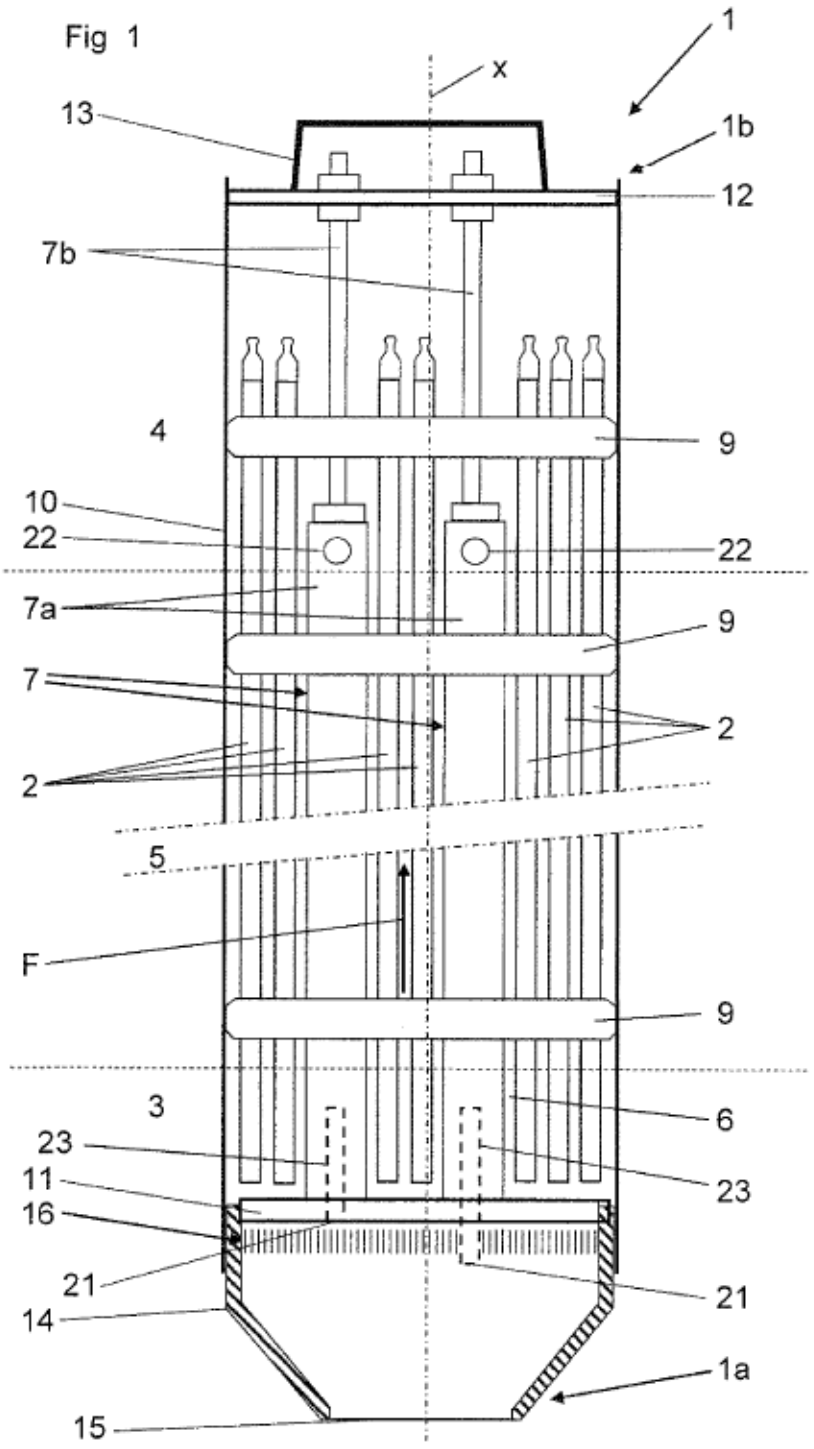

Fig 2

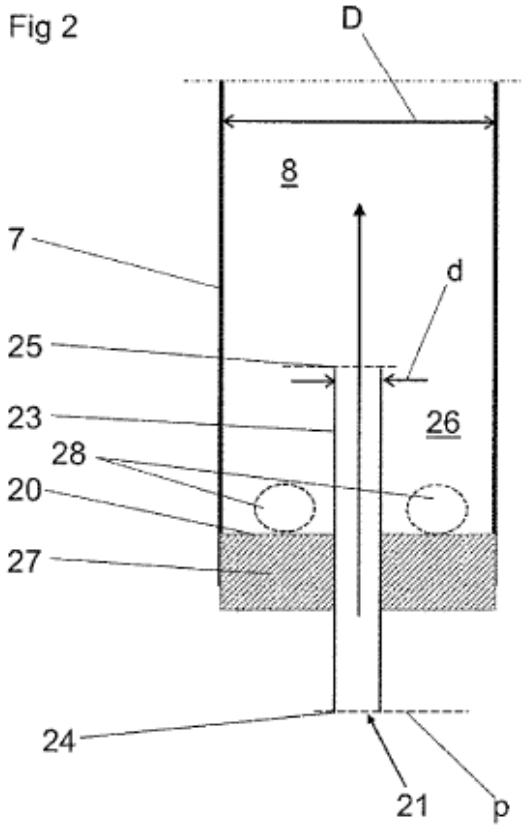

Fig 3

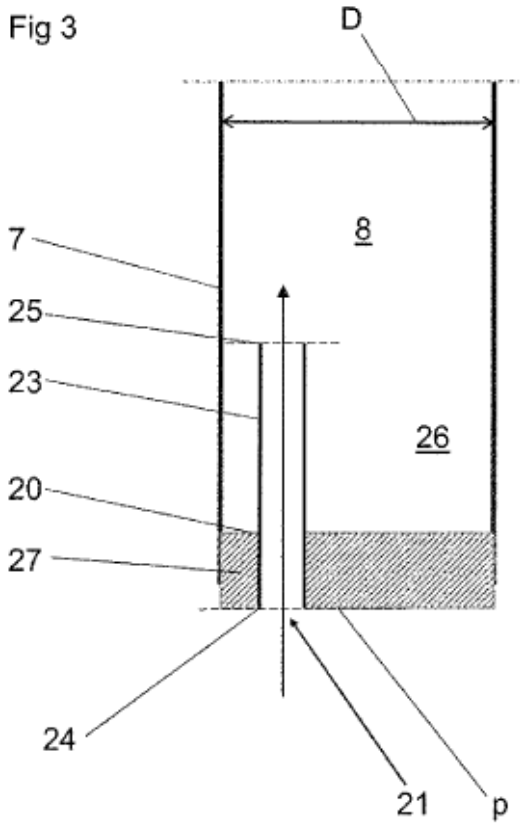

Fig 4

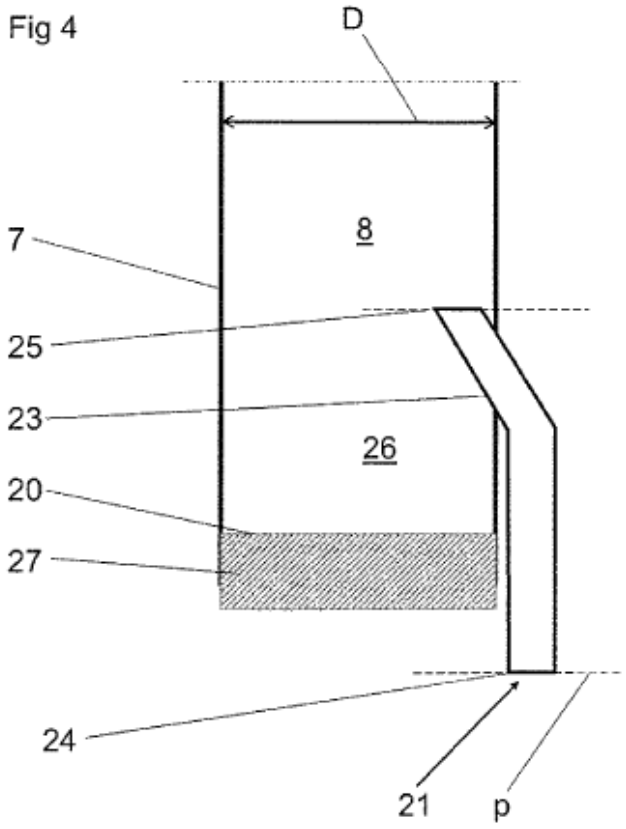

Fig 5

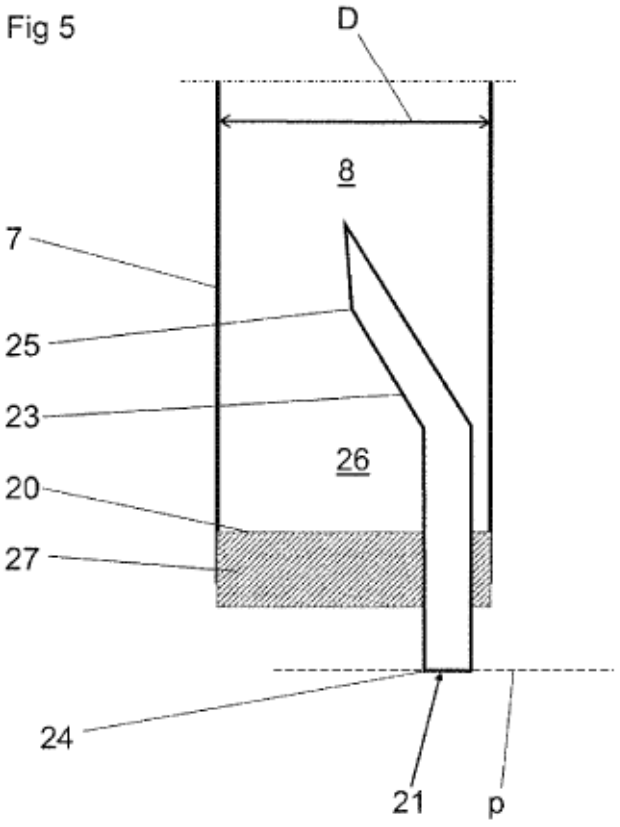
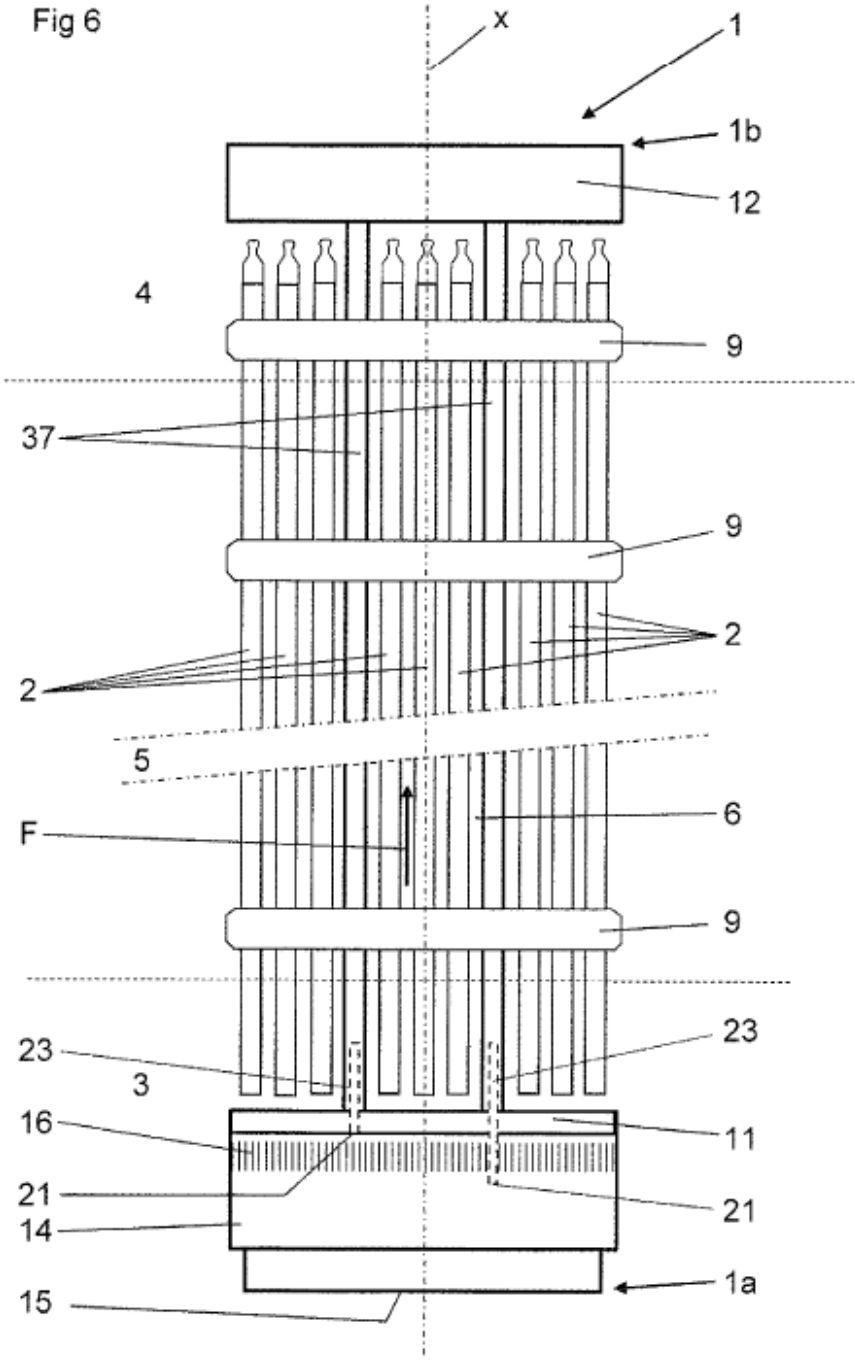
Fig 6