

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

19 ES	11	NUMERO	411.257	10 A1
	21			
	22	FECHA DE PRESENTACION	3-2-73	

PATENTE DE INVENCION

P.- 53.060

W.E. Case
Nº 43.138

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
226.868	16-2-72	EE.UU.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	61 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G21c	

54 TITULO DE LA INVENCION
"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES NUCLEARES"

71 SOLICITANTE (S)
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América

72 INVENTOR (ES)
Henry Anthony Wehrli III, Edmond Emory DeMario y Thomas Raymond Hovanec.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

5 Este invento se refiere en general a elemen-
tos combustibles para reactores nucleares y, más en
particular, a elementos combustibles revestidos, inte-
riormente puestos a presión, que tienen combustible
nuclear contenido en ellos, que produce fisión duran-
10 te la combustión.

Muchos diseños de reactores nucleares comer-
ciales actualmente fabricados tienen su inventario de
combustible de material físil y fértil contenido den-
tro de una pluralidad de elementos combustibles alar-
15 gados revestidos de metal o barras de combustible.
Las barras de combustible comprenden un miembro de re-
vestimiento tubular herméticamente cerrado por un par
de tapones extremos. El combustible consiste general-
mente en pastillas cerámicas yuxtapuestas, de, por
20 ejemplo, dióxido de uranio, contenidas dentro del re-
vestimiento metálico. El exterior del revestimiento es
tá expuesto a un ambiente de alta temperatura y alta
presión. Por ejemplo, en un reactor de agua a presión
un elemento combustible estará expuesto a una presión
25 en exceso de 140 kg/cm^2 y una temperatura de más de

278°C.

Una innovación reciente en la fabricación de elementos combustibles ha sido poner a presión interiormente las barras de combustible antes de su inserción en el núcleo de un reactor nuclear. Este aumento de la presión interna de las barras de combustible contrarresta la presión externa sobre las paredes del revestimiento en el núcleo del reactor y, por tanto, reduce los esfuerzos sobre el revestimiento del combustible. La reducción de los esfuerzos sobre el revestimiento facilita la fabricación de elementos combustibles con paredes más delgadas, lo que ayuda durante el funcionamiento del reactor al escape de neutrones a otras barras de combustible, aumentando de este modo la economía de neutrones y reduciendo con ello el coste del funcionamiento del reactor.

Durante la combustión de las pastillas de combustible fisible se desprenden gases de fisión que aumentan la presión interna dentro de las barras de combustible. Aunque la puesta a presión interna reduce en gran medida la presión diferencial a través del revestimiento y, por tanto, aumenta la fiabilidad de tales barras de combustible, se crea un problema después de una combustión sustancial debido a la cantidad de gases de fisión que se acumulan dentro de ta-

les barras de combustible. Esta acumulación afecta al equilibrio de presiones internas y externas conseguido por la puesta a presión interna de las barras de combustible, haciendo así al revestimiento de las barras de combustible susceptible de romperse. Por tanto, con el fin de fabricar elementos combustibles fiables y, en particular, elementos combustibles tales que hayan de ponerse a presión previa durante la fabricación, se han previsto algunos medios para acomodar los gases de fisión desprendidos durante la combustión. Un ejemplo de un elemento combustible puesto a presión de esta clase con medios para acomodar los gases de fisión puede encontrarse en la patente norteamericana número 3.644.174, concedida el 22 de Febrero de 1972 a H. M. Ferrari y cedida a la Westinghouse Electric Corporation.

Otra solución al problema anterior de acumulación de gases de fisión puede encontrarse en la patente norteamericana número 3.647.622, concedida el 7 de Marzo de 1972 a H. N. Andrews y otros, y cedida a la Westinghouse Electric Corporation. Según esta última patente, uno o más miembros semejantes a fuelles están dispuestos en el interior del elemento combustible, teniendo cada uno una espiga interiormente montada. Cuando se acumulan gases de fisión, los diversos

fuelles son perforados, proporcionando un espacio va_
cío adicional para la acumulación de gases de fisión.
Sin embargo, en las dos patentes antes mencionadas
un gráfico de la presión interna en función del tiem-
5 po para tales barras de combustible muestra una pauta
en dientes de sierra con gradientes de presión fuerte-
mente decrecientes en los puntos predeterminados de
fallo o rotura de los fuelles internos. Se produce de
este modo sobre el revestimiento una pauta de presión
10 diferencial cíclica. Desgraciadamente, los materiales
tales como el zircaló y que son deseables para uso co-
mo revestimiento en elementos combustibles nucleares
debido a su sección transversal de captura relativa-
mente baja con respecto a los neutrones térmicos, tie-
15 nen generalmente un bajo módulo de elasticidad.

Otra solución de la técnica anterior puede
encontrarse en la patente norteamericana número
3.647.623, concedida el 7 de marzo de 1972 a H.M. Fe-
rrari y N. B. L. Hepps y cedida a la Westinghouse
20 Electric Corporation. En este caso se sugiere que un
miembro semejante a un fuelle esté soportado interior-
mente dentro del recinto de sobrepresión del elemento
combustible nuclear y acoplado de forma comunicable
con el ambiente del elemento combustible a fin de man-
25 tener una presión interna sustancialmente igual a la

presión del ambiente externo durante la combustión y la carga siguiente. El elemento a manera de fuelle es tá construido preferiblemente de un material con un módulo de elasticidad relativamente alto de modo que pueda expandirse o contraerse con facilidad para compensar la cantidad de gas de fisión desprendido por el combustible durante la combustión. Aun cuando la última disposición es una mejora con respecto a la técnica anterior, tiene la desventaja de que, si falla el fuelle, los gases de fisión son entregados al refrigerante.

Una solución adicional de la técnica anterior, que proporciona una compensación sustancialmente lineal de la acumulación de presión interna dentro del elemento combustible, puede encontrarse en la solicitud de patente norteamericana número 084.302, presentada el 27 de octubre de 1970 por Raymond J. Bratton y otros, y cedida a la Westinghouse Electric Corporation. Esta solicitud proporciona un elemento combustible herméticamente revestido e interiormente puesto a presión para un reactor nuclear que tiene una cámara cerrada normalmente de forma hermética dentro del recinto de sobrepresión del elemento combustible. La cámara está mantenida a una presión más baja que la presión interna del elemento combustible, y al menos parte de

una de las paredes de la cámara está hecha de un material de membrana permeable que permite que los gases del recinto de sobrepresión se difundan dentro de la cámara a una velocidad comparable a la velocidad del gas de fisión desprendido del combustible durante la combustión. La complejidad en el diseño de la membrana y de la cámara para compensar adecuadamente la acumulación de presión interna hace que desmerezca el valor del invento para mantener el control de la presión de los elementos combustibles.

Por consiguiente, el objeto principal del presente invento es proporcionar un elemento combustible barato y fiable que no esté sometido a una diferencia de presión sustancial a través de su revestimiento ni a una diferencia de presión variable debido a la acumulación de gases de fisión.

Con este objeto a la vista, el presente invento reside en un elemento combustible nuclear que comprende una envolvente herméticamente cerrada que tiene combustible nuclear dispuesto en una parte de la misma, formando el resto de dicha envolvente un recinto de sobrepresión lleno de gas puesto a presión, y al menos una cápsula aplastable cerrada normalmente de forma hermética dispuesta en dicho recinto de sobrepresión, caracterizado porque dicha cápsula es tu-

bular y puede operar para aplastarse gradualmente al producirse un incremento en la presión dentro de dicho recinto de sobrepresión por encima de un valor predeterminado a fin de mantener sustancialmente constante la presión de dicho recinto de sobrepresión.

5

En una realización, como se explicará en lo que sigue, la cápsula aplastable está hecha de un trozo corto de tubo de pared delgada que está recalcado y cerrado herméticamente en ambos extremos. Dentro de la pared de la cápsula está realizado un aplastamiento parcial en forma de un embutido, El embutido, que inicia el aplastamiento, se forma mecánicamente en un extremo de la cápsula.

10

Quando la presión de las barras de combustible se hace igual a la presión inicial de aplastamiento de la cápsula dotada de una parte embutida, se produce un aplastamiento inicial. Cuando esto ocurre, resulta una ligera reducción en la presión de las barras. A medida que se genera más gas de fisión, aumentará la presión hasta que se hace igual a la presión de aplastamiento en servicio. La presión de la barra de combustible se mantendrá entonces a un valor constante debido a que a medida que se desprende más gas de fisión, el aplastamiento se propagará a todo lo largo de la cápsula a una velocidad suficiente pa-

15

20

25

ra mantener constante la presión de la barra.

El invento resultará más fácilmente evidente por la descripción que sigue de una realización preferida del mismo, mostrada, a título de ejemplo solamente, en los dibujos adjuntos, en los que:

5

La figura 1 es una vista en sección de un elemento combustible que representa una realización de este invento;

10

La figura 2 es una representación de la cápsula aplastable desplegada dentro del recinto de sobrepresión del elemento combustible de la figura 1;

15

La figura 3 es una representación de la cápsula aplastable de la figura 2 después de que ha sido iniciado el aplastamiento por una acumulación de presión interna dentro del elemento combustible de la figura 1, y

La figura 4 es una representación de la cápsula aplastable de la figura 3 en la etapa final de aplastamiento completo.

20

La figura 1 muestra un elemento combustible nuclear revestido 10 que incluye un miembro de revestimiento tubular 26 cerrado en sus extremos por un par de tapones extremos 18 y 28 asegurados herméticamente al revestimiento 26 por medios adecuados, tal como por

25

soldadura. El elemento combustible 10 tiene una zona

libre de combustible o recinto de sobrepresión de gas
12 situado normalmente por encima de las pastillas de
combustible 24. Las pastillas de combustible 24 están
situadas en una disposición en tándem que se extiende
5 longitudinalmente entre el tapón extremo inferior 28
del elemento combustible 10 y el recinto de sobrepresión
de gas 12. Las pastillas de combustible 24 y el
recinto de sobrepresión de gas 12 están herméticamente
cerrados dentro del revestimiento 26 del elemento
10 combustible formado a base de un material adecuado,
tal como una aleación de zirconio, y que se extiende
longitudinalmente entre los dos tapones extremos 18
y 28. Una cápsula aplastable 14, hecha de un trozo
corto de tubo de pared delgada, tal como acero inoxidable
15 304, que está recalado y cerrado herméticamente
en ambos extremos, está dispuesta deseablemente
dentro del recinto de sobrepresión 12 y puede estar
soportada, por ejemplo, por el muelle de retención
28, que funciona para mantener las pastillas 24 de
20 forma compacta en su sitio contra el tapón extremo inferior
28, o bien suspendida del tapón extremo superior 18.

La cápsula 14 se aplasta lentamente a una
velocidad controlada por la presión interna de la barra
dentro del recinto de sobrepresión de gas 12 y
25

mantiene de este modo una presión casi constante dentro de la barra. El diseño y el funcionamiento de la cápsula aplastable pueden comprenderse de forma óptima haciendo referencia a la ilustración mostrada en la figura 2. La cápsula ilustrada a modo de ejemplo es tá hecha de un trozo corto de tubo de pared delgada que está recalcado y cerrado herméticamente en ambos extremos. En una realización se forma mecánicamente en un extremo de la cápsula un embutido 16, que inicia el aplastamiento. Deberá comprenderse que pueden preverse otras realizaciones en las que el embutido esté formado en diversos puntos situados entre los extremos de la cápsula.

El control de la presión de la barra de combustible es mantenido por la cápsula de la forma siguiente. Cuando la presión de la barra de combustible se hace igual a la presión de aplastamiento inicial del extremo de la cápsula con embutido, se produce un aplastamiento inicial, como se ve en la figura 3. Por consiguiente, resulta una ligera reducción en la presión de la barra de combustible ($3,5-7 \text{ kg/cm}^2$). A medida que se genera más gas de fisión, aumentará la presión de la barra de combustible hasta que se hace igual a la presión de aplastamiento en servicio de la cápsula 14. La presión de la barra de combustible se mantendrá entonces a un valor constante, debido a que

a medida que se desprende más gas de fisión, el aplastamiento se propagará a todo lo largo de la cápsula con una velocidad suficiente para mantener constante la presión de la barra, como se indica en la figura 4. Por tanto, reconocerán con facilidad los expertos en la técnica, por la descripción que antecede, que la presión de aplastamiento en servicio de la cápsula 14 puede estar diseñada deseablemente para satisfacer la especificación de cualquier barra de combustible particular mediante la elección juiciosa del material para el tubo de la cápsula, el espesor de la pared del tubo, la longitud de la cápsula o la puesta a presión previa de la cápsula.

Por consiguiente, este invento mantiene una presión sustancialmente constante dentro de un elemento combustible puesto a presión utilizando una cápsula aplastable que se aplasta lentamente a una velocidad controlada por la presión interna del elemento combustible y que mantiene de este modo una presión casi constante dentro de la barra de combustible durante toda la vida de funcionamiento. Las ventajas de una cápsula aplastable, distintas de su capacidad para mantener una presión sustancialmente constante, son la ventaja de coste proporcionada por su facilidad de fabricación y su aptitud para evitar pautas de presión

diferencial cíclica que pudieran someter de otro modo el revestimiento de la barra de combustible a rotura.

El volumen total requerido del recinto de sobrepresión, cuando se utilizan tales cápsulas ap^las tables, puede reducirse en vista del hecho de que ya no es necesario un volumen de "lastre" o "sacrificio" para ayudar a reducir las variaciones de la presión. Las puntas térmicas encontradas durante el funcionamiento del reactor, que dan como resultado puntas de presión, producen solo una pequeña reducción en la presión del interior del recinto de sobrepresión de la barra de combustible después de que se completa la punta. Normalmente, solo se requiere una cápsula por elemento combustible. Esto, junto con la sencillez del diseño, da como resultado costes de fabricación relativamente bajos y una gran fiabilidad. Además, el volumen del recinto de sobrepresión, requerido para acomodar la acumulación de gases de fisión dentro de la barra de combustible durante el funcionamiento del reactor es menor que el que requieren los diseños de la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

5 Los puntos de Invención propia y nueva que se presen-
tan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Inven-
ción en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las
reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en elementos
combustibles para reactores nucleares que comprenden una envol-
vente herméticamente cerrada que tiene combustible nuclear dis-
puesto en una parte de la misma, formando el resto de dicha en-
volvente un recinto de sobrepresión lleno de gas puesto a pre-
sión, y al menos una cápsula aplastable cerrada normalmente de
15 forma hermética, dispuesta en dicho recinto de sobrepresión,
caracterizados porque dicha cápsula es tubular y está provista
de un embutido destinado a progresar axialmente como resultado
de una presión de gas predeterminada en dicho recinto de sobre-
presión, provocando así su aplastamiento gradual al producirse
20 un aumento en la presión del interior de dicho recinto de so-
brepresión a fin de mantener sustancialmente constante la pre-
sión de dicho recinto de sobrepresión.

25 2ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1ª,
caracterizados porque dicho embutido está formado en un extre-
mo axial de dicha cápsula.

3ª.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1ª o 2ª, caracterizados porque dicha cápsula consiste en un tubo de acero inoxidable de pared delgada que está cerrado herméticamente por ambos extremos.

5 4ª.- Perfeccionamientos introducidos en elementos combustibles para reactores nucleares.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

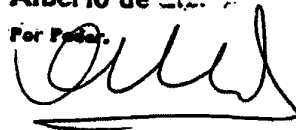
10 Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máqui
na por una sola cara.

Madrid, 02 JUN 1976

P.A.

Alberto de

Per Pajar.



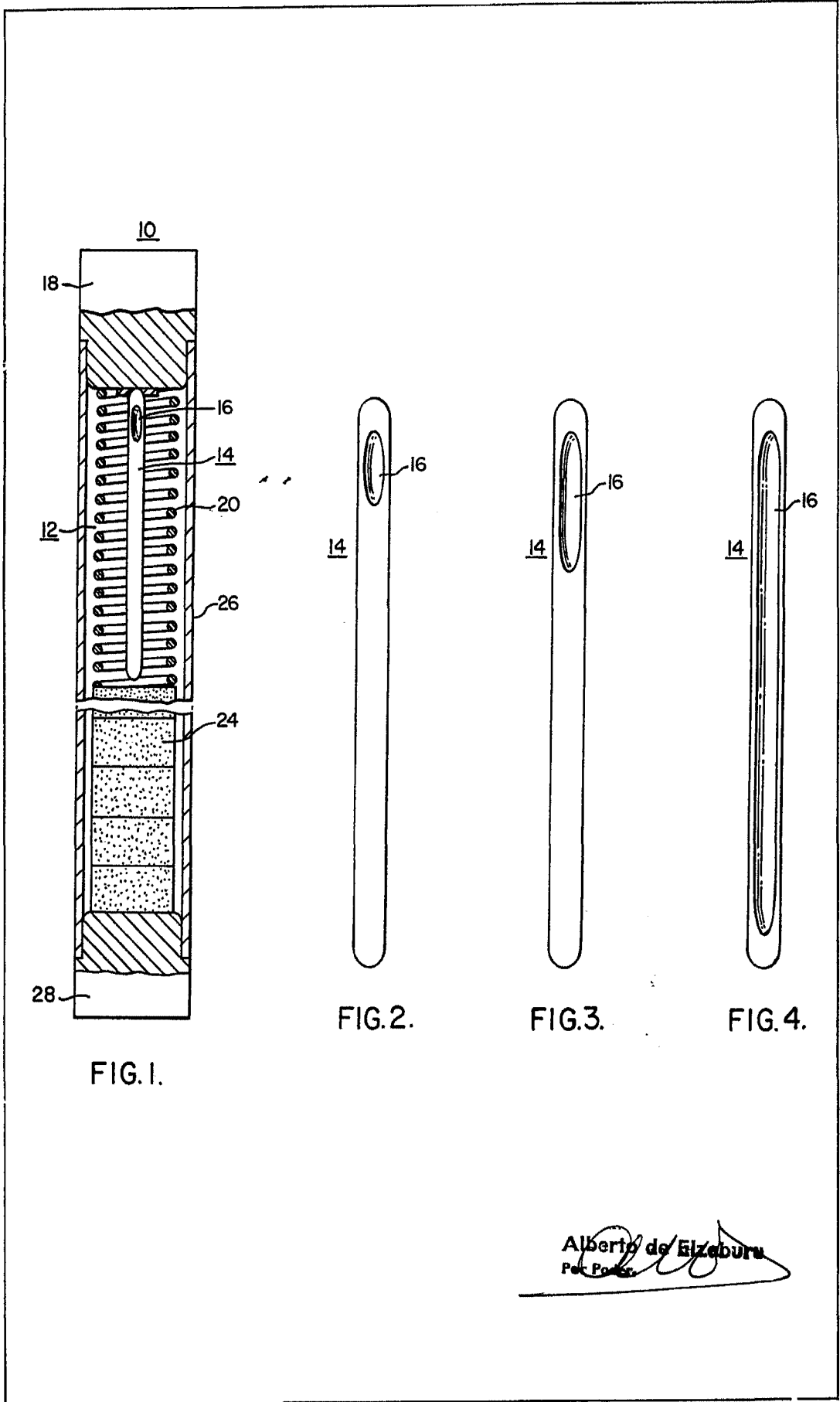


FIG. 1.

FIG. 2.

FIG. 3.

FIG. 4.

Alberto de Elzaburu
Pat. Pending