



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 302 769**

51 Int. Cl.:
G21C 3/32 (2006.01)
G21C 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02006566 .0**
86 Fecha de presentación : **21.03.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1248271**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.10.2002**

54 Título: **Conjunto de combustible.**

30 Prioridad: **05.04.2001 JP 2001-107148**
26.04.2001 JP 2001-129035
22.01.2002 JP 2002-13333

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2008

73 Titular/es: **MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, Ltd.**
16-5, Konan 2-chome
Minato-ku, Tokyo 108-8215, JP

72 Inventor/es: **Yamada, Masahiko y**
Nunokawa, Koichi

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 302 769 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).

ES 2 302 769 T3

DESCRIPCIÓN

Conjunto de combustible.

5 La presente invención se refiere a un conjunto de combustible utilizado en un reactor nuclear.

10 Un ejemplo de un reactor nuclear ampliamente utilizado hoy día para la generación de energía incluye un reactor de agua a presión (referido de aquí en adelante como "PWR"). Un conjunto de combustible empleado por el PWR se describe en la Solicitud EP-A-0 971 364 de esta misma entidad solicitante. Dicho conjunto de combustible es en general un conjunto de combustible sin vaina y sin tubo envolvente. La estructura del conjunto de combustible sin vaina será descrita de forma breve. Toberas superior e inferior que tienen cada una de ellas una pluralidad de agujeros de flujo de refrigerante están conectadas entre sí con una pluralidad de tubos de guía de las barras de control que se extienden paralelamente entre sí.

15 Más concretamente, los extremos superiores de los tubos de guía de las barras de control, es decir, los así llamados dedales de guía. Están conectados mecánicamente a la tobera superior, y sus extremos inferiores están también conectados mecánicamente a la tobera inferior. Estos dedales de guía aceptan respectivamente las barras de control alargadas y delgadas de un grupo de barras de control. Dependiendo de la posición de carga del conjunto de combustible en el núcleo, los dedales de guía no aceptan las barras de control dado que las mismas no están situadas en las posiciones correspondientes. En este caso, los dedales de guía aceptan componentes que no portan combustible (NFBC) tales como taponos de dedales o venenos consumibles. En los dedales de guía están dispuestas una pluralidad de rejillas. Las barras de combustible son aceptadas en las aberturas del retículo y quedan allí soportadas elásticamente.

25 En relación con la estructura del conjunto de combustible descrita con anterioridad de forma breve, se describirá ahora con mayor detalle la estructura de la porción de conexión que conecta los dedales de guía y la tobera inferior, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es un alzado que muestra esquemáticamente la estructura de un conjunto de combustible aplicado a un PWR.

30 La figura 2A es un alzado en sección que muestra parte de la estructura inferior de este conjunto de combustible y la figura 2B es una vista de abajo arriba de la misma.

35 Como se muestra en la figura 1, el conjunto de combustible 1 tiene toberas superior e inferior 3 y 4 en los extremos superior e inferior de dedales de guía alargados 2, y una rejilla superior 5, rejillas intermedias 6 y rejilla inferior 7 fijadas a los dedales de guía 2 en la dirección longitudinal. Cada una de las rejillas superior e inferior 5 y 7 está constituida por un número grande de vigas de celosía que utilizan placas delgadas y retienen a las barras de combustible 8.

40 La tobera superior 3 es una estructura similar a una caja con fondo que presenta una sección horizontal sustancialmente cuadrada. La tobera superior 3 tiene una pluralidad de agujeros de flujo de refrigerante y agujeros de montaje de los dedales de guía en su placa extrema correspondiente a la placa inferior. Además, un resorte de presión 9 está unido a la porción superior de la tobera superior 3. La tobera inferior 4 tiene una placa superior o extrema con una configuración sustancialmente cuadrada cuando se observa desde arriba, en donde están formados una pluralidad de agujeros de flujo de refrigerante y agujeros de montaje de los dedales de guía. Patillas 10 están respectivamente formadas de manera íntegra para proyectarse desde las cuatro esquinas de la superficie inferior de la placa extrema.

45 Las toberas superior e inferior 3 y 4 están conectadas a los extremos superior e inferior de la pluralidad de dedales de guía similares a tubos huecos 2 mediante el uso de los agujeros de montaje anteriormente descritos.

50 Con referencia a las figuras 2A y 2B, el extremo inferior de cada dedal de guía similar a un tubo hueco 2 está soldado a un tapón extremo 12 del dedal y está fijado a la tobera inferior 4 por medio de un tornillo 14 del dedal a través de un inserto 13. Una rejilla superior 5 y siete rejillas intermedias 6 están montadas en los dedales de guía 2 a intervalos, y la rejilla inferior 7 está montada en los dedales de guía 2 a través de su estructura de conexión. Ha de entenderse que el número de rejillas intermedias 6 se puede cambiar de manera apropiada.

55 La rejilla inferior 7 está fijada en la porción superior del inserto 13. Un agujero de evacuación 15 se extiende a través del tornillo 14 del dedal en la dirección axial, y un pasador preventivo de la rotación 17 para impedir que se afloje el tornillo 14 del dedal está previsto en un asiento 16 del agujero de evacuación 15. El agujero de evacuación 15 permite que el refrigerante usado fluya en el núcleo en una dirección P mostrada en la figura 2A.

60 Además, el asiento 16 tiene un agujero de orientación escalonada 18 que comunica con la porción inferior del agujero de evacuación 15 y que llega a la superficie inferior del asiento 16. El pasador preventivo de la rotación 17 no interfiere con el flujo de refrigerante que fluye al interior del agujero de evacuación 15 en la dirección P.

65 Las barras de combustible 8 se insertan en, y quedan soportadas por, las aberturas reticulares alineadas de las rejillas superior, intermedias e inferior 5, 6 y 7 una por una, formando así el conjunto de combustible 1.

ES 2 302 769 T3

Con esta estructura, los agujeros de evacuación 15 de los tornillos 14 de los dedales guían al refrigerante al interior de los dedales de guía 2 del núcleo, y el refrigerante introducido enfría los componentes no portadores de combustible montados en los dedales de guía 2. Los agujeros de evacuación 15 también sirven como agujeros para enviar el refrigerante interno al exterior.

5 Durante un modo de parada de emergencia del reactor nuclear, las barras de control son introducidas urgentemente en los dedales de guía 2 por caída libre. Los agujeros de evacuación 15 también sirven como un limitador para limitar la velocidad de flujo de salida del refrigerante interno con el fin de moderar el impacto de caída. En otras palabras, para asegurar la función de refrigeración anteriormente descrita, cuanto más grande sea del diámetro d del agujero de
10 evacuación 15 del tornillo 14 del dedal, mejor será el efecto. Para moderar el impacto de caída producido cuando caen las barras de control, cuanto más pequeño sea el diámetro d , mejor será el efecto, lo cual es contradictorio.

Durante el modo de parada de emergencia del reactor nuclear, cuando las barras de control se introducen urgentemente en los dedales de guía 2 por caída libre, se produce un impacto excesivamente grande en la tobera superior
15 3. Por este motivo, los dedales de guía 2 tienen respectivamente amortiguadores 20 similares a tubos delgados. Los amortiguadores 20 reducen la velocidad de la caída de las barras de control en los dedales de guía 2, moderando con ello el impacto excesivamente grande que actúa sobre la tobera superior 3.

De acuerdo con un ejemplo del conjunto de combustible 1 con dichos amortiguadores 20, como se ilustra en la
20 figura 3, se proporciona un amortiguador 20 con una longitud de $0,16 L$ a $0,18 L$ en el dedal de guía 2, en donde L es la longitud del dedal de guía 2 a lo largo de su dirección axial. Por tanto, la carga de compresión que actúa sobre el dedal de guía 2 en la dirección axial puede causar la deformación por flexión del amortiguador 20. En este caso, puede que la barra de control no se inserte bien.

Por este motivo, como se ilustra en las figuras 4 y 5, se describe una técnica en donde se disminuye la longitud del
25 amortiguador 20 del dedal de guía 2. Con esta disposición, la longitud del amortiguador 20, con respecto a la longitud L del dedal de guía 2, se puede suprimir para que caiga dentro del intervalo de $0,03 L$ a $0,1 L$, de manera que aumente la rigidez a la flexión del amortiguador 20. Esto puede impedir la deformación por flexión del amortiguador 20.

Este dedal de guía será referido de aquí en adelante como un dedal de guía mejorado. La estructura inferior de un
30 conjunto de combustible 1, al cual se aplica un dedal de guía mejorado mostrado en la figura 5, es diferente de aquella del conjunto de combustible 1 mostrado en la figura 2A únicamente en el hecho de que se proporcionan manguitos 21 en las rejillas inferiores 7 y en el hecho de que solo tiene un amortiguador 20 en una de las porciones, siendo sustancialmente similar, por otro lado, al conjunto de combustible mostrado en la figura 2A.

35 En el conjunto de combustible al cual se aplica el dedal de guía mejorado, se disminuye la longitud del amortiguador 20 en el lado extremo inferior de los dedales de guía 2, como se ilustra en las figuras 4 y 5. Esto incrementa la rigidez a la flexión del amortiguador 20 para evitar su deformación por flexión. Sin embargo, disminuye el así llamado efecto de frenado que modera la velocidad de caída de la barra de control.

40 En un PWR, su velocidad terminal de caída se limita desde el punto de vista de garantizar la seguridad del conjunto de combustible 1. Originalmente, el amortiguador 20 era previsto en el dedal de guía 2 en una dirección axial, como se muestra en la figura 3, con el fin de moderar la velocidad de caída de la barra de control, de manera que la velocidad terminal de caída no exceda de un límite determinado. Por este motivo, en el conjunto de combustible que utiliza el
45 dedal de guía mejorado, mostrado en las figuras 4 y 5, ha de proporcionarse, por otros medios, una contramedida que modere la velocidad terminal de caída de la barra de control.

La presente invención se ha desarrollado teniendo en cuenta la situación anterior y, como finalidad, tiene el objeto
50 de proporcionar un conjunto de combustible en donde se utiliza un dedal de guía mejorado y en donde se ajusta el diámetro del agujero de evacuación de un tornillo del dedal, de modo que se modere el impacto de caída producido cuando cae una barra de control, y en donde se evita la deformación por flexión de un amortiguador, sin perjudicar la función de enfriamiento de los componentes no portadores de combustible, proporcionando también la invención un tornillo del dedal del conjunto de combustible.

55 La invención queda definida en la reivindicación 1.

Con el fin de conseguir el objeto anterior, la presente invención aporta los siguientes medios.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un conjunto de combustible que comprende una tobera
60 inferior fijada en una placa de núcleo inferior de un reactor nuclear, una tobera superior con un resorte de presión para solicitar la tobera inferior contra la placa de núcleo inferior, una pluralidad de tubos de guía de barras de control para guiar las barras de control, que han de pasar a través de la tobera superior hacia la placa de núcleo inferior, rejillas superior, intermedias e inferior montadas en los tubos de guía de las barras de control, una pluralidad de barras de combustible retenidas por las rejillas para que queden sustancialmente paralelas a los tubos de guía de las barras de control, un amortiguador similar a un tubo delgado formado en cada uno de los tubos de guía de las barras de control,
65 para reducir la velocidad de caída de una de las correspondientes barras de control, un tornillo del dedal que conecta cada uno de los tubos de guía de las barras de control con la tobera inferior, y un agujero de evacuación formado para que se extienda a través del tornillo del dedal. El amortiguador tiene una porción de diámetro grande, en una parte

ES 2 302 769 T3

inferior del mismo, prácticamente con el mismo diámetro que aquel de cada uno de los tubos de guía de las barras de control, y un diámetro d del agujero de evacuación que cae dentro del intervalo de $0,04D < d < 0,08D$ en donde D es el diámetro interior de la porción de diámetro grande.

5 De este modo, el refrigerante se puede suministrar también de manera suficiente desde el punto de vista de asegurar la función de refrigeración de los componentes no portadores de combustible. Desde el punto de vista de la moderación del impacto de caída de la barra de control, se puede suprimir la velocidad terminal de la barra de control para que sea igual a o menor que la velocidad de caída con la cual se puede moderar el impacto de caída de la barra de control. Por tanto, se puede evitar la deformación por flexión del amortiguador.

10 La invención podrá entenderse de manera más concreta a partir de la siguiente descripción detallada considerada en combinación con los dibujos adjuntos, en donde:

15 La figura 1 es un alzado que muestra de forma resumida la estructura de un conjunto de combustible para su aplicación en un PWR.

La figura 2A es un alzado en sección que muestra parte de la estructura inferior del conjunto de combustible que ha de ser aplicado al PWR.

20 La figura 2B es una vista de abajo arriba del conjunto de combustible que ha de ser aplicado al PWR.

La figura 3 es un alzado de un dedal de guía con amortiguadores en dos porciones.

25 La figura 4 es un alzado que muestra la parte de la estructura inferior de un conjunto de combustible al cual se aplica un dedal de guía mejorado.

La figura 5 es un alzado que muestra parte de la estructura inferior de un conjunto de combustible al cual se aplica un dedal de guía mejorado.

30 La figura 6 es un gráfico que muestra la relación existente entre ((diámetro del agujero de evacuación d del tornillo del dedal)/(diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía)) y ((velocidad terminal de caída V de la barra de control)/(velocidad terminal de caída limitada V_0 de la barra de control)).

35 La figura 7 es un gráfico que muestra la relación existente entre ((diámetro del agujero de evacuación d del tornillo del dedal)/(diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía)) y ((cantidad de entrada de refrigerante C desde el tornillo del dedal)/(cantidad de entrada de refrigerante C_0 desde el tornillo del dedal que es necesaria para enfriar los componentes no portadores de combustible)).

40 La figura 8 es una vista que muestra un estado en donde en el tornillo del dedal se ha incorporado un pasador preventivo de la rotación para un tornillo del dedal de un conjunto de combustible.

La figura 9A es una vista que muestra un ejemplo del pasador preventivo de la rotación para el tornillo del dedal del conjunto de combustible.

45 La figura 9B es una vista que muestra otro ejemplo del pasador preventivo de la rotación para el tornillo del dedal del conjunto de combustible.

La figura 9C es una vista que muestra todavía otro ejemplo del pasador preventivo de la rotación para el tornillo del dedal del conjunto de combustible.

50 La figura 10 es una vista que muestra un ejemplo de un tornillo del dedal de un conjunto de combustible.

La figura 11 es una vista que muestra otro ejemplo de un tornillo del dedal de un conjunto de combustible.

55 Las modalidades de la presente invención serán descritas a continuación con referencia a los dibujos 1-7 adjuntos.

Los ejemplos mostrados en las figuras 8-11 no caen dentro del alcance de la reivindicación.

60 Con respecto a los números de referencia usados para describir las siguientes modalidades, los mismos números de referencia representan las mismas porciones que aquellas de las figuras 1 a 5.

Primera modalidad

65 La primera modalidad de la presente invención será descrita con referencia a las figuras 6 y 7.

En un conjunto de combustible de acuerdo con la primera modalidad de la presente invención, la estructura de una porción de conexión para conectar sus dedales de guía 2 y tobera inferior 4 es como se ilustra en las figuras 2B y 4 o 5,

ES 2 302 769 T3

y en donde se emplea el así llamado dedal de guía mejorado. El diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía 2 y el diámetro d de un agujero de evacuación 15 satisfacen la siguiente ecuación (1):

$$0,04D < d < 0,08D \quad (1)$$

5

Se describirá la función del conjunto de combustible de acuerdo con esta modalidad que presenta la disposición anterior.

10 La figura 6 es un gráfico que muestra los resultados obtenidos al medir una velocidad terminal V de una barra de control insertada en el dedal de guía 2 por caída libre en un conjunto de combustible 1 formado como se muestra en las figuras 4 y 5, empleando, como un parámetro, (d/D) que es la relación del diámetro d del agujero de evacuación 15 de un tornillo 14 del dedal al diámetro interior D del dedal de guía 2.

15 El eje de ordenadas representa V/V_0 obtenida dividiendo la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía 2 mediante caída libre por una velocidad terminal limitada V_0 determinada con el fin de moderar el impacto por caída de la barra de control. Más concretamente, la relación de $(V/V_0) < 1$ es una relación en donde la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía 2 por caída libre se puede suprimir para que sea inferior a la velocidad terminal limitada V_0 . La relación de $(V/V_0) \geq 1$ es una relación en donde la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía por caída libre llega a ser igual a o mayor que la velocidad terminal limitada V_0 .

20 Como se muestra en la figura 6, en la relación de $(d/D) < 0,08$, se establece $(V/V_0) < 1$, y la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía 2 por caída libre no excede de la velocidad terminal limitada V_0 , pero satisface el diseño estándar. En la relación de $(d/D) \geq 0,08$, se establece $(V/V_0) \geq 1$, y la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía 2 por caída libre excede de la velocidad terminal limitada V_0 y no satisface el diseño estándar.

30 Por tanto, desde el punto de vista de la velocidad terminal V de la barra de control insertada en el dedal de guía 2 por caída libre, el diámetro d del agujero de evacuación 15 del tornillo 14 del dedal y el diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía 2 deben satisfacer $d < 0,08D$.

35 Como se ha descrito anteriormente, el agujero de evacuación 15 del tornillo 14 del dedal sirve para guiar el refrigerante al interior del dedal de guía 2 con el fin de enfriar los componentes no portadores de combustible. Desde este punto de vista de asegurar la función de enfriamiento, cuanto más grande sea el diámetro d del agujero de evacuación 15 del tornillo 14 del dedal, mejor será el efecto.

40 La figura 7 es un gráfico que muestra los resultados obtenidos al medir la capacidad de enfriamiento de los componentes no portadores de combustible de un conjunto de combustible 1 formado como se muestra en las figuras 4 y 5, empleando, como un parámetro, (d/D) que es la relación del diámetro d del agujero de evacuación 15 de un tornillo 14 del dedal al diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía 2.

45 El eje de ordenadas representa C/C_0 obtenida dividiendo una cantidad de entrada de refrigerante C desde el tornillo 14 del dedal por una cantidad de entrada de refrigerante C_0 necesaria para enfriar los componentes no portadores de combustible cuando se emplea (d/D) como parámetro. Más concretamente, en la relación de $(C/C_0) \leq 1$, la cantidad de entrada de refrigerante C no excede de la cantidad de entrada de refrigerante necesaria C_0 . En la relación de $(C/C_0) > 1$, la cantidad de entrada de refrigerante C excede de la cantidad de entrada de refrigerante necesaria C_0 .

50 Como se muestra en la figura 7, en la relación de $(d/D) > 0,04$, se establece $(C/C_0) > 1$, y la cantidad de entrada de refrigerante C llega a ser más grande que la cantidad de entrada de refrigerante necesaria C_0 . En la relación de $(d/D) \leq 0,04$, se establece $(C/C_0) \leq 1$, y la cantidad de entrada de refrigerante C no excede de la cantidad de entrada de refrigerante necesaria C_0 .

55 Por tanto, desde el punto de vista de la capacidad de enfriamiento, el diámetro d del agujero de evacuación 15 del tornillo 14 del dedal y el diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía 2, deben satisfacer $d > 0,04D$.

60 En el conjunto de combustible de acuerdo con esta modalidad, se emplea un dedal de guía mejorado y el diámetro interior D de la porción inferior de diámetro grande del dedal de guía 2 y el diámetro d del agujero de evacuación 15 del tornillo 14 del dedal se ajustan para satisfacer $0,04D < d < 0,08D$.

65 Por tanto, el refrigerante puede ser suministrado de manera suficiente también desde el punto de vista de asegurar la función de enfriamiento de los componentes no portadores de combustible. También desde el punto de vista de moderar el impacto por caída de la barra de control, la velocidad terminal V de la barra de control puede ser suprimida para que sea igual a o menor que la velocidad de caída con la cual se puede moderar el impacto por caída de la barra de control. Por tanto, se puede evitar la deformación por flexión del amortiguador 20.

ES 2 302 769 T3

La figura 8 es una vista que muestra un estado en donde se incorpora, en el tornillo 14 del dedal, un pasador preventivo de la rotación 17 para un tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible.

5 Las figuras 9A, 9B y 9C son vistas cada una de las cuales muestra un pasador preventivo de la rotación para un tornillo de un dedal del conjunto de combustible.

10 Como se muestra en la figura 8, el árbol 23 del tornillo 14 del dedal tiene un agujero de guía 24 como un agujero que se extiende desde un agujero de orientación escalonada 18 de un asiento 16 a un agujero de evacuación 15 en el lado extremo distal en la dirección longitudinal del tornillo 14 del dedal. Con el pasador preventivo de la rotación 17 dispuesto en el agujero de orientación escalonada 18, durante el funcionamiento del reactor nuclear, entra un refrigerante desde el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16 como se muestra en la dirección indicada por la flecha A, y sale por un extremo distal 25 del agujero de evacuación. Si la barra de control se deja caer en el modo de parada de emergencia, el refrigerante entra en el agujero de evacuación 15 desde el extremo distal 25 del agujero de evacuación, como se muestra en la dirección de la flecha F, y sale del agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16.

20 En el tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible, el pasador preventivo de la rotación 17 tiene, en su lado superior, concretamente en el lado del agujero de guía 24, una porción mecanizada receptora de agua 26 y formada por un rebajo con una sección arqueada, de manera que recibe el flujo del refrigerante que pasa a través del agujero de guía 24 en la dirección indicada por la flecha F en la figura 8. La porción mecanizada receptora de agua 26 aumenta la caída de presión del refrigerante que fluye en la dirección de la flecha F.

25 Las figuras 8 y 9C muestran una porción mecanizada arqueada 30 formada por un rebajo con una sección arqueada como un ejemplo típico del pasador preventivo de la rotación 17 con la porción mecanizada receptora de agua 26. Alternativamente, la porción mecanizada receptora de agua 26 puede ser una porción mecanizada 28 en forma de V con una sección en forma de V, como se muestra en la figura 9A, o una porción mecanizada plana 29 como se muestra en la figura 9B. La porción mecanizada receptora de agua 26 puede tener cualquier forma en tanto en cuanto pueda aumentar la caída de presión en la dirección de la flecha F contra el flujo del refrigerante que pasa a través del agujero de guía 24 en la dirección de la flecha F, cuando se compara con un caso convencional en donde se utiliza un pasador preventivo de la rotación sin una porción mecanizada receptora de agua 26.

30 Con la estructura del pasador preventivo de la rotación convencional, la relación del coeficiente de caída de presión para el flujo de refrigerante que entra desde el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16 y que sale por el extremo distal 25 del agujero de evacuación, como se muestra en la dirección de la flecha A, al coeficiente de caída de presión del flujo de refrigerante que entra desde el extremo distal 25 del agujero de evacuación y sale del agujero de orientación escalonada del asiento 16 como se muestra en la dirección de la flecha F, de manera opuesta, es de casi 1:1.

40 El tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible tiene el pasador preventivo de la rotación 17 según la disposición anterior. De este modo, la relación del coeficiente de caída de presión para el flujo de refrigerante que entra desde el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16 y que sale por el extremo distal 25 del agujero de evacuación, como se muestra en la dirección de la flecha A, al coeficiente de caída de presión del flujo de refrigerante que entra desde el extremo distal 25 del agujero de evacuación y sale del agujero de orientación escalonada del asiento 16 como se muestra en la dirección de la flecha F, de manera opuesta, se puede ascender al intervalo de 1:2 a 1:3.

45 Con el tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible, cuando se utiliza el pasador preventivo de la rotación 17 con la forma descrita anteriormente, el tornillo 14 del dedal puede servir también como un diodo. De este modo, si bien los componentes no portadores de combustible tienen la misma capacidad de enfriamiento que en el caso convencional, lo cual es causado por el flujo del refrigerante en la dirección de la flecha A, el efecto de desaceleración de la barra de control se puede mejorar por el incremento de la resistencia del fluido contra el flujo en la dirección de la flecha F.

Las figuras 10 y 11 con vistas que muestran cada una de ellas un tornillo del dedal en un conjunto de combustible.

55 En el tornillo 14 del dedal para el conjunto de combustible, un agujero de guía 24 está formado en el tornillo 14 del dedal en un lado extremo distal 31, y un agujero de evacuación 15 está dispuesto en el tornillo 14 del dedal sobre un lado del asiento 16.

60 Con referencia a la figura 10, el árbol 23 del tornillo 14 del dedal tiene el agujero de evacuación 15 extendiéndose entre el agujero de guía 24 y el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16. El área de la abertura del agujero de evacuación 15 se establece de manera que sea más pequeña que el área de la abertura del agujero de guía 24 o que el área de la abertura del agujero de orientación escalonada 18. Con el pasador preventivo de la rotación 17 dispuesto en el agujero de orientación escalonada 18, durante el funcionamiento del reactor nuclear, entra refrigerante desde el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16 en la dirección de la flecha A en la figura 10 y sale por el extremo distal 32 del agujero de guía.

65 Cuando una barra de control se hace caer en el modo de parada de emergencia, el refrigerante fluye en la dirección de la flecha F y entra desde el extremo distal 32 del agujero de guía para fluir a través del agujero de orientación

ES 2 302 769 T3

escalonada 18 del asiento 16. Después de pasar a través del agujero de evacuación 15, el refrigerante forma un chorro dado que el área de recorrido de flujo se aumenta de forma brusca por el agujero de orientación escalonada 18 del asiento 16, y el chorro sale hacia el pasador preventivo de la rotación 17.

5 Con esta disposición, cuando la barra de control se hace caer en el modo de parada de emergencia y el refrigerante entra desde el lado extremo distal 31 en la dirección de la flecha F, el pasador preventivo de la rotación 17 actúa de manera fuerte como la resistencia del fluido contra el chorro. De este modo, se puede aumentar la caída de presión contra el flujo del refrigerante en la dirección de la flecha F, y se puede mejorar el efecto de desaceleración de la barra de control.

10 En el tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible mostrado en la figura 11, el pasador preventivo de la rotación 17 con la porción mecanizada receptora de agua 26 en el tornillo 14 del dedal, como se muestra en la figura 8 y figuras 9A, 9B o 9C, se combina con el tornillo 14 del dedal con la disposición mostrada en la figura 10. Este pasador preventivo de la rotación 17 tiene una porción mecanizada receptora de agua 26, de la misma manera que el pasador preventivo de la rotación 17 de la segunda modalidad.

15 Puesto que el tornillo del dedal del conjunto de combustible tiene la disposición anterior, el refrigerante entra desde el extremo distal 32 del agujero de guía en la dirección de la flecha F, como se muestra en la figura 10, y se descarga en forma de un chorro por el agujero de evacuación 15 hacia el pasador preventivo de la rotación 17. Dado que el pasador preventivo de la rotación 17 acciona de manera fuerte como una resistencia del fluido contra el chorro, se puede aumentar la caída de presión para el flujo del refrigerante en la dirección de la flecha F, y se puede mejorar el efecto de desaceleración de la barra de control. Al mismo tiempo, el pasador preventivo de la rotación 17 no tiene influencia sobre la resistencia a la velocidad de flujo del refrigerante en la dirección de la flecha A. De esta manera, se asegura la velocidad de flujo del refrigerante y la capacidad de enfriamiento de los componentes no portadores de combustible puede mantener el mismo efecto que aquel del caso convencional.

20 Cuando el pasador preventivo de la rotación 17 con la porción mecanizada receptora de agua 26 se combina con un tornillo del dedal en donde el área de la abertura del agujero de evacuación 15 se diseña para que sea más pequeña que el área de la abertura del agujero de guía 24 o que el área de la abertura del agujero de orientación escalonada 18, como en el tornillo 14 del dedal del conjunto de combustible mostrado en la figura 11, aumenta adicionalmente la diferencia en la caída de presión del flujo en la dirección de la flecha A o F. Por tanto, se puede proporcionar un tornillo del dedal para un conjunto de combustible con un mejor comportamiento como diodo.

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 302 769 T3

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de combustible (1) que comprende:

5 una tobera inferior (4) dispuesta sobre una placa de núcleo inferior de un reactor nuclear;

una tobera superior (3) con un resorte de presión (9) para solicitar dicha tobera inferior (4) contra la placa de núcleo inferior;

10 una pluralidad de tubos de guía (2) de barras de control que guían las barras de control, una vez que han pasado a través de dicha tobera superior (3), hacia la placa de núcleo inferior;

una pluralidad de rejillas (5, 6, 7) dispuestas sobre dichos tubos de guía (2) de las barras de control;

15 una pluralidad de barras de combustible (8) retenidas por dichas rejillas (5, 6, 7) para que estén sustancialmente paralelas a dichos tubos de guía (2) de las barras de control;

20 un amortiguador similar a un tubo delgado (20) formado en cada uno de dichos tubos de guía (2) de las barras de control, para reducir la velocidad de caída de una de las correspondientes barras de control;

un tornillo (14) de un dedal que conecta cada uno de dichos tubos de guía (2) de las barras de control con dicha tobera inferior (4); y

25 un agujero de evacuación (15) formado de manera que se extiende a través de dicho tornillo (14) del dedal, cuyo conjunto de combustible

se **caracteriza** porque

30 dicho amortiguador (20) tiene una porción de diámetro grande en una parte inferior del mismo, con prácticamente el mismo diámetro que aquel de cada uno de dichos tubos de guía (2) de las barras de control, y un diámetro d de dicho agujero de evacuación (15) se encuentra dentro del intervalo de $0,04D < d < 0,08D$ en donde D es el diámetro interior de la porción de diámetro grande.

35

40

45

50

55

60

65

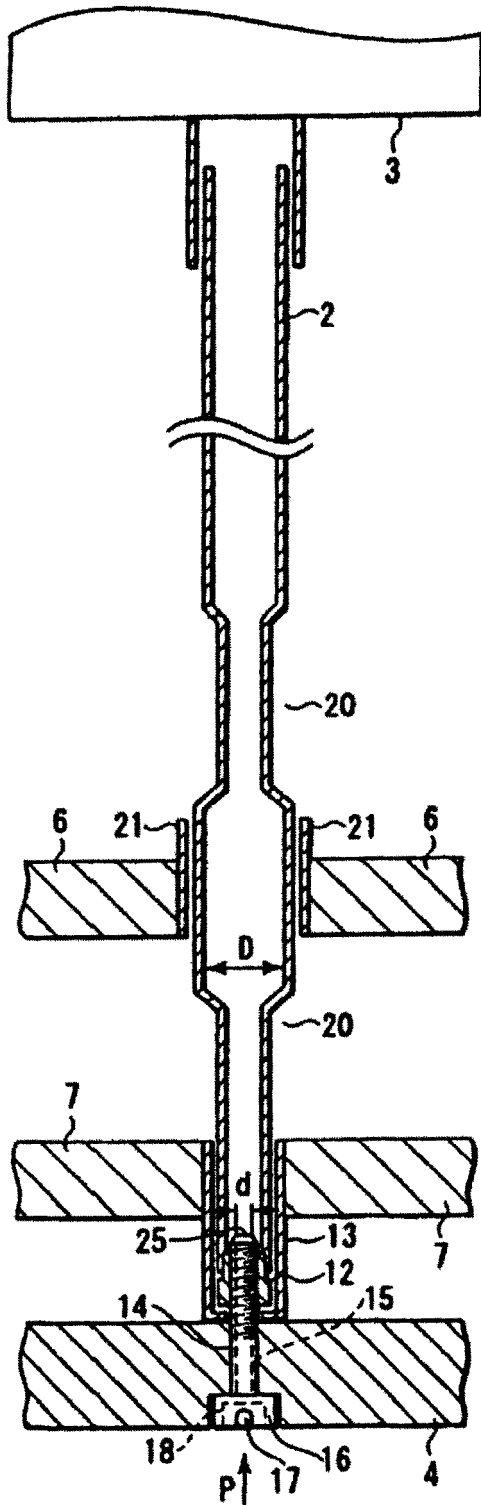


FIG. 2A



FIG. 2B

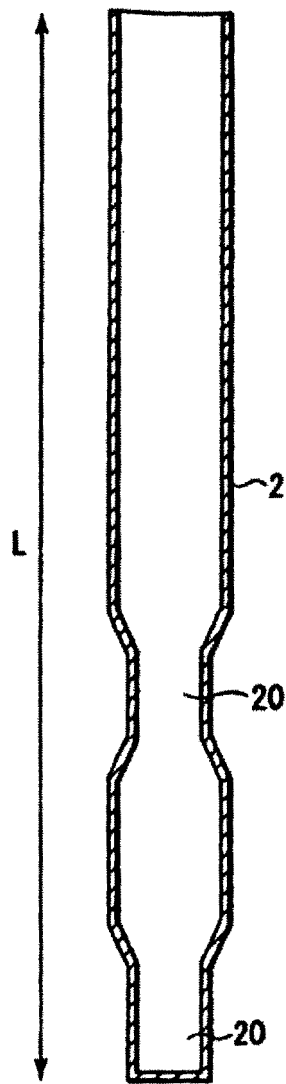
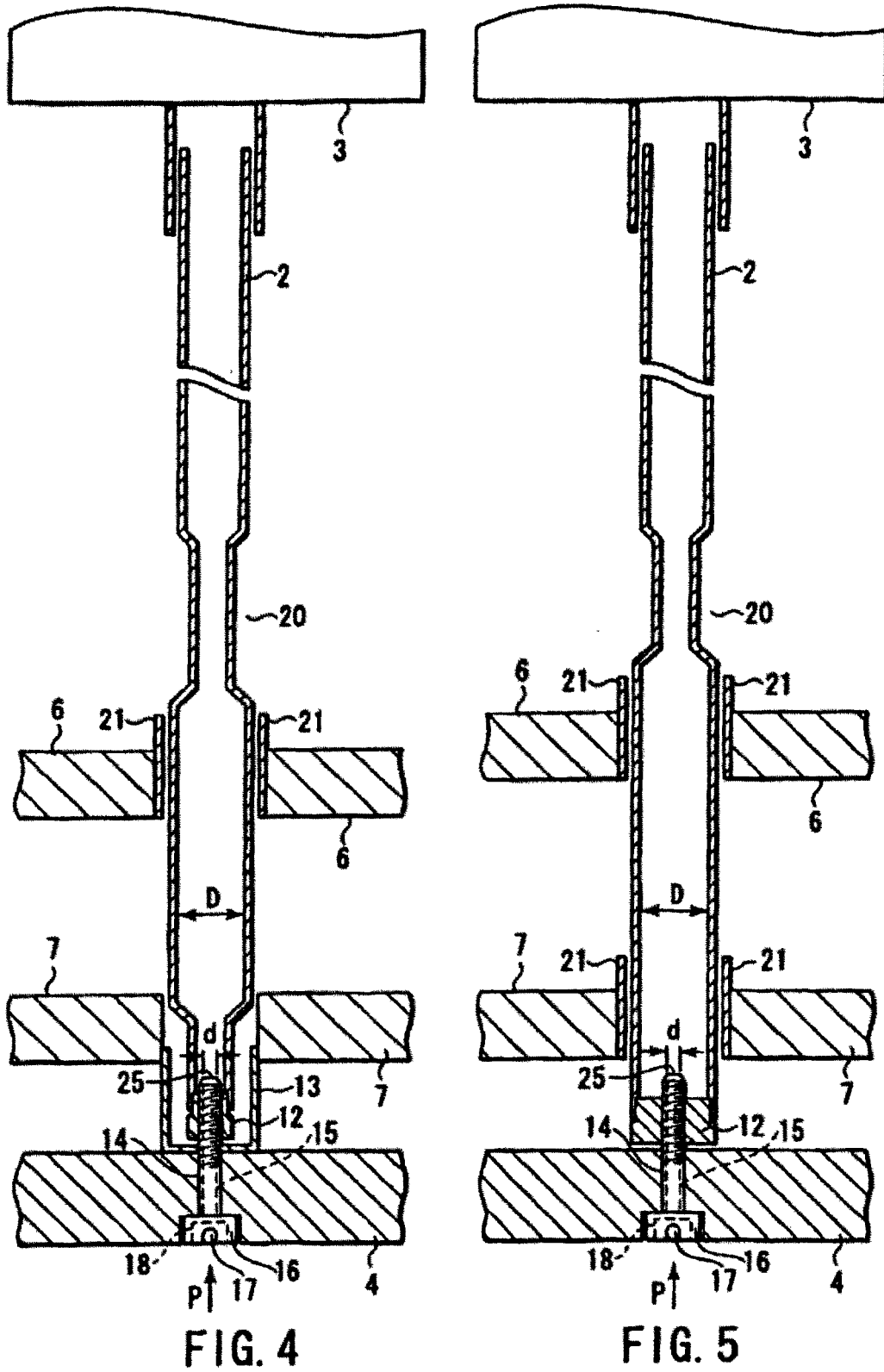


FIG. 3



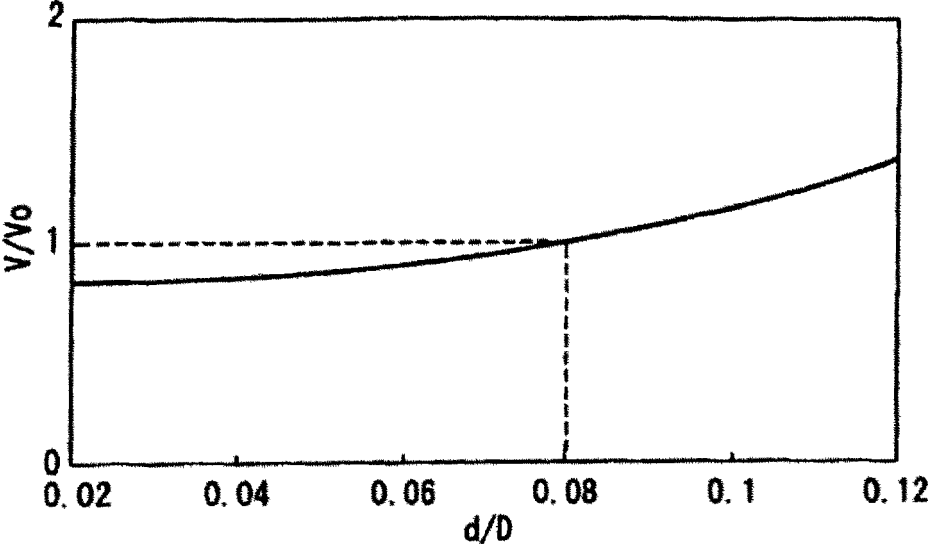


FIG. 6

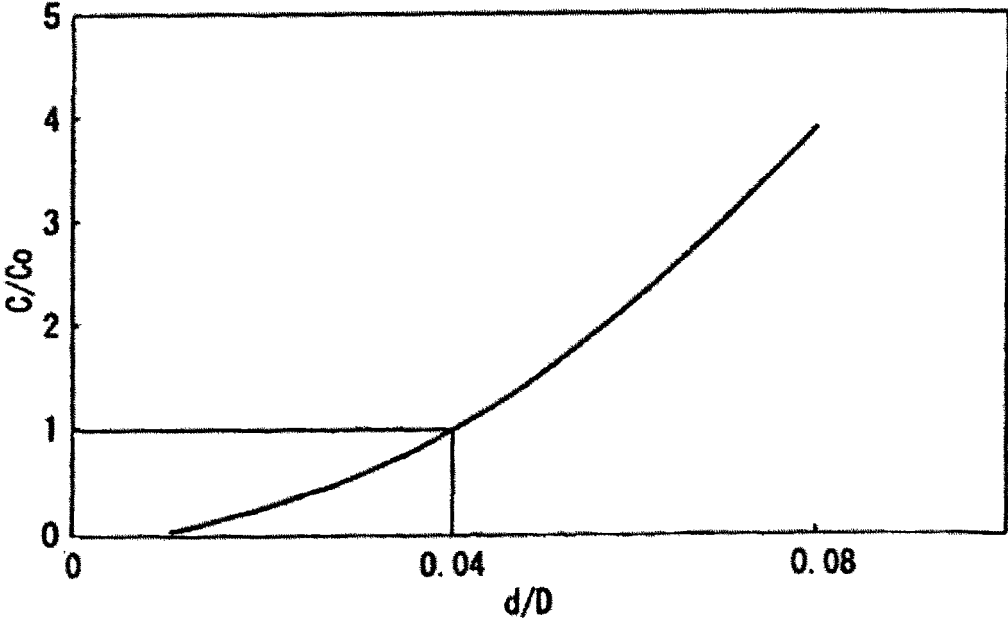


FIG. 7

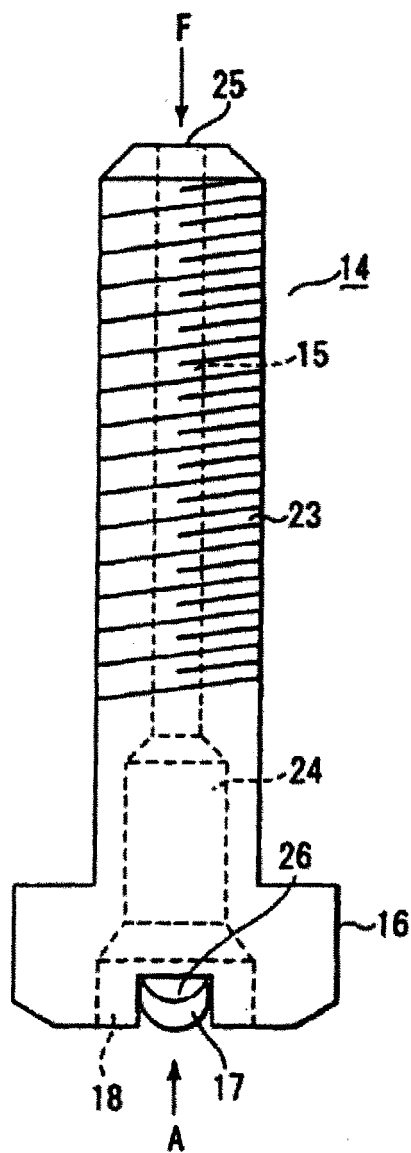


FIG. 8

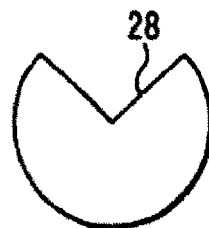


FIG. 9A

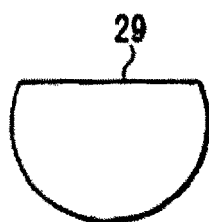


FIG. 9B

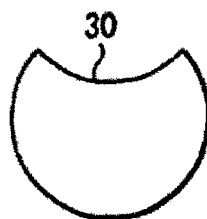


FIG. 9C

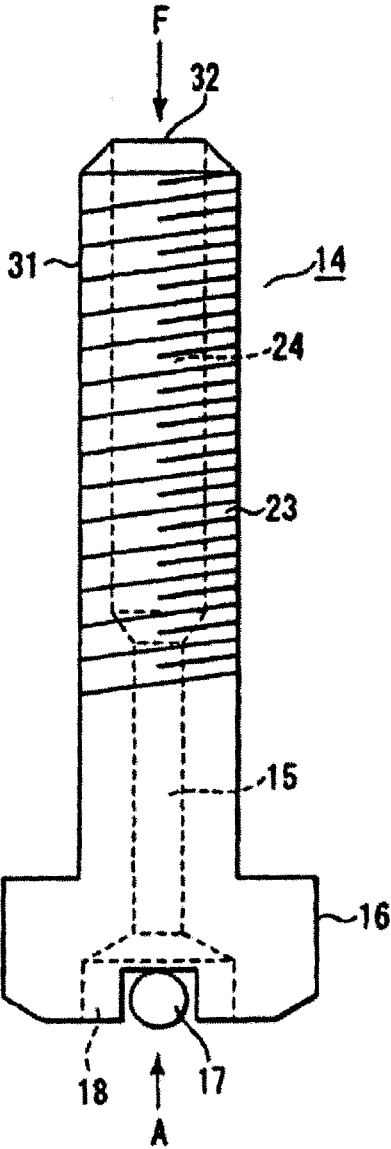


FIG. 10

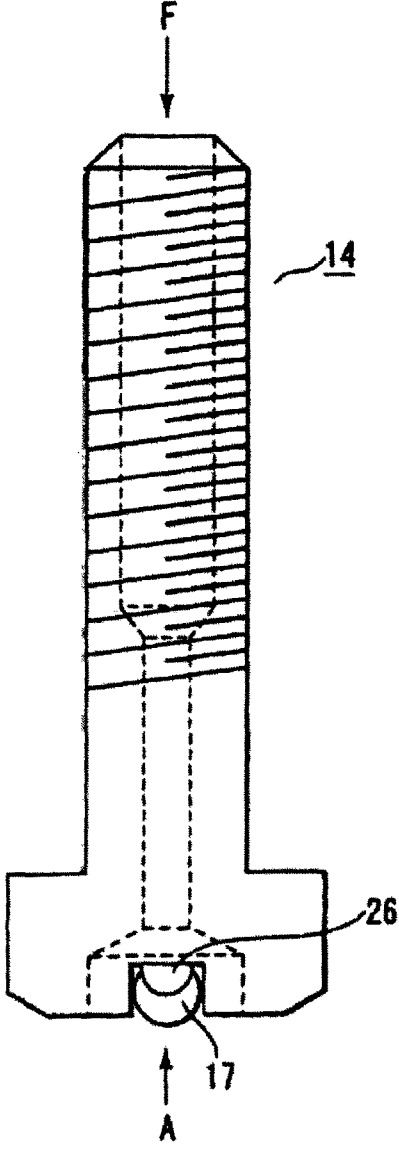


FIG. 11