

402489

PATENTE DE INVENCIÓN

B 4093,3.

3.<sup>A</sup> COPIA

*Memoria Descriptiva*

sobre:

PERFECCIONAMIENTOS EN CONJUNTOS DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.

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

Int. Cl.<sup>2</sup>: G21C

La presente invención tiene por objeto unos perfeccionamientos en conjuntos de combustible nuclear del tipo corrientemente utilizado en los reactores de neutrones rápidos refrigerados al sodio fundido, que

5. comprenden al menos un haz de agujas alargadas de com-

- bustible envainado, agujas dispuestas paralelamente las unas a las otras segun una red regular, y una envoltura en forma de caja prismática de sección recta poligonal, recorrida por un fluido refrigerante y que contiene al
5. haz. Las agujas que constituyen un mismo haz son en general llevadas por una rejilla solidaria de la envoltura, llevando esta rejilla unos carriles sobre los que son insertados los obturadores terminales de las agujas. La separación mínima de las agujas todo a lo largo del haz
10. es determinada por unos tirantes enrollados en hélice de gran paso sobre cada aguja.

Las agujas de un mismo haz están preferentemente dispuestas según una red triangular regular en una envoltura de sección recta exagonal.

15. Los conjuntos de combustible del tipo anteriormente definido, destinados a alcanzar grados de combustión elevados (100.000 Mwj/t al menos en los reactores en proyecto), deben tener en cuenta la inflación bajo irradiación de los materiales constitutivos de la envoltura. En efecto, todos los materiales prácticamente utilizables hinchan de modo notable bajo irradiación cuando ésta sobrepasa un valor que es ampliamente alcanzado en estos reactores, con un retardo variable según los materiales. De esta inflación de la envoltura resulta que los conjuntos dispuestos en una zona
- 20.
- 25.

del núcleo donde el flujo neutrónico presenta un gradiente elevado adquieren, si no se toma una medida en especial, una curvatura debida al alargamiento diferencial de las caras opuestas de la envoltura, de sección exagonal. Esta curvatura corre el riesgo de atascar los conjuntos y hacer difícil la mantención del combustible. Además, tiende a aumentar y a disminuir la sección de algunos de los subcanales delimitados por las agujas entre sí y a crear puntos calientes.

- 5.
10. La inmediata solución consiste en cambiar periódicamente la orientación o el emplazamiento de los conjuntos, pero en la práctica es extremadamente incómoda. Se podría entonces pensar que baste, para eliminar el problema, utilizar conjuntos sin envoltura exterior,
15. pero esta solución conduce a un enfriamiento excesivo de las agujas periféricas a lo largo del juego entre dos conjuntos adyacentes y a una curvatura muy peligrosa de estas agujas, que correrían el riesgo de bloquear entre sí los conjuntos, salvo si se mantuvieran las
20. agujas por rejillas muy próximas en el sentido axial. Por lo demás, en caso de fusión del combustible, ésta se extiende más fácilmente a varios conjuntos.

La presente invención trata de proporcionar un conjunto de combustible nuclear que responda mejor que los anteriormente propuestos a las exigencias de

25.

la práctica, especialmente porque limita en una gran medida la curvatura de los conjuntos a los grados de irradiación elevados, incluso en las zonas donde el gradiente radial del flujo es máximo.

5. A este efecto, un conjunto combustible nuclear según la invención se caracteriza en especial porque unas ranuras cortan los diedros formados por las caras de la caja de la envoltura y porque una camisa mas delgada que la envoltura es interpuesta entre ésta y el haz de agujas sobre una parte al menos de la longitud de esta envoltura.

10. Se separan así las funciones cumplidas por la envoltura de los conjuntos clásicos entre dos órganos. La camisa delgada conduce al deslizamiento del sodio y pueda soportar los esfuerzos verticales durante la carga y la descarga. La diferencia de presión entre el interior del conjunto y el exterior tiende a aplicar esta camisa sobre la envoltura externa, mas espesa y que soporta los esfuerzos de presión. La dilatación longitudinal de la envoltura es sensiblemente reducida por las ranuras que pueden cerrarse de modo diferente sobre dos caras opuestas del conjunto y así evitar la deformación en forma de plátano, debida a la curvatura de éste.

15. Los esfuerzos que deben respectivamente so-

portar la envoltura y la camisa conducirán en general a dar a la relación de su espesor un valor comprendido entre 3,5 y 2. A título de ejemplo, se puede dar a la camisa un espesor de 1 mm y a la envoltura un espesor de 3,5 mm. La envoltura y la camisa estarán en general constituidas una y otra de acero inoxidable austenítico, en el caso de los reactores enfriados por circulación de sodio fundido.

Las ranuras pueden presentar formas muy diversas: pueden estar constituidas por perfiles de sierra separados, que presentan todos la misma inclinación sobre el eje, dispuestos regularmente de modo que cada uno de ellos constituya una entalla de un diedro de la envoltura. Las ranuras pueden estar igualmente constituidas por uno o varios perfiles de sierra continuos practicados cada uno según una hélice en la envoltura, si esta última es suficientemente espesa. Según otra variante de realización, la envoltura está cortada en sectores por ranuras perpendiculares al eje y que se extienden sobre toda la sección recta de la envoltura.

La invención será mejor comprendida con el transcurso de la descripción que sigue de varios tipos de conjuntos que constituyen diferentes formas de realización de la invención dadas a título de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos anexos, en

los que:

5. La figura 1, muestra esquemáticamente dos conjuntos de un primer tipo dispuestos lado con lado en el núcleo del reactor, estando uno de los conjuntos en sección según su plano vertical medio.

La figura 2, es una vista en alzado muy esquemática de la parte inferior de un conjunto de un segundo tipo.

10. La figura 3, muestra muy esquemáticamente un conjunto de un tercer tipo, en sección según el plano vertical.

La figura 4, muestra en perspectiva, una de las porciones constitutivas de la envoltura del conjunto de la figura 3.

15. La figura 1 muestra dos de los conjuntos que constituyen el núcleo de un reactor de neutrones rápidos refrigerado por circulación ascendente de sodio fundido. Cada uno de los conjuntos 10 y 10' presenta un pie 11 que se ajusta en un bastidor 12 que soporta el núcleo y constituye un cajón a partir del cual el sodio fundido procedente de los cambiadores de calor penetra en el núcleo. Cada conjunto está delimitado por una envoltura externa 14 en forma de caja prismática de sección recta exagonal, fijada al pie 11  
20. y que constituye un conjunto de circulación del sodio  
25.

y por una cabeza de manutención 16 fijada a la envoltura. El interior de la cabeza 16 está protegido de anillos 18 de material absorbente de los neutrones; la yuxtaposición de los anillos 18 constituye una protección neutrónica superior del núcleo.

Cada envoltura 14 contiene una camisa delgada 22 fijada al pie 11 y, en la forma de realización ilustrada en la figura 1, a la protección neutrónica 18 que prolonga la cabeza 16; Entre esta camisa y la envoltura, una y otra de acero inoxidable en general, subsiste un pequeño juego radial 30.

El conjunto ilustrado en la figura 1, comprende un solo haz de agujas 26 denominadas "integradas" de las cuales una sola está representada, incorporando a la vez material fértil a una y otra parte de un material fisible, pero podría igualmente contener un haz suplementario de agujas mas cortas, cargadas de material fértil, aplicado por encima del haz de agujas 26 y perteneciente a una cubierta superior.

La camisa 22 presenta un espesor suficientemente delgado para ser rechazado contra la envoltura 14 por la diferencia entre la presión que reina en el interior del conjunto y la presión que reina en el exterior, al menos en la parte inferior del conjunto donde la diferencia de presión es mayor. Este espesor

es sin embargo suficiente para permitir a la camisa 22 resistir sola a los esfuerzos de tracción y de compresión que intervienen durante la manipulación del combustible, transmitiendo entonces la camisa 22 sola el peso del pie 11 y del haz de agujas de combustible 26 a la cabeza 16, como se verá mas tarde.

La envoltura 14 presenta por el contrario un espesor suficiente para resistir a los esfuerzos de presión que se ejercen del interior hacia el exterior del conjunto y que le son transmitidos por la camisa 22 cuando ésta hincha bajo la acción combinada de la presión y de la irradiación. Para permitir a la envoltura 14 hincharse sin deformarse en forma de plátano, cuando el conjunto está aplicado en una zona que presenta un gradiente radial de flujo neutrónico elevado, una serie de ranuras 28 están allí practicadas. Estas ranuras cortan todos los diedros de la envoltura y no dejan subsistir entre si mas que una distancia periférica pequeña o nula. Se cierran mas o menos a medida de la inflación de la envoltura, eventualmente de modo diferente sobre las caras opuestas de la envoltura. En la forma de realización ilustrada en la figura 1, estas ranuras son alineadas según una hélice y entallan cada una uno de los diedros de la envoltura 14. Prácticamente, el "puente" que subsiste entre dos ra-

ranuras adyacentes 28 no debe representar una fracción de la longitud de las ranuras superior al 50%. Estas ranuras pueden por lo demás ser unidas de modo a constituir un perfil continuo todo a lo largo del conjunto.

5. La anchura de las ranuras será elegida de modo a permitir absorber la inflación: <sup>en</sup> la mayor parte de los casos la longitud axial acumulada representada por las ranuras a lo largo de la envoltura representará una fracción comprendida entre el 0,2% y el 1% de la longitud total de la envoltura.
- 10.

- El juego 30 que subsiste entre la envoltura 14 y la camisa 22 debe ser suficientemente pequeño para que la inflación de la camisa necesaria para que se aplique contra la envoltura 14 no conduzca a un aumento excesivo de la sección de los subcanales periféricos de paso del refrigerante entre las agujas y la camisa 22. Prácticamente, se estará llevado a adoptar un juego del orden del milímetro. Los subcanales periféricos pueden ser por lo demás sub-dimensionados sobre el conjunto en reposo para que la presión les lleve a una dimensión correcta. A título de ejemplo, se puede igualmente indicar que se adoptará en general una camisa de 1mm aproximadamente de espesor y una envoltura de 3,5 mm de espesor en el caso de un conjunto de agujas integradas de varios metros, del tipo provis-
- 15.
- 20.
- 25.

to para el reactor "Phénix".

La forma de realización ilustrada en la figura 2 se diferencia de la anterior por la disposición de las ranuras. Para mayor simplicidad, los órganos ilustrados en la figura 2 y que tienen una contrapartida en la figura 1 están designados por el mismo número de referencia afectado del índice a.

5. El conjunto 10a comprende todavía una envoltura externa 14a de sección recta exagonal fijada a un pie 11a que se ajusta en un bastidor no representado.

10. Las ranuras 28a están aquí repartidas axialmente en juegos, estando las ranuras de un mismo juego al mismo nivel y entallando cada una uno de los diedros de la envoltura 14a. Esta disposición permite llegar a un recubrimiento de las zonas entalladas, contrariamente al caso de la figura 1, sin por ello reducir la envoltura 14a al estado de banda.

15. Otras formas todavía de ranuras serían posibles por ejemplo de inclinación alternada de un diedro al siguiente o de un nivel al otro, o interceptando varios diedros.

20. En la forma de realización ilustrada en la figura 3, la envoltura 14b no es ya de una sola pieza, sino constituida de porciones yuxtapuestas 32 (figura 4). El pie 11b se une a la cabeza 16b por la camisa 22b,

25.

5. soldada al pie y a la cabeza. La longitud acumulada de las porciones del conjunto ilustrado es tal que, cuando están en apoyo las unas sobre las otras y descansan sobre un estribo 24 del pie previsto a este efecto, subsiste un juego  $j$  entre la arista superior del apilamiento y la cara plana enfrentada de la cabeza, pero este juego no es siempre necesario.

10. En esta forma de realización la camisa interna sirve todavía para guiar el deslizamiento del refrigerante y para transmitir los esfuerzos longitudinales durante la manutención del conjunto. Las porciones 32 constituyen zunchos que limitan la inflación radial de la camisa 22b. El juego en reposo entre la camisa y la porción y los espesores pueden ser del mismo orden que  
15. en el caso anterior. El conjunto así obtenido presenta una gran flexibilidad que evita las deformaciones en forma de plátano.

20. Quede bien entendido que la invención no se limita evidentemente a las únicas formas de realización que han sido representadas y descritas a título de ejemplo y debe comprenderse que el alcance de la presente invención se extiende a las variantes de toda o parte de las disposiciones descritas, que queden dentro del marco de las equivalencias.

25.

N O T A

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. Tam-

5. bien se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente en Francia con el nº EN 71.16633 de 7 de Mayo de 1.971, 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 una Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN CONJUNTOS DE COMBUSTIBLE NUCLEAR, caracterizándose por lo siguiente:
- 10.
15. 1.- Perfeccionamientos en conjuntos de combustible nuclear, que comprenden al menos un haz de agujas de combustible alargadas y envainadas, dispuestas paralelamente las unas a las otras según una red regular y una envoltura en forma de caja prismática de sección
20. recta poligonal que contiene este haz y recorrida por un fluido refrigerante, caracterizados porque unas ranuras cortan los diedros formados por las caras de la caja de la envoltura y porque una camisa, mas delgada que la envoltura, es interpuesta entre ésta y el haz
25. de agujas sobre una parte al menos de la longitud de

esta envoltura.

5. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la relación entre el espesor de la envoltura y el de la camisa están en una relación comprendida entre 3,5 y 2.

3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el juego radial en reposo entre la camisa y la envoltura es del mismo orden de magnitud que el espesor de la camisa.

10. 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque las ranuras son alineadas según una hélice y entallan cada una uno al menos de los diedros de la envoltura.

15. 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 4, caracterizados porque las ranuras están muy juntas y constituyen un perfil continuo que corta la envoltura en banda.

20. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque las ranuras están repartidas en varios juegos escalonados a lo largo de su eje, siendo las ranuras de un mismo juego paralelas al mismo nivel y que entallan cada una uno al menos de los diedros de la envoltura.

25. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque las ranuras de un mismo juego

tienen una inclinación sobre el eje opuesta a la de las ranuras de un juego adyacente.

5. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la envoltura está cortada en porciones por ranuras perpendiculares al eje y que se extienden sobre toda la sección recta de la envoltura.

10. 9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque cuando dichos conjuntos están destinados a reactores enfriados por circulación de sodio fundido, la envoltura y la camisa son de acero inoxidable austenítico.

15. 10.-Perfeccionamientos en conjuntos de combustible nuclear, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

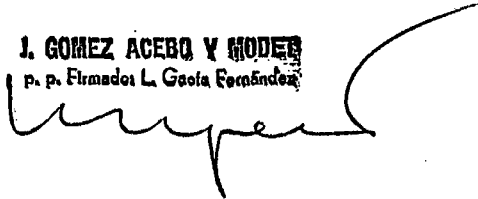
Esta Memoria consta de 14 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

- 6 MAYO 1972

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

J. GOMEZ ACEBO Y MODO  
p. p. Firmado: L. Gota Fernández



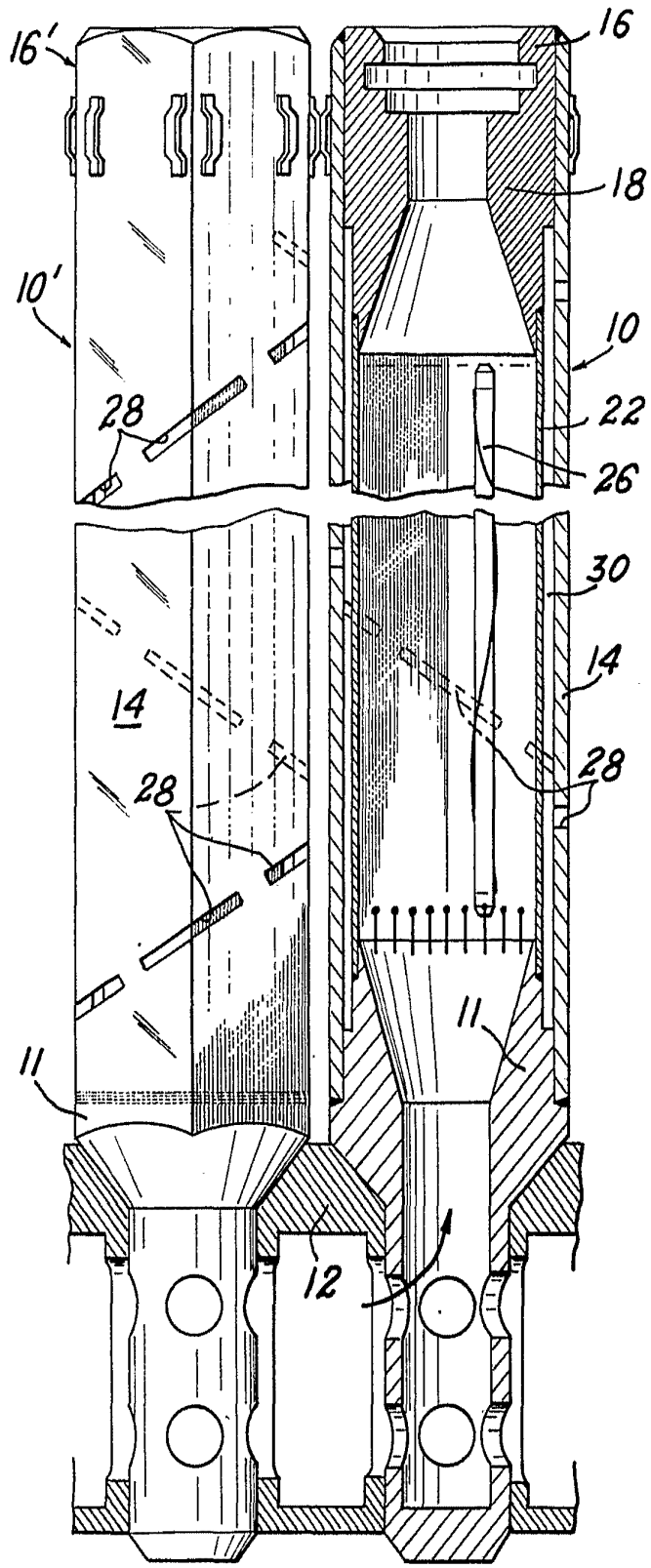
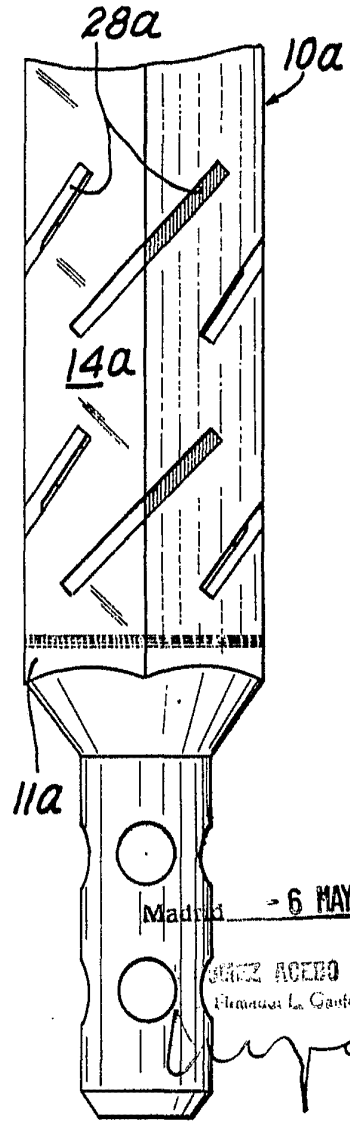


FIG.1

ESCALA VARIABLE

FIG.2



Madrid - 6 MAYO 1972

JURAZ ACERO Y MODELO  
Escribanos L. Gasto Incañada

*[Handwritten signature]*

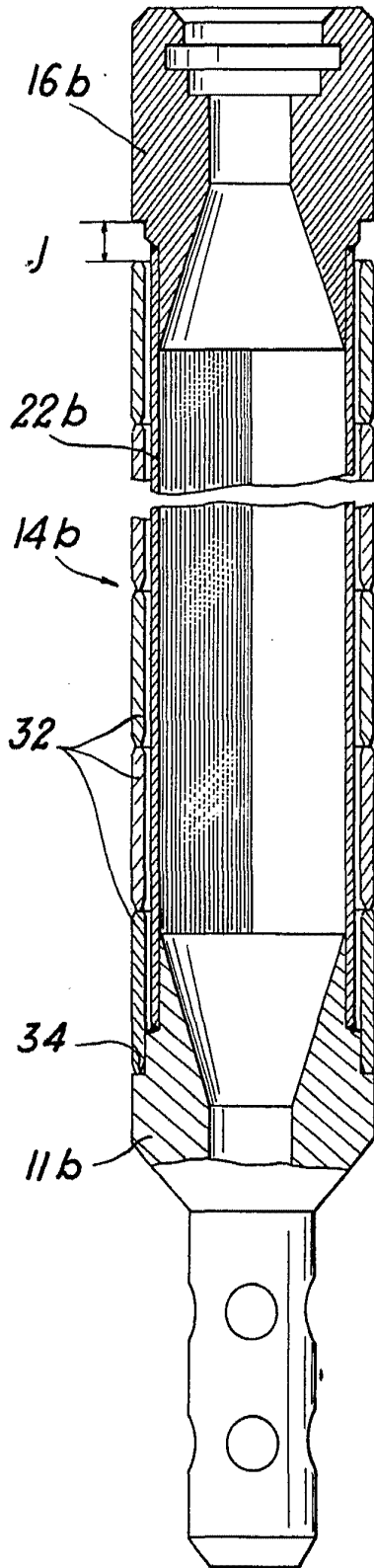


FIG.3

ESCALA  
VARIABLE

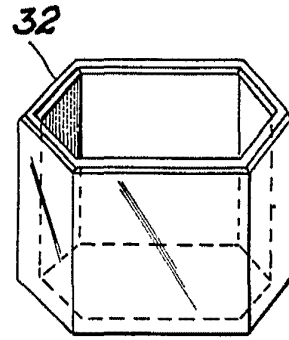


FIG.4

Madrid, 6 MAYO 1972

J. GOMEZ ACEBO Y NODET  
P. P. Firmados L. Gasta Fernandez