

S. 1111

PATENTE DE INVENCION

B 4972/5210.3AM

Int. Cl.:	G 21 C

Memoria Descriptiva

sobre:

Perfeccionamientos en la fabricación de elementos combustibles nucleares cerámicos de placa.

.==.==.==.==.==.

Solicitante: COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 29, rue de la Fédération, Paris 15, Francia.

.==.==.==.==.==.

El presente invento se refiere a perfeccionamientos en la fabricación de elementos combustibles nucleares cerámicos de placa.

Ya ha sido propuesta en la técnica nuclear y en particular para los reactores de hilera de agua ligera

la realización de un combustible nuclear en forma de una placa revestida en la cual el material combustible cerámico se halla subdividido y alojado en compartimientos aislados unos de otros por tabiques divisorios hechos de un material metálico, asegurando estos tabiques cierta estanquidad de los compartimientos de combustible unos con relación a los otros.

5.

La utilización de tal estructura combustible en las centrales nucleares, en particular las centrales de agua ordinaria, mejora considerablemente la estabilidad en los ciclos de potencia del combustible, el comportamiento de éste combustible en caso de cese de refrigeración, la fiabilidad de los revestimientos y las cualidades de seguridad de la central nuclear.

10.

En efecto, esta estructura compartimentada mejora las transferencias de calor entre el núcleo combustible y la cubierta, gracias a los tabiques que aíslan los compartimientos, que constituyen pasos de deslizamiento del calor de cada compartimiento combustible hacia la cubierta del elemento. Debido a esto, para una temperatura de salida del refrigerante idéntica, se mantiene la temperatura del núcleo del elemento a un valor inferior a la de los combustibles no compartimentados a la vez por el escaso grueso de las plaquetas y por la citada división en compartimientos. En el caso de un combustible a base de óxido de uranio, revestido de circonio, el mantenimiento de una temperatura más fría mejora la estabilidad del combustible bajo irradiación. Siendo menos importantes las dilataciones diferenciales entre el combustible y la funda, la evolución de los fallos eventuales es mucho más lenta. Asimismo, en caso de detención accidental del circuito de refrigeración, al ser muy inferior la temperatura de equi-

20.

25.

30.

librio funda-óxido, se facilita la humectación por el agua inyectada de urgencia y se reducen los riesgos de reacción circonio-agua.

5. Por otra parte, en el curso de la rotura de una funda o cubierta de elemento combustible, la cantidad de productos de fisión liberada en el refrigerante es mucho menor, puesto que se limita al contenido de un solo compartimiento del elemento.

10. Desgraciadamente, las ventajas citadas anteriormente y normalmente alcanzadas con dicha técnica no han podido valorizarse plenamente hasta el momento por razones varias que se basan sobre todo en las imperfecciones de la tecnología empleada hasta ahora.

15. Por una parte, los elementos de placas realizados hasta el presente no han podido presentar un tabicado perfectamente estanco en funcionamiento para los diferentes compartimientos de combustible, reduciéndose así considerablemente las ventajas de esta estructura en caso de rotura de la cubierta.

20. Por otra parte, el procedimiento de fabricación de tales elementos de placas es relativamente delicado. En efecto, una técnica conocida para realizar placas combustibles revestidas y compartimentadas consiste en introducir, entre dos placas metálicas de revestimiento, una placa metálica perforada cuyas perforaciones se han llenado de combustible nuclear pulverulento.

25. La fabricación del núcleo combustible propiamente dicho necesita por tanto el labrado mecánico de la placa metálica para obtener las perforaciones y el llenado de dichas perforaciones por un combustible nuclear.

30.

El montaje del núcleo combustible y de las placas de revestimiento se efectúa a continuación por soldadura, laminado o compresión en caliente.

5. El presente invento tiene precisamente por objeto un nuevo elemento combustible cerámico de placa que ofrece una seguridad mucho mayor que las estructuras anteriores en lo que respecta a su estabilidad en pila y cuyo procedimiento de fabricación es mucho más simple por cuanto no precisa operaciones intermedias de trabajo mecánico costosas. En efecto, por
10. un solo tratamiento térmico a presión, este procedimiento permite efectuar, a partir de un núcleo combustible constituido por la yuxtaposición de elementos previamente elaborados, el revestimiento del elemento combustible y establecer al mismo tiempo un enlace metalúrgico perfecto entre los tabiques
15. de cada compartimiento de combustible.

- A tal efecto, el elemento combustible nuclear de placa, objeto del invento, comprende un núcleo a base de material combustible cerámico encerrado entre dos placas metálicas de enfundadura y se caracteriza por el hecho de que el núcleo
20. combustible está constituido por la yuxtaposición de una pluralidad de plaquillas de material combustible cerámico, algunas de las cuales al menos poseen una protección metálica individual que participa de la enfundadura de las plaquillas y del compartimiento del elemento.

25. Puede observarse por tanto, según esta característica esencial del invento, que son las protecciones metálicas individuales autónomas o enfundaduras de cada plaquilla de combustible las que realizan el compartimentado del combustible citado anteriormente y que conducen a los rendimientos interesantes de éste tipo de elemento combustible. No es necesario
- 30.

por otra parte, para obtener este resultado, que todas las plaquetas tengan una protección propia; basta que una plaqueta no protegida sea rodeada, en el elemento placa, con cuatro plaquillas que posean tal protección.

5. Según el invento, la protección metálica individual de las plaquillas de combustible puede realizarse de varias formas diferentes.

10. En una primera forma de realización del invento, cada plaquilla de combustible se reviste enteramente con una hoja metálica delgada, en particular de circonio o de una aleación de circonio, que le sirve de envoltura. En ciertos casos, las plaquetas de combustible nuclear cerámico se revisten ventajosamente con una capa de grafito antes de ser envueltas en la hoja metálica delgada.

15. Según una variante de ésta forma de realización, se intercalan regletas metálicas entre las plaquillas combustibles de tal manera que dos plaquillas combustibles próximas estén separadas por la totalidad o parte de una regleta metálica.

20. En una segunda forma de realización, la protección metálica individual de cada plaquilla de material combustible cerámico se realiza lateralmente por una banda metálica delgada que viene a rodear dicha plaquilla. Una de las ventajas aportadas por esta segunda forma de realización es la de suprimir la necesidad de prever un sistema de regletas para disponer las plaquillas de combustible entre las dos placas de revestimiento antes de la soldadura por difusión, puesto que la protección metálica lateral de estas mismas plaquillas les confiere una solidez y una autonomía suficientes para que baste alinearlas una al lado de otra. Una realización preferida del invento consiste, en este modo de ejecución, en constituir

25.

30.

las placas de combustible con ayuda de una sola hilera de plaquillas elementales, lo que permite realizar así láminas de combustibles estrechas y de gran longitud que se mantienen en posición por un sistema de rejillas situadas en la caja del elemento combustible y que determinan su distancia respectiva. Un elemento combustible así constituido es particularmente interesante para los reactores de hilera de agua ligera.

5.

Este elemento combustible, constituido a partir de plaquillas elementales de combustible rodeadas individualmente por una banda metálica delgada, puede realizarse, según el invento, de dos maneras diferentes.

10.

En ciertos casos, la banda metálica delgada está constituida por dos cintas plegadas en forma de U encajadas una en la otra en los lados de la plaquilla y fijadas por puntos de soldadura, por ejemplo con ayuda del procedimiento conocido de soldadura eléctrica por puntos.

15.

En otros casos, la banda metálica delgada está constituida por un enrollamiento de al menos una vuelta sobre el perímetro lateral de la plaquilla de una cinta delgada de escaso espesor, por ejemplo comprendido entre 0,05 y 0,2 mm.

20.

Como en la primera forma de realización, la protección metálica de cada plaquilla de material combustible se realiza con preferencia con uno de los metales habitualmente escogidos para la enfundadura de los elementos combustibles de las pilas de agua, es decir, por ejemplo el circonio y sus aleaciones. La banda metálica así utilizada para rodear las plaquillas de material combustible cerámico tiene un espesor variable pero relativamente reducido y está por ejemplo comprendido entre 0,1 y 0,5 mm.

25.

30.

Cuando la banda metálica delgada está constituida por

5. dos cintas en forma de U, éstas últimas pueden encajarse una en la otra de dos formas diferentes, a saber, cubriendo completamente las ramificaciones de una externa las ramificaciones de la otra interna, o bien, al contrario, teniendo cada una de entre ellas una ramificación interna y una ramificación externa.

10. Según una característica del invento, el material combustible cerámico es bióxido de uranio y el material de revestimiento se escoge entre el grupo que comprende circonio y aleaciones de circonio; las regletas metálicas se realizan igualmente de un material idéntico.

15. Según otra característica del invento, el material combustible cerámico se carga con un veneno neutrónico consumible para compensar la caída de reactividad en el curso de la vida del reactor.

20. El procedimiento de fabricación de una placa combustible nuclear según el invento se caracteriza por el hecho de que comprende la realización de plaquillas de combustible nuclear cerámico protegidas individualmente por una enfundadura autónoma, la colocación en posición, entre dos placas metálicas de revestimiento, de una capa de dichas plaquillas combustibles dispuestas en el interior de un marco metálico, y después la soldadura por difusión del conjunto así obtenido bajo presión y a elevada temperatura.

25. Según una variante del invento, en el curso del montaje de las plaquillas, se disponen entre estas plaquillas regletas metálicas delgadas que aseguran la separación entre dos plaquillas próximas.

30. Según una característica del procedimiento objeto del invento, la soldadura por difusión se realiza manteniendo

5. el conjunto obtenido a una temperatura próxima a los 830°C bajo una presión del orden de 1000 bares durante aproximadamente 4 horas. En el curso de esta última operación, el marco metálico, las proyecciones individuales autónomas y las dos placas metálicas de revestimiento superior e inferior se funden en una sola y misma pieza, envolviendo así las plaquillas elementales en alvéolos independientes y perfectamente aislados entre sí.

10. Las placas metálicas de revestimiento pueden ser planas o curvadas en sus bordes laterales; son siempre soldadas de manera que encierren el conjunto de placas de manera estanca antes de la operación precedente de soldadura por fusión.

15. Las características del invento se evidenciarán más particularmente por la descripción que sigue, dada a título de ejemplo no limitativo y que se refiere a los planos anexos, en los cuales:

la figura 1 representa una placa combustible según el invento;

20. la figura 2 representa una variante de esta placa combustible, equipada con regletas;

la figura 3 representa una plaquilla combustible elemental;

la figura 4, representa una segunda variante de esta placa combustible según el invento;

25. la figura 5 representa una plaquilla de material combustible y las dos cintas dobladas en forma de U destinadas a su enfundadura lateral, mostrando las figuras 5a y 5b dos variantes;

30. la figura 6 representa un fleje delgado plegado sobre sí mismo y destinado al revestimiento lateral de una plaqui-

lla de material combustible;

la figura 7 representa esquemáticamente en sección una sección del elemento combustible en forma de lámina estrecha de gran longitud, constituida por una sola hilera de plaquillas antes de la enfundadura;

5.

la figura 8 representa parcialmente una lámina estrecha conforme a la de la figura 3, después de la enfundadura.

La placa combustible ilustrada en la figura 1 comprende dos placas externas de enfundadura 1 y una capa central 2 constituida por varias plaquillas combustibles 3, dispuestas según varias hileras y que cubren la superficie de la placa combustible dejando sin embargo espacios laterales. Estos espacios laterales son ocupados por un marco metálico 4, que rodea el conjunto de las plaquillas combustibles 3. Las plaquillas combustibles 3 se hallan separadas unas de otras por las hojas metálicas 5 que envuelven cada plaquilla combustible 3 y forman los tabiques que aislan los compartimientos combustibles.

10.

15.

20.

25.

Refiriéndonos ahora a la figura 2 que ilustra una variante de una placa combustible según el invento, se encuentran las placas externas de enfundadura o revestimiento 1, y la capa central 2 constituida por las plaquillas combustibles 3 dispuestas según varias hileras. En este ejemplo, se intercalan regletas metálicas 6 entre las plaquillas combustibles próximas y refuerzan los tabiques de los compartimientos combustibles 3.

30.

En el caso de la figura 2, estas regletas metálicas 6 se hallan dispuestas según una red en dos direcciones perpendiculares; en la forma de realización de la figura 4, por el contrario, todas las regletas metálicas 6 son paralelas y se extienden a todo lo largo de la placa de combustible.

5. A continuación se describe el procedimiento de fabricación de una placa combustible como la ilustrada en la figura 1, tomando para ejemplo no limitativo el caso de una placa de zircaloy que contiene un combustible a base de óxido de uranio enriquecido. Se parte de plaquillas de sección cuadrada, de un espesor de 9 a 4 mm constituidas por óxido de uranio fritado de una densidad de aproximadamente 10,3. A la salida del horno de fritado, estas plaquillas son en primer lugar revestidas con una capa de grafito que constituye una barrera anti-difusión para evitar la reacción zircaloy- UO_2 , efectuándose el depósito de esta capa de grafito por cualquier procedimiento conocido tal como el depósito de grafito pirolítico a partir de una fase gaseosa, el procedimiento Aquadag etc...

10. Estas plaquillas son envueltas a continuación en una hoja de circonio dúctil de 0,05 a 0,1 mm aproximadamente de espesor a la manera de un "caramelo".

15. La figura 3 muestra la plaquilla 3 colocada sobre la hoja de circonio 5. Doblando las esquinas de esta hoja 5, se obtiene una plaquilla envuelta a la manera de un "caramelo". Se procede entonces al montaje de estas plaquillas envueltas sobre una placa soporte de zircaloy de 0,40 mm de espesor que constituye una de las fundas 1 que constituyen una de las fundas 1 del elemento combustible. Se colocan las plaquillas

20. 3 unas al lado de otras formando hileras de forma que cubran la superficie de la placa de enfundadura con exclusión de los bordes 1 que se dejan libres y sobre los cuales se disponen los elementos 4 alargados de zircaloy de 4 mm de espesor, destinados a formar un marco que rodea las plaquillas combustibles. Se cubre el conjunto así obtenido por una placa de zir

caloy de 0,40 mm de grueso que constituye la otra funda del elemento combustible y se efectúa una soldadura al vacío de las fundas y del marco que rodea el núcleo combustible para cerrar el elemento y asegurar el mantenimiento de las plaquillas en el interior de la enfundadura.

5.

La última fase del procedimiento se refiere a la solidarización del conjunto para efectuar los enlaces metalúrgicos entre las fundas o revestimientos 1 del elemento, delimitando estos compartimentos el combustible 3 contenido en cada compartimento y las hojas metálicas 5.

10.

Esta operación se realiza por soldadura por difusión manteniendo el conjunto durante 4 horas a una temperatura de 830°C en atmósfera gaseosa, por ejemplo helio, bajo una presión de 1000 bares.

15.

El procedimiento de fabricación de la placa combustible ilustrada en la figura 2 es casi similar.

Se parte de plaquillas combustibles revestidas y después envueltas en una hoja de circonio dúctil a la manera de un "caramelo". Se procede a continuación al montaje de estas plaquillas envueltas sobre una de las placas de soporte 1 de zircaloy que constituyen las fundas o cubiertas del elemento combustible, intercalando entre las plaquillas combustibles regletas metálicas 6 de igual grueso que las plaquillas para reforzar los tabiques de los compartimentos combustibles. Las regletas metálicas son de dos tipos. Tienen todas el mismo ancho y el mismo grueso, pero se diferencian por su largo. El primer tipo es de un largo igual al lado de una plaquilla combustible en el caso de plaquillas combustibles de sección cuadrada. El segundo tipo es de un largo igual al largo total de la placa combustible. Se constituye la primera hilera de plaquillas con

20.

25.

30.

5. bustible sobre la placa soporte de zircaloy colocando alternativamente una plaquilla combustible 3 y después una regleta 5 de zircaloy del primer tipo. Cuando esta hilera se termina se dispone, a lo largo de la misma, una regleta de zircaloy 6 del segundo tipo, después se constituye la segunda hilera de la misma forma que la primera y se prosiguen las operaciones a fin de cubrir la superficie de la placa de revestimiento o en fundadura. Se cubre el conjunto con la segunda placa de cobertura y después se efectúa el cierre de la placa de combustible y la solidificación del conjunto como anteriormente.

10. Es bien evidente que este ejemplo de ensamblaje de las plaquillas combustibles y de las regletas metálicas no es en absoluto y que pueden utilizarse otros tipos de montajes que permanezcan en el marco del presente invento. En particular, las plaquillas combustibles puede ser de cualquier forma geométrica con tal de que su yuxtaposición llegue a constituir una superficie combustible desprovista de vacíos.

15. En la figura 5, se ha representado una plaquilla de material combustible cerámico 3 provista, según la segunda forma de realización del invento, de su protección por una banda metálica delgada 7 soldada en cierto número de puntos tales como 8. En el caso de la figura 5, la banda metálica delgada es de zircaloy; se constituye a partir de dos cintas 9 y 10 de espesor de 0,30 mm, plegadas en forma de U, y representadas esquemáticamente en la figura en línea de puntos antes de su encaje en torno a la plaquilla 3; la figura 5 muestra igualmente en forma muy esquemática los circuitos 11 y 12 de soldadura eléctrica y el generador eléctrico 15 utilizados para realizar los puntos de soldadura 8 de la banda metálica 7 de la plaquilla 3. Según el invento, dos formas de realización dife

20.

25.

30.

rentes del encajamiento de las cintas en forma de U son utilizables y se representan respectivamente en las figuras 5a y 5b que no muestran las plaquillas para simplificar el diseño.

5. En la primera forma de realización de la figura 5a, una de las dos cintas, la cinta 9 interna, se halla enteramente cubierta por la otra, la cinta 10.

En la segunda forma de la figura 5b, la cinta 9 y la cinta 10 tienen cada una ramificación externa 9a y 10a y una ramificación interna 9b y 10b.

10. En la primera forma de realización del procedimiento, los electrodos 13 y 14 se hallan alineados según las flechas F1 y F2 para ejercer una fuerza de compresión sobre las paredes laterales 7 de la plaquilla 3. En el ejemplo descrito, esta fuerza de aplicación que es necesaria para disminuir la resistencia de contacto entre las dos cintas 9 y 10 y los efectos de calentamiento por efecto joule en la cinta externa 10 (figura 1a) que cortocircuitan los dos electrodos 13 y 14, es del orden de 14 kg. Esta forma de practicar ha dado los mejores resultados, pero se precisa una energía bastante elevada para tener presente el hecho de que una parte importante de esta energía se consume inevitablemente en corto-circuito en una de las cintas plegadas en forma de U. En contraposición, se efectúan de esta forma dos soldaduras simultáneas sobre los lados frente a las dos ramificaciones de cada U, lo que representa una ventaja.

25. En la segunda forma de realización del procedimiento descrito con referencia a la figura 5, el circuito eléctrico es en trazos interrumpidos y el generador en 15a. Los electrodos 13 y 14 se aplican siempre sobre las paredes laterales de la plaquilla 3 uno enfrente del otro, para ejercer la fuerza

30.

5. de compresión necesaria; sin embargo, los dos electrodos 13 y 14 se sitúan al mismo potencial y la llegada de la corriente se realiza por un circuito 12 unido eléctricamente a las ramificaciones laterales de la cinta en forma de U interna. El enlace eléctrico puede realizarse por ejemplo con ayuda de un flete de cobre.

10. El interés de esta variante es obtener un resultado análogo al anterior con una energía eléctrica y una fuerza de compresión media, ya que debido a la disposición de las cintas como se muestra en la figura 5b, ya no se plantean los problemas de cortocircuito; en cambio su aplicación industrial a gran escala es evidentemente más delicada.

15. En el caso de la figura 6, la plaquilla de material combustible cerámico no se representa para permitir una mejor visibilidad del diseño y se ve simplemente el fleje de zircaloy 16 plegado y enrollado sobre sí mismo. Una vez enrollado sobre la plaquilla de material combustible este fleje es a su vez soldado en cierto número de puntos tales como 8 en el ejemplo anterior. En el ejemplo de la figura 6, la banda metálica delgada que constituye la enfundadura lateral de la plaquilla posee un espesor del orden de 0,2 mm.

20. En la figura 7 se ha mostrado en sección un fragmento de una lámina de elemento combustible 17, realizada por ensamblaje de una sola hilera de plaquillas de combustible cerámico tales como 3, provistas de sus cintas de revestimiento autónomas 9 y 10 y destinadas a ser enfundadas entre dos placas de zircaloy superior 18 e inferior 19. A tal efecto, las placas 18 y 19 se hallan cubiertas en sus extremos para encerrar dos hilos de zircaloy 20 y 21 que se extienden a todo lo largo de la lámina. Realizándose así el montaje, las placas 18

5. y 19 son soldadas por toda su línea de acoplamiento según dos trazados 22 y 23, por ejemplo por bombardeo electrónico. Por último, el revestimiento por soldadura por difusión a elevada temperatura y a presión realiza el ensamblaje estanco de los diferentes elementos. El producto final obtenido, visible en la figura 8, es una lámina de elemento combustible 17 enteramente empotrada en el zircaloy, o cada plaquilla de material combustible cerámico está enfundada en un compartimiento unitario. Tales láminas de elementos combustibles pueden utilizarse ventajosamente en conjuntos de combustible constituido cada uno por un gran número de láminas estrechas mantenidas por ejillas de una caja de elementos combustibles; estos conjuntos se emplean en particular como elementos combustibles en los reactores nucleares del tipo de los enfriados por agua.

15.

N O T A

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a unas solicitudes de patente presentadas en Francia con los números EN 73 24992 de 6 de Julio de 1973 y EN 74 11821 de 3 de Abril de 1974, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN LA FABRICACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES NUCLEARES CERAMICOS DE PLACA; caracte-

30.

rizándose por lo siguiente:

5. 1.- Perfeccionamientos en la fabricación de elementos combustibles nucleares cerámicos de placa, del tipo que comprenden un núcleo a base de material combustible cerámico encerrado entre dos placas metálicas de revestimiento o cobertura, caracterizados porque el núcleo se constituye por la juxtaposición de una pluralidad de plaquillas de material combustible cerámico, al menos algunas de las cuales poseen su protección metálica individual, que participa en el revestimiento de las plaquillas y en el compartimentado del elemento.
10. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la protección de cada plaquilla de material combustible cerámico es realizada lateralmente mediante una banda metálica delgada.
15. 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque la banda metálica delgada posee un espesor comprendido entre 0,1 y 0,5 mm.
20. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque la banda metálica delgada se constituye por dos cintas plegadas en forma de U encajadas una en la otra en los lados de la plaquilla y fijadas por puntos de soldadura.
25. 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque la banda metálica delgada se constituye por enrollamiento de al menos una vuelta sobre el perímetro lateral de cada plaquilla de una cinta delgada de espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 mm.
30. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la protección individual de cada plaquilla se realiza con una hoja metálica delgada que la envuelve com-

pletamente.

5. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque se intercalan regletas metálicas entre las plaquillas combustibles protegidas de tal manera, que dos plaquillas combustibles próximas se separan por la totalidad o parte de una regleta metálica.

10. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque dos hileras próximas cualesquiera de plaquillas combustibles protegidas se separan por una regleta metálica que se extiende a todo lo largo del elemento.

15. 9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque las plaquillas de material combustible encuadradas se hallan alineadas en una sola hilera para constituir una lámina estrecha de gran longitud enfundada entre dos placas metálicas superior e inferior.

20. 10.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 o 6, caracterizados porque el material que constituye el revestimiento individual autónomo de cada plaquilla se selecciona entre el grupo que comprende circonio o aleaciones de circonio.

11.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el material combustible cerámico es bixido de uranio.

25. 12.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el material combustible cerámico es cargado con un veneno neutrónico consumible.

30. 13.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el material de revestimiento se selecciona entre el grupo que comprende circonio y aleaciones de circonio.

14.- Perfeccionamientos según la reivindicación 7, caracterizados porque las regletas metálicas se realizan de un material idéntico al de la funda del elemento.

5. 15.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque cada elementos se constituye de plaquillas de combustible nuclear cerámico provistas de una protección metálica individual, colocándose en posición, entre dos placas metálicas de revestimiento, una capa de dichas plaquillas combustibles dispuestas en el interior de un marco metálico, y soldándose por difusión el conjunto así obtenido bajo presión y a elevada temperatura.

10. 16.- Perfeccionamientos según la reivindicación 15, caracterizados porque en cada una de las dos cintas que constituyen la protección y que tienen una ramificación interna y una ramificación externa, se realiza una soldadura eléctrica por puntos de las dos cintas, siendo llevada la energía eléctrica por dos electrodos colocados sobre los lados de la plaquilla en el frente que corresponde a las paredes laterales de las dos cintas en forma de U, estando unido cada uno de dichos electrodos por un polo del generador eléctrico.

15. 17.- Perfeccionamientos según la reivindicación 16, caracterizados porque cuando los dos electrodos están aplicados sobre la primera cinta en U externa, dispuestos en paralelo y al mismo potencial, el circuito eléctrico se halla cerrado por un tercer electrodo unido eléctricamente a las ramificaciones laterales de la segunda cinta en forma de U interna.

20. 18.- Perfeccionamientos según la reivindicación 15, caracterizados porque en el curso del montaje del elemento, se disponen entre las plaquillas combustibles regletas metálicas delgadas que efectúan la separación entre dos plaquillas

25. 30.

próximas.

5. 19.- Perfeccionamientos según la reivindicación 15, caracterizados porque la soldadura por difusión se realizan manteniendo el conjunto obtenido a una temperatura próxima a los 830° C a una presión del orden de 1000 bares durante aproximadamente 4 horas.

10. 20.- Perfeccionamientos según la reivindicación 15, caracterizados porque las plaquillas de combustible nuclear cerámico son revestidas por una capa de grafito antes de ser envueltas en la hoja metálica delgada.

21.- Perfeccionamientos en la fabricación de elementos combustibles nucleares cerámicos de placa, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

15. Esta Memoria consta de diecinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 6 Julio 1974

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

Group Acebo
pp. Mupius

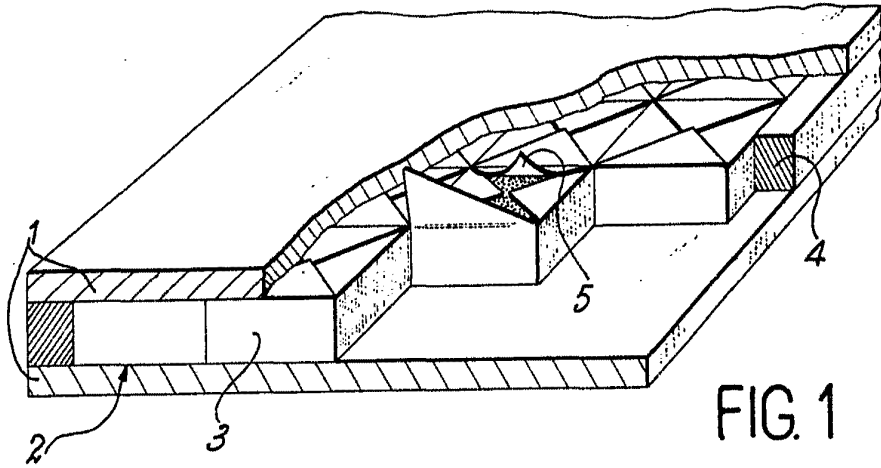


FIG. 1

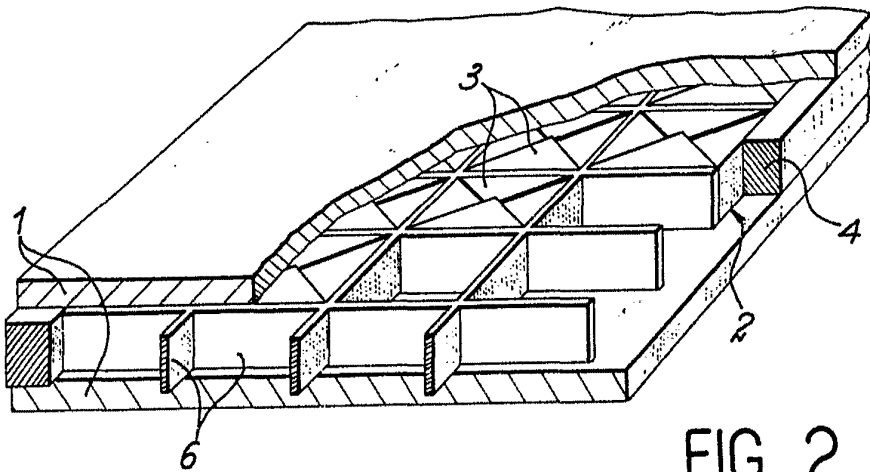
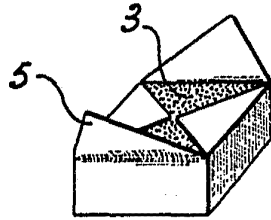


FIG. 2

-C. 102.1074

RECEIVED 1974
10/10/74

Handwritten signature



RECEIVED
MAY 19 1954

FIG. 3

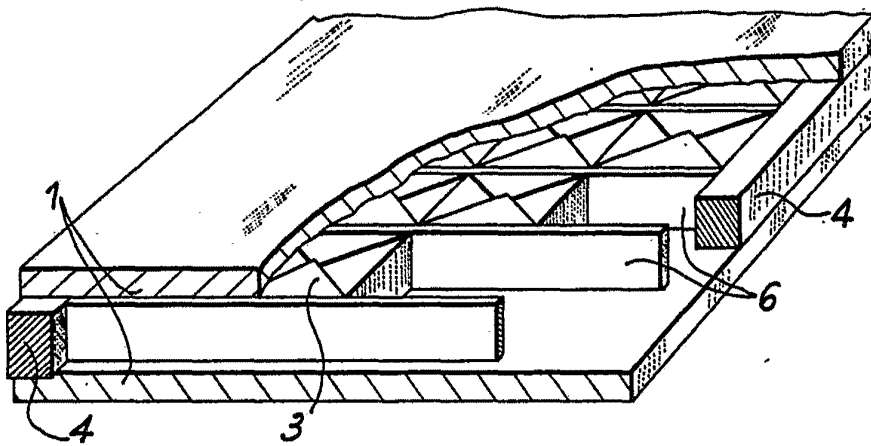


FIG. 4

- 6 JUL 1954
RECEIVED
MAY 19 1954
[Signature]

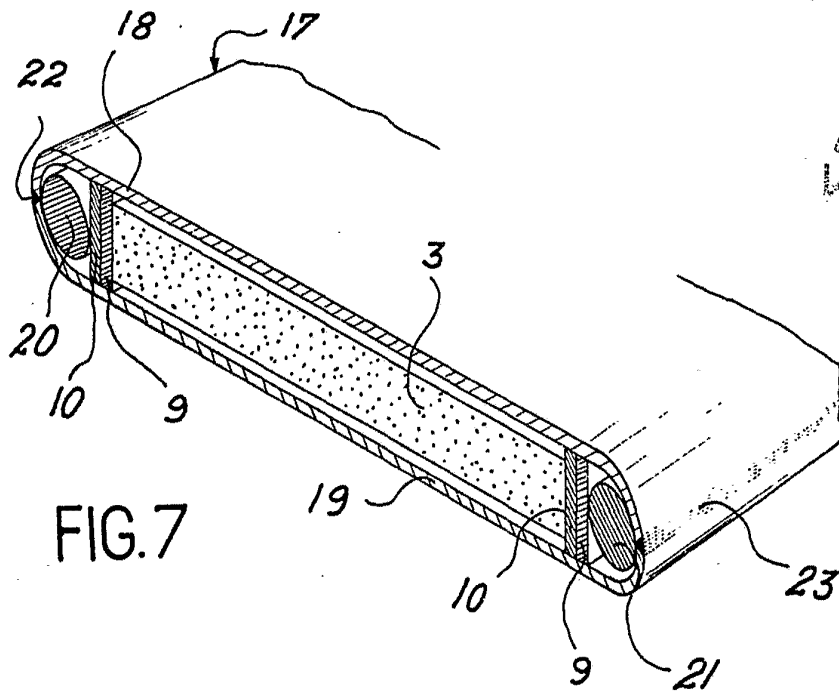
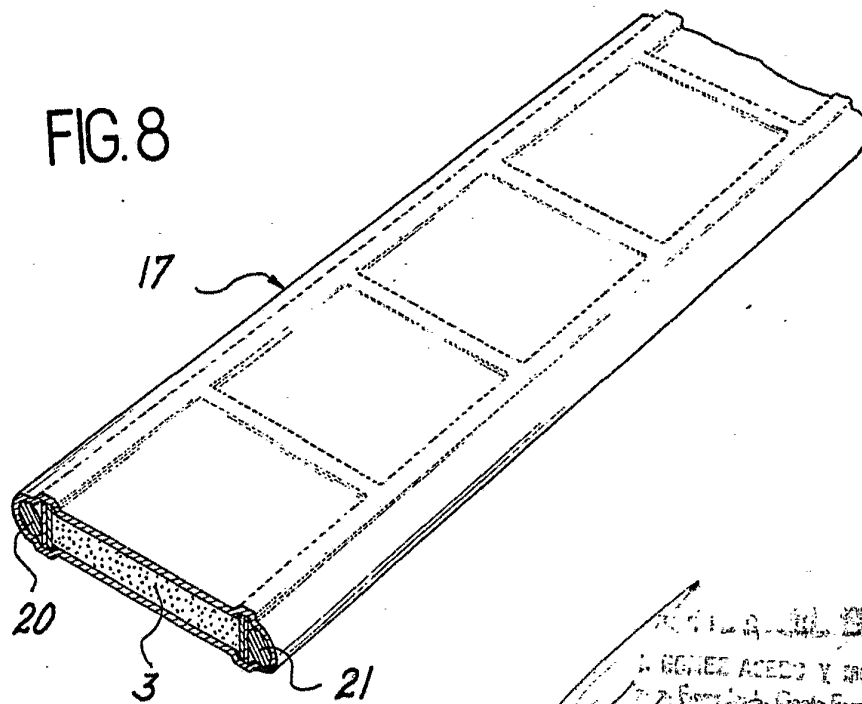


FIG. 7

FIG. 8



REG. N.º 1.111.512
A. GONZALEZ Y MOYER
Ingenieros Industriales, Cádiz, España