



PATENTE DE INVENCION

B. 1386.3 bis.

3 03 731

Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento de fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares".

Solicitante:

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,
entidad francesa, residente en 29,
rue de la Fédération, PARIS XV^e,
(Seine) Francia.

Este invento tiene por objeto un procedimiento de fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares.

Se relaciona, más especialmente, con
5. los elementos combustibles en los que el uranio se



halla en forma metálica, y el revestimiento está íntimamente ligado con el uranio por la aplicación de una presión exterior.

5. Para este último tipo de elemento combustible, se ha obtenido una mejora muy apreciable de los cambios de calor entre el elemento combustible y fluido de refrigeración, utilizando revestimientos dotados de un gran número de pequeñas aletas dispuestas para llevar a cabo circulaciones o corrientes por zonas.

10. Esta mejora ha permitido aumentar la potencia específica en el uranio; pero por contra es necesario, con objeto de evitar que el uranio llegue a temperaturas demasiado elevadas, el preparar bien una división del uranio utilizando barritas de tamaño reducido, o bien una disminución de espesor de uranio en el interior de los elementos combustibles, lo cual puede dar lugar a inconvenientes de orden neutrónico, de orden económico (multiplicación del número de los elementos combustibles), de orden tecnológico (conservación de tubos delgados, sometidos a presión), etc.

20. Este invento tiene por objeto paliar, en parte, estos inconvenientes;
25. - bien llevando a cabo una reducción de la temperatura en el uranio, para un espesor de uranio dado,
- bien permitiendo un aumento del espesor del uranio por una temperatura máxima de uranio dada.
- 30.



30373

- Este invento tiene por objeto un elemento combustible para reactor nuclear, caracterizado porque la superficie exterior de la barra combustible está provista de ranuras profundas llenas de un metal o aleación cuya conductibilidad térmica es acusadamente superior a la del combustible; la masa de llenado de las ranuras, se encuentra en buen contacto térmico, por una parte, con la barra combustible, y, por otra parte, con el revestimiento metálico, que, de modo conocido, está íntimamente ligado con la barra combustible.
5. En especial, la masa de llenado puede estar constituida por el mismo metal del revestimiento, o por otro metal o aleación; puede formar cuerpo con el revestimiento o ser distinta de éste; puede ser monobloque o estar compuesta de elementos separados.
10. Este revestimiento comprimido en la barra, se dota, de modo conocido, de aletas exteriores que están en contacto con el fluido de enfriamiento. El metal de este revestimiento puede tener una conductibilidad térmica muy superior (cuatro o cinco veces superior por ejemplo) a la del combustible.
15. De acuerdo con un primer modo de aplicación de este invento, las cavidades a llenar, preparadas ya en la barra, se colocan en su sitio la masa de metal de llenado, buen conductor térmico, en estado sólido.
20. Estas masas pueden presentar la forma
- 25.
- 30.



-4-

303731

- de protuberancia que forman salientes en la cara interna del revestimiento, y constituyan un cuerpo con él. Por razones de aplicación y de fabricación del elemento combustible, sólo pueden adoptarse formas longitudinales o helicoidales de gran paso. El combustible tiene entonces en hueco las mismas formas que sobresalen en la superficie interior del revestimiento que se obtiene por cualquier método adecuado.
- 5.
10. Como variante, las masas conductoras pueden presentar la forma de piezas independientes por ejemplo de regletas longitudinales o de semi-anillos circulares, que se acoplen en gargantas circunferenciales, revistiéndose a continuación del modo corriente, el conjunto de combustible y de estas piezas acopladas.
15. Esta variante permite una gran variedad de disposiciones, pero tiene el inconveniente de una doble caída de temperatura, metal sobre metal, al nivel de las piezas acopladas.
20. De acuerdo con un segundo tipo de aplicación de este invento, las cavidades se llenan de un metal idéntico o no al del revestimiento, realizándose la operación por colada del metal de llenado:
25. La operación puede realizarse mediante un molde refractario, Después del desmoldeo, la superficie del metal colado se prepara, y el conjunto combustible-metal acoplado, se introduce en un revestimiento por un método clásico.
- 30.



303732

5. La operación puede realizarse directamente entre combustible y revestimiento; éste desempeña la misión de molde. Es necesario para ello, utilizar una aleación de metal que funda a temperatura inferior a la del metal verdadero; el revestimiento se hunde directamente en el baño de metal intermedio.

Las posibilidades de aplicación, son las siguientes:

10. - con un revestimiento de aluminio, la aleación aluminio-silicio,
- con un revestimiento de aleación de magnesio, las aleaciones de magnesio y de cinc, níquel o cerio que fundan a temperatura inferior al magnesio y sean sólidas a la temperatura de funcionamiento en la pila.
- 15.

El procedimiento de colocación en estado líquido, permite llenar alojamiento de cualesquiera formas, hallados en el combustible.

20. De acuerdo con un tercer modo de aplicación, el llenado de las ranuras se realiza por "schoopage" (metalización por proyección).

- En todos estos casos, se observa que la idea del invento consiste en extraer de algún modo el calor del seno del uranio, canalizando a las aleatas ligadas o nó con el revestimiento, y que presentan una buena conductividad térmica. Se realiza así una mejora de la transmisión térmica uranio-revestimiento que es muy superior a una sencilla mejora del contacto uranio-revestimiento ya que de este modo y
- 25.
- 30.



- en igualdad de los demás factores, puede reducirse la temperatura del uranio por debajo del valor que correspondería en las condiciones corrientes, a una resistencia térmica nula en el contacto uranio-revestimiento.
5. Así pues no es tanto en el desarrollo de la superficie de contacto uranio-revestimiento, como en el acortamiento de las líneas de corriente en el uranio, donde es preciso buscar el interés profundo del invento; en lugar de hacer marchar el calor a través del uranio, mal conductor, se le hace desplazarse con preferencia a través de las aletas buenas conductoras; de ello resulta que, en conjunto, las separaciones de temperaturas radiales son menos elevadas.
10. Además, la masa de relleno de las ranuras puede estar constituida por un material anti-difusión, por ejemplo en aleación, Magnox. Esto tiene interés, en todos los casos en que se desee detener la difusión a través de la envoltura, del uranio ó de los elementos, tales como el plutónico, que se produce en el transcurso de la irradiación.
15. Claro está, que este invento es aplicable a elementos combustibles de formas muy variadas: placas, barras, tubos, elementos anulares, etc.
20. En los dibujos adjuntos, La fig. 1 es un esquema que representa una parte de elemento revestido de acuerdo con este invento.
25. La fig. 2 representa esquemáticamente un ejemplo del modo de fabricación de este ele-
- 30.



303731

mento.

La fig. 3 representa, en corte, una aplicación de este invento al caso de un elemento que comprende una masa de llenado anti-difusión.

5. La fig. 4 es una vista en corte de una parte de este elemento, y

Las figs. 5 a 7 son gráficos explicativos de resultados obtenidos.

10. En el ejemplo representado en la figura 1, un elemento 1 de uranio, del que sólo se representa una parte, tiene ranuras 2 que pueden ser por ejemplo rectilíneas, circulares, helicoidales, etc.; este elemento está rodeado por un revestimiento 3 de un metal de gran conductibilidad térmica, dotado de acuerdo con este invento, de salientes o aletas 4 que ocupan todo el espacio interior de las ranuras 2. Este revestimiento comprende además, de modo conocido, aletas exteriores 5 en contacto con el fluido de refrigeración.

15. Este elemento puede obtenerse por uno de los procedimientos antes indicados, por ejemplo por colada de una aleación líquida entre un barrote de combustible ranurado 6 y un revestimiento 7 cilíndrico anular. El conjunto se sumerge en un baño de aleación líquida 8 de punto de fusión inferior al del metal del revestimiento 7. Si el revestimiento 7 es de aluminio, la aleación 8 puede ser aleación aluminio-silicio; si el revestimiento 7 es de magnesio, la aleación 8 puede ser una aleación de magnesio y de cinc, níquel o cerio.

20.

25.

30.



-8-

303731

- Este invento es aplicable, en una forma especial, a todos los casos en los que se juzga necesario disponer una capa anti-difusión entre combustible y revestimiento, tal como representa el ejemplo de las figs. 3 y 4, en las que se observa un tubo cerrado 21 de uranio colocado en el interior de una funda 22 de aletas exteriores 23. El tubo de uranio tiene gargantas en forma de entalladuras profundas 24. El revestimiento puede ser de aleación magnesio-circonia. Para impedir la difusión del plutónico, puede depositarse una capa intermedia 25 de aleación Magnox, por metalización Schoop, o baño.
- 5.
- 10.

- Las curvas de variación de la temperatura en el interior del combustible y en el revestimiento, se representa en las figs. 5 a 7, en un caso sencillo a saber, el caso en que el elemento es una placa ranurada en la que la fig. 1 representa el corte, siendo X2 X2 la base. El contorno exterior del revestimiento está provisto de aletas en contacto con el fluido de refrigeración.
- 15.
- 20.

- Se supone que después de comprimir el revestimiento sobre el uranio, todas las partes del contorno interno del revestimiento se hallan aplicadas con la misma presión sobre la superficie del uranio, lo cual es equivalente a suponer, en primera aproximación, que el coeficiente de cambio térmico H entre el uranio y el revestimiento es sensiblemente igual en todos los puntos.
- 25.

30. Se supone además que existe un coefi-



3731
ciente h de cambio térmico, uniforme, entre el revestimiento y el gas, (a lo largo de $X1 X1$) y un coeficiente de cambio nulo en el contorno interno del uranio, (según $X2 X2$).

5. Sean ab y cd , dos ejes de simetría del fenómeno, En la fig. 5 figuran dos curvas I y II que representan respectivamente las variaciones de temperatura a lo largo de los trayectos CBA y FED que corresponden respectivamente a los
10. ejes ab y cd de la figura 1, entre el punto más caliente del uranio y el gas.
- Están trazados también las variaciones de temperaturas que se obtendrían sin la presencia de las aletas interiores suponiendo (curva
15. III) un mismo valor H del coeficiente de cambio térmico entre el uranio y la envoltura, o suponiendo (curva IV) un valor infinito de este coeficiente de cambio, y ello considerando una misma cantidad de uranio.
20. En la fig. 6 se trazan curvas análogas a la de la fig. 5, correspondientes a aletas de longitud A_2B mayor que la longitud A_1B de las aletas de la fig. 5.
- Puede comprobarse en la fig. 6, que para una penetración de la aleta suficientemente profunda, puede obtenerse una temperatura máxima del uranio inferior a la que se tendría sin aleta, con un coeficiente de cambio infinito entre el uranio
25. y la envoltura.
30. En el ejemplo representado en la figu-



1964

-10-

3 3731

- ra 7, se supone que las aletas interiores no son solidarias de la envoltura, lo cual corresponde a una generalización del procedimiento. La curva I representa entonces la variación de temperatura a lo largo del trayecto CB JA. En este caso, se comprueba también una disminución apreciable de la caída de temperatura entre el punto más caliente del uranio y la envoltura.

5. Este invento no se limita a los tipos de construcción representados y descritos que sólo se han elegido a título de ejemplo.

N O T A

15. 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 una Solicitud de Patente presentada en Francia con fecha 3 de septiembre de 1.963, nº PV. 946.395 acogándose, 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: "PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES PARA REACTORES NUCLEARES"; caracterizándose por lo siguiente:

25. 1ª - Procedimiento de fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares,
- 30.



- en los que la superficie exterior de la barra combustible está provista de ranuras profundas llenas de un metal o aleación cuya conductibilidad térmica es acusadamente superior a la del combustible;
5. la masa de llenado de las ranuras forma buen contacto térmico, por una parte, con la barra combustible y, por otra parte, con el revestimiento metálico que, de modo conocido, está íntimamente ligado con la barra combustible.
10. 2ª - Procedimiento según reivindicación 1ª, caracterizado porque las masas de llenado forman cuerpo con el revestimiento, y las cavidades y dichas masas tienen formas longitudinales rectilíneas o helicoidales de gran paso.
15. 3ª - Procedimiento según reivindicación 1ª, caracterizado porque dichas masas de llenado en forma de elementos independientes, se colocan separadamente en dichas cavidades, y el conjunto se reviste a continuación, bajo presión, de modo corriente.
20. 4ª - Procedimiento según reivindicación 1ª, caracterizado porque dichas masas de llenado son líquidas en el momento de colocarlas en su sitio, y el molde está constituido por un molde refractario o por el mismo revestimiento.
25. 5ª - Procedimiento según reivindicación 1ª, caracterizado porque en el caso de realizarse el llenado por moldeo, el combustible y el molde se sumergen en la masa fundida de llenado.
30. 6ª - Procedimiento según reivindicación

10
3 SEP 1954
1122 018

-12-

303731

5. ción 1ª, caracterizado porque en el caso de que el revestimiento constituya el molde, la masa de llenado se elige entre las aleaciones cuya temperatura de fusión es inferior a la del metal o de la aleación que constituye el revestimiento.

7ª - Procedimiento según reivindicación 1ª, caracterizado porque dichas masas de llenado se obtienen por "schoopage"

10. 8ª - Procedimiento de fabricación de elementos combustibles para reactores nucleares, tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

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

Madrid,

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,

A. GOMEZ AGUIRO Y MODSI

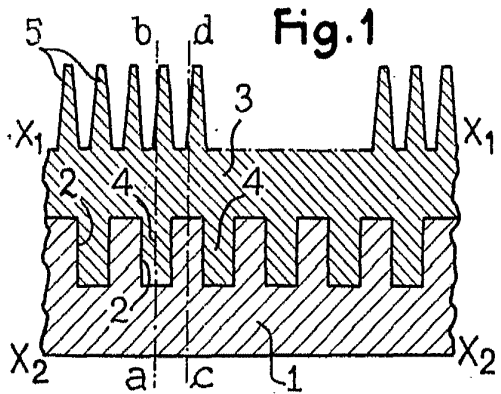


Fig. 1

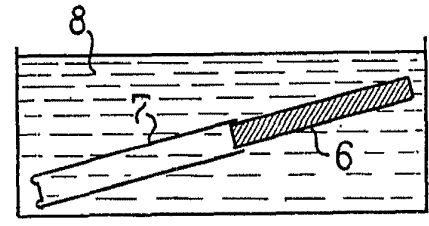


Fig. 2

10 075
 3 SEP 1954

ESCALA VARIABLE

Fig. 3

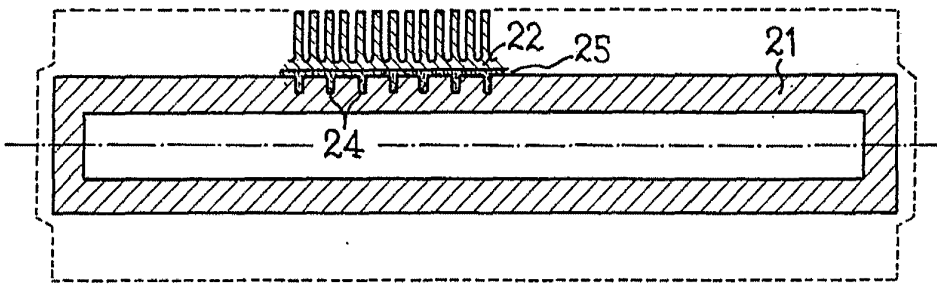
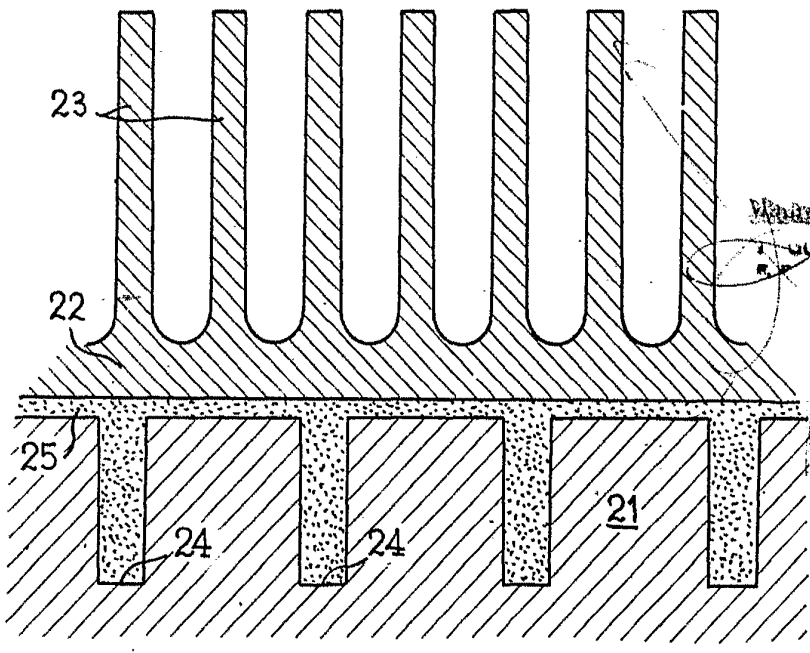


Fig. 4

303731



3 SEP 1954
 GOMEZ ACEBO Y MODE.

10
3 SEP 1954
SER 22

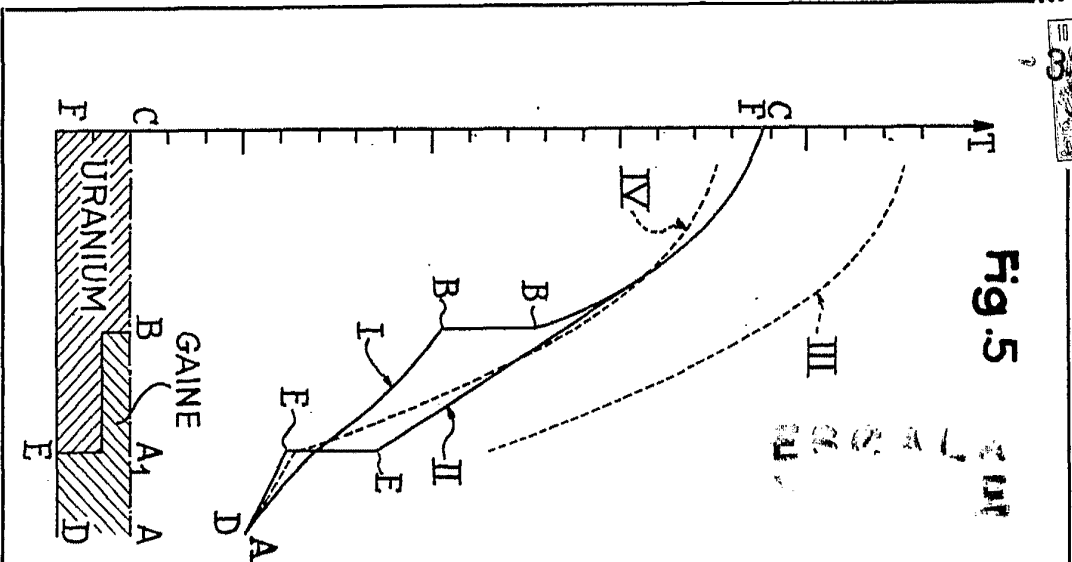


Fig. 5

30373

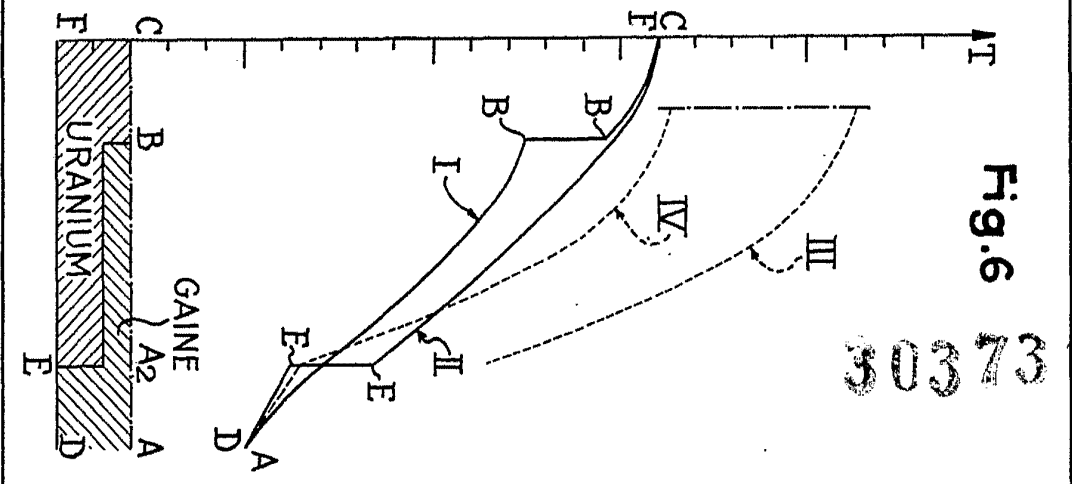


Fig. 6

30373

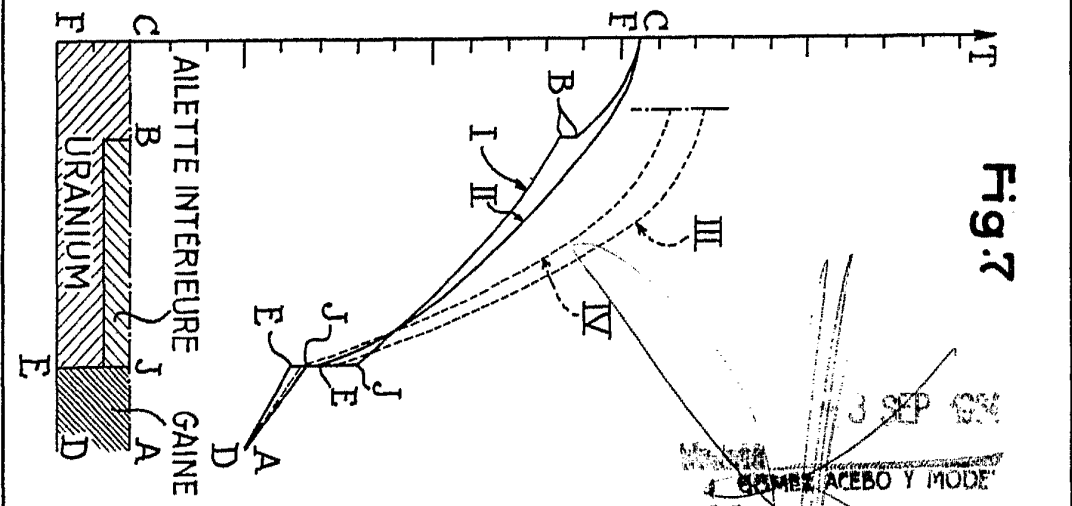


Fig. 7

3 SEP 1954
 GAMBAY ACEBO Y MODE