

7 2 2 7 7



MEMORIA DESCRIPTIVA.

=====

PATENTE DE INVENCION.

P A I S : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS  
"EN LAS BARRAS DE COMBUSTIBLE TU-  
"BULARES PARA REACTORES NUCLEARES".

=====

A nombre de : COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE  
ATOMIQUE (EURATOM).

Residente en : BRUSELAS (Bélgica), Belliard, 51-53.



316247

El presente invento se refiere a una barra de combustible tubular para reactores nucleares, particularmente reactores de potencia refrigerados por un fluido bajo presión, que tiene esencialmente una funda externa y una funda interna cilíndricas que encierran entre ambas un tubo e anillos, aplicados uno sobre otro, de materia fisiónable y dos tapones anulares de unión y cierre de las extremidades de las fundas.

Se sabe que en el caso general de los combustibles de fuerte potencia específica, se ha recurrido a menudo al combustible de forma anular, que permite la refrigeración de las superficies tanto exteriores como interiores de la barra, a fin de disponer, para una sección de combustible dada, de superficies de intercambio térmico con el fluido portador del calor grandemente aumentadas.

Es también conocido que, salvo en el caso de las fundas plásticas unidas por la acción del fluido portador del calor bajo presión sobre el combustible, que es del tipo metálico, uranio o aleaciones a base de uranio por ejemplo, el empleo de este tipo de barra encuentra de una manera general una seria limitación por las dificultades encontradas para garantizar una eficaz estabilidad termo-mecánica de la funda interior.

En efecto, en el caso bastante general de fundas con coeficiente de dilatación superior al del combustible, la

- 316247 -



funda interior tiene tendencia a dilatarse y, apoyándose contra la superficie interior del combustible tubular, es sometida a compresión, lo que en ciertas condiciones de temperatura, la hace inestable por pandeo local que trae como consecuencia la formación de pliegues que llevan en poco tiempo, a roturas de la estanqueidad.

Este fenómeno de inestabilidad termo-mecánica de la funda interior que se verifica tanto en el caso de fundas rígidas no unidas al combustible, como en el caso de fundas unidas al combustible por una barrera de difusión por ejemplo, donde se comprueba primeramente el cizallamiento de la unión seguido de la formación de pliegues, se verifica también para barras de fundarígida no unida que tiene una dilatación inferior a la del combustible. En este caso en efecto, la desunión del combustible de la funda debido a su dilatación trae consigo una elevación de temperatura de la cara interna del combustible tubular que provoca una ulterior desunión y acentua las sollicitaciones térmicas y mecánicas tanto sobre el material de funda como sobre el combustible.

Por otra parte es también conocido el empleo, en las barras de combustible cilíndrico, de una funda muy delgada de un espesor igual o inferior a una décima de milímetro, que se hace flexible por medio de pliegues de deformación radial y axial, la cual rodea el combustible -bajo la forma de una barra o de un apilamiento de pastilla- con la interposición de un material que es plástico a las temperaturas de funcionamiento del reactor.

En tal elemento de combustible, que ha sido descrito en la Patente española Nº. 288.441, que tiene por título "Perfeccionamientos en los lápices de combustible de funda



- delgada y flexible para reactores nucleares", depositada en España a nombre de la solicitante el 28 de mayo de 1.963, la funda que carece de una rigidez propia a causa de la extrema delgadez de su espesor, puede estar hecha con diámetros importantes, siendo obtenida su estabilidad por medio de los pliegues de deformación, con la convexidad vuelta hacia el exterior, previstos sobre la parte de funda comprendida entre las zonas terminales de aplicaciones de los cierres
- 60.- (dividiéndose estos pliegues en pliegues longitudinales de deformación radial y, sobre al menos uno de los extremos de dicha parte, en pliegues de deformación axial, circunferenciales o helicoidales, en prolongación de los pliegues longitudinales) que están llenos así como el espacio previsto entre la funda y el combustible por la materia plástica en caliente constituida de preferencia por magnesio.

En efecto, la funda puede soportar en esta disposición presiones exteriores muy fuertes sin sufrir esfuerzos importantes descansando sobre el cojín plástico solicitado hidrostáticamente y resistir a los esfuerzos debidos a la dilatación del combustible y del cojín plástico así como a las variaciones de dimensión bajo la radiación del combustible, que siendo transmitidos a los pliegues por deformación hidrostática no traen consigo esfuerzos inadmisibles por el material de enfundado.

- 75.-
- 80.- Es también conocido que para estas barras de combustible cilíndricas de funda muy delgada, presentando estas una rigidez transversal muy débil sobre todo en el caso de un apilamiento de pastillas, deben ser empleadas recubiertas por una estructura de rigidificación o insertadas en un canal que les impone una geometría definida a proximidad y
- 85.-

- 5 - 316247



deben estar provistas de pliegues longitudinales de centrado reforzados por un hilo de rigidificación que permiten a las barras conservar una posición axial determinada en la vena de fluido refrigerante materializada por la estructura o el canal que rodea la barra.

Tales barras han sido el objeto de la solicitud de Patente Nº. 315.862, depositada el 27 de Julio de 1.965 en España a nombre de la solicitante y que tiene por título "Perfeccionamientos introducidos en las barras de combustible utilizadas en reactores nucleares".

El objeto del presente invento es una barra de combustible tubular que, gracias a la forma en que esta concebida, presenta características mejoradas de empleo térmico y mecánico que evitan los fenómenos de inestabilidad termo-mecánicos presentados por la funda interior en las realizaciones conocidas.

El objeto principal del invento es la realización de una barra de combustible del tipo mencionado más arriba que tiene fundas delgadas flexibles separadas del combustible por un material plástico al calor de manera que se compensen las dilataciones diferenciales combustible-funda interior y que se supriman los riesgos de pandeo local o de inestabilidad térmica y un elemento central de rigidificación que le confiere una rigidez transversal.

La barra se caracteriza esencialmente por el hecho de que tiene fundas delgadas flexibles, preferentemente de acero inoxidable, con un espesor igual o inferior a un milímetro, que, provistas sobre la parte comprendida entre las zonas terminales de aplicación de los tapones de pliegues longitudinales de deformación radial y, sobre al menos una de



las extremidades de dicha parte, de pliegues de deformación axial, circunferenciales o helicoidales, presentan pliegues longitudinales, igualmente espaciados y con una altura de pliegues más grande que la de los pliegues de deformación axial, reforzados interiormente por un hilo de rigidificación y encierran entre ellos el combustible por medio de una capa viscosa formada por un material que es plástico a las temperaturas de utilización de la barra en el reactor, y tiene, introducido en su cavidad interna un cuerpo cilíndrico rígido sobre la superficie del cual se apoyan los pliegues longitudinales de la funda interior reforzados por el hilo de rigidificación y cuyas extremidades son solidarias de las de la barra.

Otras características y particularidades del invento surgirán de la descripción dada más abajo a título de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 muestra en corte transversal una barra de combustible tubular realizada según el invento.

La figura 2 es un corte según la línea A-A de la barra de la figura 1.

La figura 3 es un corte transversal parcial de una variante en la barra de las figuras 1 y 2.

Se han designado por 1 y 2, respectivamente, la funda interior y la exterior de la barra, por 3 los anillos de combustible, de uranio metálico o de una aleación a base de uranio o de cerámicas tales como el carburo o el óxido de uranio, apilados unos sobre otros entre dichas fundas, con 4 los tapones anulares de unión y de cierre de las fundas, provistos de los bordes levantados 5 y 6 y provistos de los salien-

- 7 - 316247<sup>7</sup>



tes con forma de anillos 7 para el apoyo de varias barras de un apilamiento y por 8 los anillos de cerámica refractaria dispuestos entre el combustible y los tapones para aislar térmicamente estos últimos de las superficies terminales del combustible.

Según el invento las fundas 1 y 2, de un espesor muy reducido, igual o inferior a una décima de milímetro, por ejemplo de 0,05 a 0,06 mm., de preferencia de acero inoxidable, y que presentan sobre la parte comprendida entre las zonas terminales de aplicación de los tapones los pliegues longitudinales 9 y sobre las zonas extremas de dicha parte los pliegues 10, circunferenciales o helicoidales como prolongación de los pliegues 9, están separados del combustible por una capa viscosa 11 formada por un material tal como el magnesio, que es plástico a las temperaturas de utilización de la barra en el reactor.

Los espacios anulares situados entre la funda 1 y la superficie interior de los anillos 3, y entre la superficie exterior de estos últimos y la funda 2, están completamente llenos por el material plástico en caliente de tal manera que estando la barra tubular sometida a una presión hidrostática, por ejemplo la del fluido refrigerante, el cojín 11 es puesto en compresión hidrostática por medio de las fundas flexibles.

Los pliegues son soportados así interiormente por el metal plástico solicitado triaxialmente y no son pues nada fatigados durante las variaciones geométricas de los elementos de la barra sometidos a los diversos regímenes térmicos de funcionamiento en el reactor.

En estas condiciones la funda interior 1 sometida a la

- 8 316247 -



presión del fluido refrigerante se encuentra aplicada contra la superficie interior del combustible 3 por medio del cojín plástico 11 y los fenómenos de inestabilidad termo-mecánicos son suprimidos gracias a los pliegues 9 y 10 que aseguran las compensaciones de las dilataciones diferenciales combustible-funda por movimiento de los pliegues y por ese hecho la supresión de los riesgos de pandeo local o de inestabilidades térmicas.

A fin de conferir una rigidez transversal a la barra, en su interior está colocado coaxialmente el cuerpo cilíndrico rígido 12, soportado por los anillos 7 de los tapones y en los pliegues longitudinales 9 están insertados los hilos de rigidificación 13.

El cuerpo cilíndrico 12, de grafito nuclear de preferencia, se hace solidario con las fundas por medio de los hilos 14 de acero de resorte por ejemplo, dispuestos en cruz y fijados en los agujeros 15 practicados en los anillos 7.

Uno de los hilos 14, que están superpuestos esta introducido en la ranura diametral 16 del cuerpo 12.

Los hilos 13 que ocupan la cavidad de los pliegues 9 apoyándose en el combustible 3 sirven para conferir a los pliegues 9 de la funda interior una fundión de centrado de la barra sobre el cuerpo 12 y a los análogos de la funda exterior sobre la superficie del canal de refrigeración 17 donde la barra es utilizada y que puede ser un tubo de fuerza del tipo "individual" según la Patente N.º. 300.947, depositada en España el 13 de Junio de 1.964, a nombre de la solicitante, que tiene por título "Conjunto de elementos combustibles para reactores nucleares" o la estructura dislocable de un racimo que ha sido el objeto de la Patente belga



- 9 - 316247

Nº. 614.761 depositada el 7 de Marzo de 1.962, bajo el título "Perfeccionamientos en los elementos combustibles nucleares", a nombre de la solicitante.

Los pliegues longitudinales 9 son de una altura que,  
210.- más grande que la de los pliegues 10 a fin de obtener en correspondencia de las zonas extremas de la barra una sección suficiente de paso al fluido refrigerante, es escogida de manera tal que defina las secciones útiles requeridas para las venas de fluido portador del calor 18 y 19 materializa-  
215.- das entre las superficies de las fundas 1 y 2 y respectivamente el canal 17 y el cuerpo 12.

Los pliegues 9 se unen a los pliegues 10, si estos son helicoidales, por una parte de pliegues de altura variable progresivamente.

220.- A fin de acrecentar la superficie de intercambio térmico de las fundas 1 y 2 éstas están formadas sobre las partes de sus superficies que están comprendidas entre los pliegues de deformación radial 9 con pequeños pliegues de refrigeración 20 practicados paralelos a los pliegues 9 y cuya longitud  
225.- no es superior a la de estos últimos.

Los tapones están constituidos preferentemente por anillos de acero inoxidable o de material idéntico al de las fundas, y están soldados con sus bordes levantados 5 y 6 respectivamente a la funda exterior e interior simultáneamente  
230.- a los anillos de zunchado 21 y 22 ya sea al arco-argón ya sea por bombardeo electrónico, formando un cierre análogo al de una barra simple descrita en la Patente española a nombre de la solicitante, bajo el Nº. 307.908, por "Un dispositivo de cierre para un lápiz o barra de combustible nuclear" deposi-  
235.- tada el 8 de Enero de 1.965.



Como resalta de la figura 3, en el caso de barras de grueso diámetro en las que el cuerpo central 12 puede servir de soporte a las barras contiguas del apilamiento en lugar de los hilos 14 solidarizando dicho cuerpo a las fundas, 240.- la barra es soportada por el entrepaño 23 que, solidario del cuerpo 12 y de los anillos 7, y permitiendo el paso del refrigerante, tiene esencialmente brazos 24 que se apoyan sobre la superficie del canal 17 para el centrado y el sostén de las zonas extremas de la barra en que están localizados 245.- los pliegues 10.

El invento ha sido descrito refiriéndose a realizaciones particulares, es sin embargo evidente que no está limitado a estas últimas y que las variantes y modificaciones posibles entran en el marco del invento.

250.- Así por ejemplo, las fundas 1 y 2 pueden estar formadas con pliegues longitudinales de deformación radial que están intercalados a los pliegues 9 reforzados por los hilos 13 y que tienen la misma altura que estos últimos o bien una altura inferior.

255.- Por otra parte, el centrado de las extremidades de la barra puede ser obtenido en el caso de barras de grueso diámetro, en lugar de por los brazos 24 de los entrepaños 23 por aletas equidistantes del anillo de zumchado 21.

N O T A.-  
=====

260.- Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

1º.- Perfeccionamientos introducidos en las barras de combustible tubulares para reactores nucleares, particularmente reactores de potencia refrigerados por un fluido bajo

316247



presión, que tienen esencialmente una funda externa y una funda interna cilíndrica que encierran entre ellas un tubo o anillos apilados uno sobre otro, de materia fisiónable y dos tapones anulares de unión y cierre de las extremidades

270.- de las fundas, caracterizados porque las barras tienen fundas delgadas flexibles, preferentemente de acero inoxidable, que tienen un espesor igual o inferior a un milímetro, que, provistas sobre la parte comprendida entre las zonas terminales de aplicación de los tapones de pliegues longitudinales de deformación radial, y, sobre al menos uno de los extremos de dicha parte de pliegues de deformación axial, circunferenciales o helicoidales, presentan pliegues longitudinales igualmente espaciados y de una altura de pliegues más grande que la de los pliegues de deformación axial, reforzados interiormente por un hilo de rigidificación y encierran entre ellos el combustible por medio de una capa viscosa formada por un material que es plástico a las temperaturas de utilización de la barra en el reactor, y tiene, introducido en su cavidad interna un cuerpo cilíndrico rígido sobre la

280.- superficie del cual se apoyan los pliegues longitudinales de la funda interior reforzados por el hilo de rigidificación y cuyas extremidades son solidarias de las de la barra.

29.- Perfeccionamientos según el punto 1º, caracterizados porque el cuerpo cilíndrico está solidarizado a las extremidades de la barra por medio de hilos metidos en las extremidades de dicho cuerpo y fijados a los tapones de cierre.

3º.- Perfeccionamientos según el punto 1º, caracterizados porque el cuerpo cilíndrico está solidarizado en los extremos de la barra por medio de entrepaños metidos en los extremos de dicho cuerpo y en los tapones de cierre y que tie-



- 12 -

316247

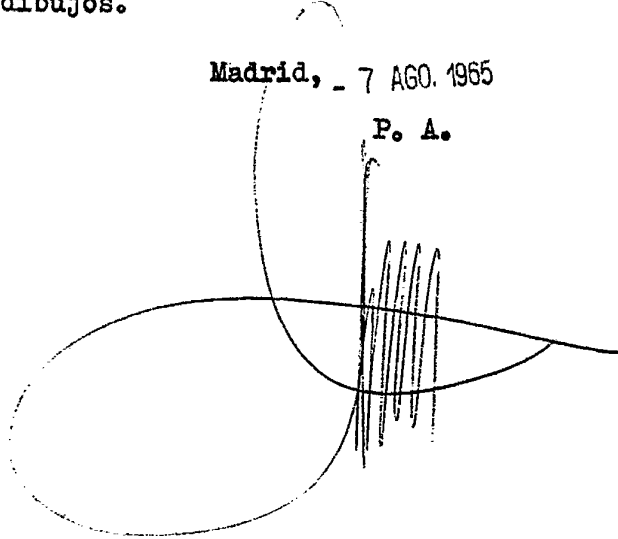
nen de preferencia brazos equidistantes que sobresalen hacia el exterior de la barra.

42.- Perfeccionamientos según uno de los puntos precedentes, caracterizados porque las fundas, sobre las partes de su superficie comprendidas entre los pliegues longitudinales, tienen pliegues paralelos a estos últimos y que tienen una pequeña altura de pliegues.

52.- "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LAS BARRAS DE COMBUSTIBLE TUBULARES PARA REACTORES NUCLEARES", todo tal y conforme se describe en la presente Memoria, la cual consta de 308 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, - 7 AGO. 1965

P. A.





316247

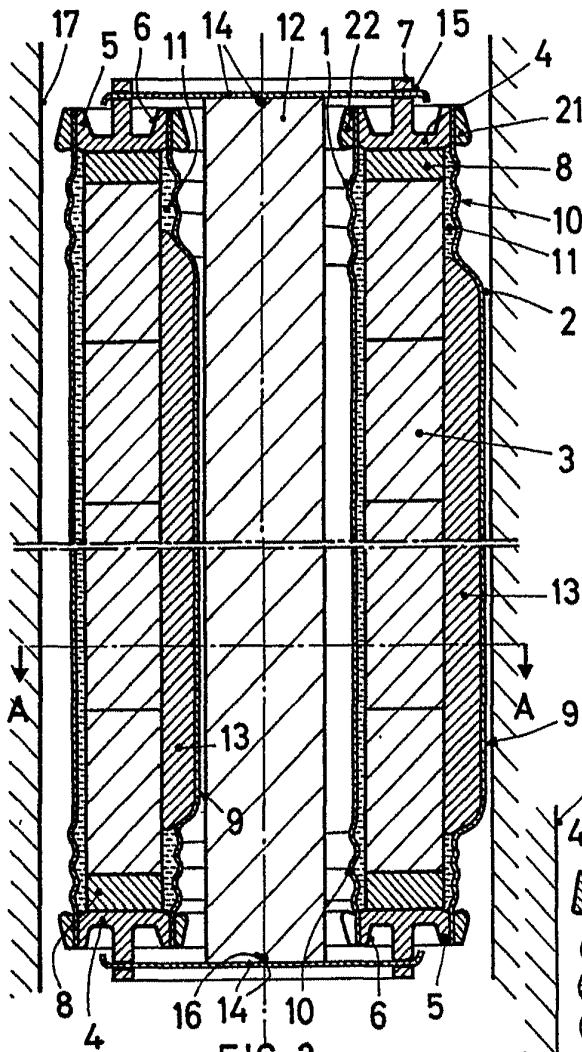


FIG. 1

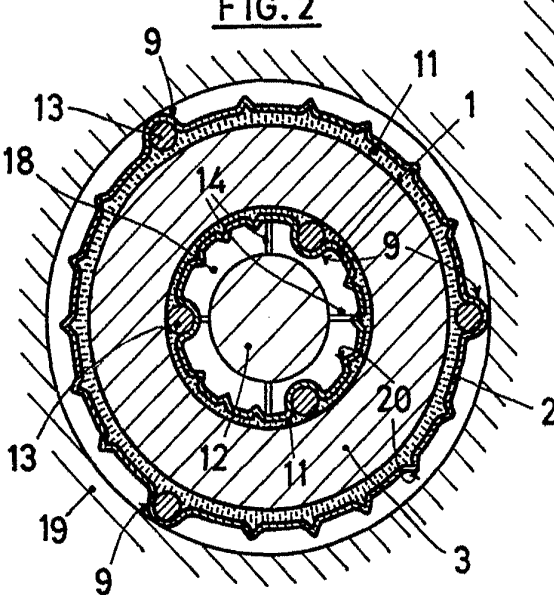


FIG. 2

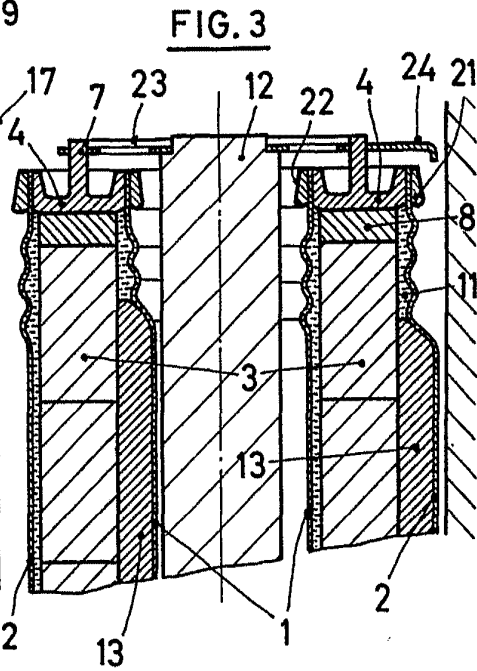


FIG. 3

MADRID, 7 AGO 1960  
P.A.

ESCALA VARIABLE