

350396

P.- 37.600

W.E. Case Nº 38656 ...

14 MAR 1968

Memoria descriptiva



para solicitar Patente de Invención en España por 20 años

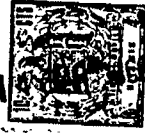
a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América

por "UN DISPOSITIVO ELEMENTAL COMBUSTIBLE ADECUADO PARA SU USO EN UN REACTOR NUCLEAR PUESTO A PRESION" (Clase Internacional G21c)

11.3.1968



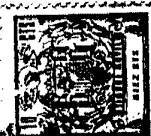
La presente invención está dirigida a un elemento combustible adaptado para el uso en reactores nucleares a presión.

5 Los reactores de agua a presión son más eficientes cuando funcionan a temperaturas y presiones más elevadas.

10 Sin embargo, el aumento de la temperatura y presión de funcionamiento de un reactor enfriado por agua, puede hacer que el blindaje de un elemento combustible se rompa sobre las superficies de los comprimidos de combustible contenidas en el mismo y con esto acelera un posible fallo debido a que el blindaje entonces sigue el movimiento de los comprimidos de combustible que se expanden y contraen cuando producen más o menos calor. Aunque la extensión del movimiento del blindaje es pequeña, el blindaje sólo puede soportar un número limitado de ciclos antes de que falle debido a la fatiga. Por ejemplo, el blindaje compuesto de aleaciones a base de circonio conocidas por Zircaloy-2 y Zircaloy-4, 15 en los casos de un movimiento extremo superior al límite elástico, con frecuencia resistirán solamente alrededor de 100 a 1000 ciclos antes del fallo por fatiga. El blindaje de acero inoxidable es similarmente propenso al fallo.

25 Además, el blindaje en los reactores en funcionamiento se vuelve progresivamente más quebradizo debido a la irradiación y después de un funcionamiento prolongado no puede ser estirado más de un 1% aproximadamente. Si el blindaje se rompe debido al fallo por fatiga o si se producen picaduras de forma que se esca-

30



pen gases y componentes combustibles radioactivos, el refrigerante se vuelve altamente radioactivo. Por esta razón el reactor debe ser parado frecuentemente para el reemplazo de blindajes defectuosos o semi-defectuosos.

5

Una propuesta obvia para evitar la rotura del blindaje ha sido aumentar el espesor del blindaje. Sin embargo, el aumento del espesor del blindaje afecta de una forma adversa la economía de neutrones y con esto aumenta el coste de funcionamiento del reactor.

10

De acuerdo con esto, el principal objeto de la presente invención es proporcionar un elemento combustible herméticamente cerrado que tiene un blindaje relativamente delgado, pero que sin embargo, es capaz de resistir cambios de presión en el reactor y la expansión y contracción de los comprimidos de combustible en el elemento combustible.

15

Con este objeto a la vista, la presente invención reside en un elemento combustible adecuado para el uso en un reactor nuclear a presión, que comprende un blindaje cerrado en cada extremo del mismo, una pluralidad de comprimidos de combustible nuclear dispuestos en el citado blindaje y que tiene un espacio de huelgo para permitir expansión y contracción térmicas diferentes entre los comprimidos y el blindaje, y medios encerrados en el citado elemento combustible para presionar su blindaje hacia fuera para oponerse a la presión de fluido exterior sobre el blindaje y con esto reducir el fallo por fatiga prematuro debido a las tensiones durante el funcionamiento cíclico del reactor. El espesor del blindaje es aproximadamente la mitad del neces-

20

25

30

11.3.1968



rio para proporcionar un elemento combustible aceptable sin el medio productor de presión de gas.

La invención se apreciará más fácilmente por la siguiente descripción de una realización preferida de la misma, mostrada, a título de ejemplo solamente, en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista en corte vertical a través del elemento combustible; y

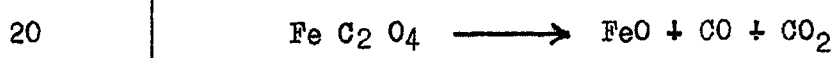
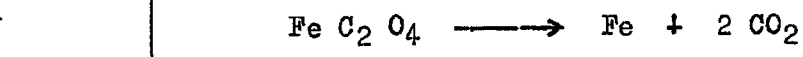
La figura 2 es una vista en corte horizontal tomada sobre la línea II-II de la figura 1.

En la figura 1 se muestra un elemento combustible 10, que incluye una pluralidad de comprimidos cilíndricos de combustible nuclear 12 dispuestos con los extremos en contacto en el interior de una envuelta o blindaje tubular 14. Los extremos opuestos del blindaje 14 están cerrados por los tapones terminales 16 y 18 que están sujetos en su lugar por soldaduras anulares 20 y que cierran herméticamente el elemento combustible 10. Una cámara impelente 22 está dispuesta en el extremo superior del elemento para recibir los gases de la fisión.

En el interior de la cámara 22, un cuerpo 24 de un compuesto descomponible térmicamente, está dispuesto sobre el extremo superior de la pila de comprimidos de combustible 12. El cuerpo 24 está montado entre un par de discos 26 y 28 de óxido de aluminio. Un muelle helicoidal 30 está dispuesto entre los comprimidos 12 y el tapón terminal 16, para mantener a los comprimidos 12 de forma compacta en su sitio contra el tapón terminal inferior 16.



El propósito del cuerpo 24 descomponible térmicamente es generar un gas para crear una presión interna en el interior del elemento combustible 10 después de que el elemento es montado completamente y cerrado herméticamente. El cuerpo 24 puede estar compuesto por un oxalato o un carbonilo o mezclas de dos o más de tales compuestos, que se descomponen térmicamente en un margen de temperaturas de 94 a 315°C. Por lo tanto, el elemento puede ser montado con seguridad y entonces ser calentado, con lo que los oxalatos se descomponen en dióxido de carbono o en una mezcla de dióxido de carbono y monóxido de carbono. Aunque son preferidos los oxalatos o carbonilos que son sólidos a las temperaturas normales, pueden ser utilizados líquidos adsorbidos en un portador, tal como un tamiz molecular o quelato. Un ejemplo de tal oxalato es el oxalato de hierro (Fe C₂ O₄) que se descompone a unos 160°C de acuerdo con una o ambas de las siguientes fórmulas:



Los carbonilos que se descomponen térmicamente en un margen de temperaturas de 94 a 315°C incluyen entre otros Ni (CO₄) y Fe (CO₅). Los carbonilos se descomponen en CO de acuerdo con la fórmula siguiente:



Otros oxalatos que se descomponen en el anterior margen de temperaturas incluyen el NiC_2O_4 , $\text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ y MnC_2O_4 .

5 Tanto el monóxido de carbono como el dióxido de carbono son compatibles con el material con el cual están hechos los comprimidos de combustible 12 y el blindaje 14. Los comprimidos de combustible están compuestos de dióxido de uranio (UO_2) con enriquecimiento con U-235. El blindaje 14 está compuesto de un metal que es

10 sustancialmente inerte al medio del reactor, incluyendo el refrigerante que rodea a los elementos combustibles, el monóxido de carbono y el dióxido de carbono generados en el interior de cada elemento combustible, así como

15 otros factores corrosivos tales como las influencias de irradiación de los comprimidos de combustible 12. El blindaje 14 puede estar compuesto de una aleación a base de circonio o un acero inoxidable austenítico. Las aleaciones a base de circonio tienen un factor de

20 absorción de neutrones más bajo que el acero inoxidable, pero el blindaje de acero inoxidable tiene un grado de fluencia más bajo que las aleaciones a base de circonio. Un elemento combustible 10 puede tener, por ejemplo, un diámetro exterior de 11,3 milímetros y una longitud que varía dentro de límites amplios y dependiente de la

25 cámara de reacción nuclear en la cual está dispuesto. Sin embargo, el diámetro del elemento combustible será



14

usualmente menor de 12,7 milímetros. Para un reactor dado los comprimidos 12 tienen un diámetro preferido de aproximadamente 10,16 milímetros. El espacio de huelgo 32 entre los comprimidos 12 y la superficie interior del blindaje 14 es aproximadamente de 0,0726 milímetros. El propósito del espacio de huelgo 32 es permitir la expansión de los comprimidos 12 cuando el elemento combustible 10 está funcionando a temperaturas elevadas. A tales temperaturas, los comprimidos pueden expandirse tanto que el espacio de huelgo 32 es llenado completamente y las superficies de los comprimidos 12 están en contacto apretado y firme con el blindaje 14. Como el elemento combustible está a presión, el blindaje está sometido a fuerzas sustancialmente menores, de manera que un espesor de blindaje de aproximadamente 0,432 milímetros \pm 0,0025 milímetros es suficiente. Tal elemento combustible es más eficiente y más satisfactorio que un elemento combustible que no está a presión con un blindaje de 0,609 milímetros de espesor. Con blindaje de acero inoxidable, el espesor del blindaje que es normalmente de 0,38 milímetros aproximadamente, puede ser rebajado hasta 0,19 milímetros aproximadamente si los elementos combustibles están con una presión interna de 70 a 140 Kgs por centímetro cuadrado.

El elemento combustible según se ha descrito está diseñado para funcionar en un reactor de agua a presión en el cual el agua tiene una presión entre 140 y 158 Kgs por centímetro cuadrado. En condiciones óptimas de funcionamiento, la temperatura del centro de cada comprimido 12 es aproximadamente 2315°C, siendo



la temperatura de la superficie del comprimido de 593°C aproximadamente. La temperatura de la superficie interior del blindaje 14 es aproximadamente 415°C y la de la superficie exterior del blindaje es aproximadamente de 347°C. La temperatura tope del agua de refrigeración es aproximadamente de 343°C.

A estas temperaturas y las presiones correspondientes al blindaje 14 está en contacto con los comprimidos 12 expandidos térmicamente, de manera que en condiciones normales no hay problema de esfuerzo de fatiga del blindaje debido a la presión excepcionalmente alta de 158 Kgs por centímetro cuadrado del agua exterior. El problema de esfuerzo de fatiga en el blindaje se presenta debido a la contracción y expansión térmicas repetidas de los comprimidos 12 en respuesta a la parada y a la puesta en marcha del reactor.

Cuando se para el reactor los comprimidos 12 se contraen debido al enfriamiento y con esto se separan del contacto de apoyo con la superficie interior del blindaje. El blindaje, sin embargo, no seguirá el movimiento de los comprimidos, sino que conservará su forma debido a la presión de gas mantenida en el elemento combustible. Por ejemplo si la presión exterior del agua es de 158 Kgs por centímetro cuadrado y se proporciona una presión de gas interior de 60 Kgs por centímetro cuadrado dentro del elemento combustible herméticamente cerrado, solo está presente una presión exterior resultante de 88 Kgs por centímetro cuadrado para reaccionar sobre el blindaje, lo que es insufi-



ciente para causar fluencia o pandeo de un blindaje delgado.

Aunque el uso de un compuesto descomponible térmicamente es el más conveniente para proporcionar elementos combustibles a presión, pueden ser usados otros métodos de obtener la elevada presión interna de gas dentro de la barra combustible. Unos de tales métodos es llenar el elemento combustible con gas desde una fuente de presión. Otro método para dar presión interiormente a la barra combustible, es calentar la barra después de la fabricación en una atmósfera de hidrógeno o helio a presiones y temperaturas elevadas de aproximadamente 1000°C, de forma que el hidrógeno o el helio puedan atravesar la barra combustible tubular y con esto produzcan la presión interior de gas deseada. Aún otro método para dar presión interior a la barra combustible, es insertar dióxido de carbono sólido en la barra combustible, de forma que después de cerrar herméticamente la barra, el dióxido de carbono se vaporiza para formar gas de dióxido de carbono en el interior de la barra de combustible a una presión predeterminada.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el día 13 de Febrero de 1967, bajo el número 615.542, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

11.3.1968

- REIVINDICACIONES -



Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España por VEINTE años son los siguientes:

5

1.- Un dispositivo elemental combustible adecuado para su uso en un reactor nuclear puesto a presión, que comprende un blindaje cerrado en cada extremo del mismo y una pluralidad de comprimidos de combustible nuclear dispuestos en el citado blindaje y que tienen un espacio de huelgo para permitir una expansión y contracción térmicas diferentes entre los comprimidos y el blindaje, caracterizado porque en el citado elemento combustible hay encerrado un compuesto formador de gas, que está destinado a formar un gas cuando se calienta el elemento combustible para presionar su blindaje hacia fuera para compensar la presión del fluido exterior sobre el blindaje y con esto reducir el fallo por fatiga prematuro debido a los esfuerzos durante el funcionamiento cíclico del reactor.

10

15

20

2.- Un dispositivo elemental combustible según se reivindica en la reivindicación 1, caracterizado porque el citado compuesto formador de gas es seleccionado del grupo consistente en oxalato, carbonilo y dióxido de carbono sólido.

25

3.- Un dispositivo elemental combustible se-

25.3.1969



gún se reivindica en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho compuesto es MnC_2O_4 descomponible térmicamente.

5 4.- Un dispositivo elemental combustible según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque una cantidad suficiente del citado compuesto formador de gas está dispuesto en el citado elemento para producir una presión de 21 a 246 Kgs por centímetro cuadrado cuando el elemento combustible está a la temperatura de funcionamiento.

10 5.- Un dispositivo elemental combustible según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el blindaje está compuesto de una aleación seleccionada de un grupo consistente en una aleación a base de circonio y acero inoxidable austenítico.

15 6.- Un dispositivo elemental combustible según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque una cámara de expansión de gas está dispuesta en el interior del citado blindaje.

20 7.- Un dispositivo elemental combustible adecuado para su uso en un reactor nuclear puesto a presión.



Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

La presente memoria consta de doce hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

Alfonso de Elizaburu
Por Dotor.

5

25.3.1969

SAP/

350396

37600

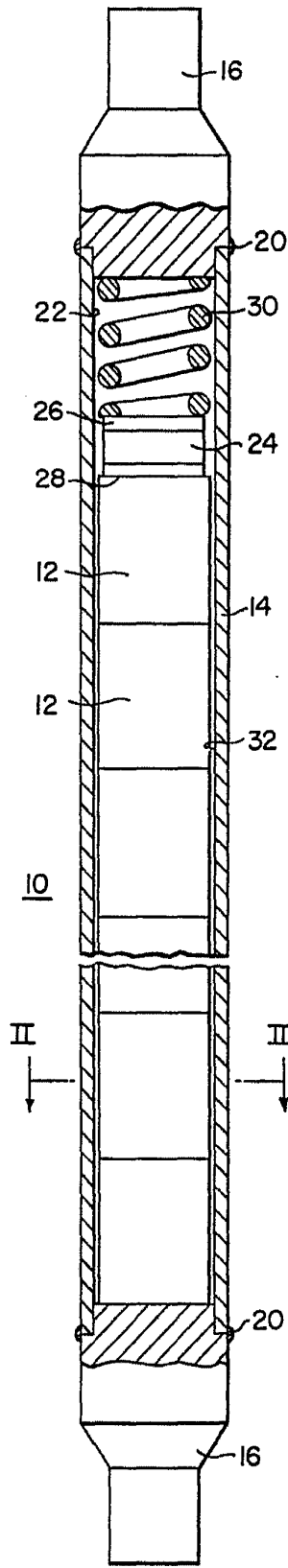


FIG. 1.

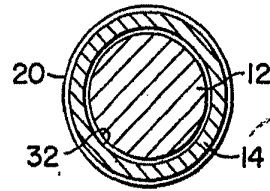


FIG. 2.

[Handwritten signature]
ALBERT W. WESTINGHOUSE
PATENT ATTORNEY