



PATENTE DE INVENCION

Ref: B.1673-3  
=====

328133

328133

## *Memoria Descriptiva*

*sobre:*

"Procedimiento para la fabricación de una aleación de uranio".

-----

*Solicitante:* COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 29, rue de la Fédération, 75, Paris (15ème), Francia.

-----

El invento tiene por objeto una nueva aleación de uranio utilizable especialmente en un elemento combustible nuclear, así como un procedimiento de fabricación de tal aleación.

5. El crecimiento progresivo de la -



- potencia específica y de la temperatura de funcionamiento de los reactores y en especial de los que utilizan el uranio natural, en forma metálica, ha precisado un aumento de la presión y del volumen de fluido refrigerante y ha conducido a reemplazar las barras macizas de uranio por tubos de paredes más y más delgadas para no alcanzar, para una temperatura determinada del fluido refrigerante, temperaturas demasiado elevadas en el seno del material de fisión. Sin embargo, la disminución del espesor de la pared está limitada por la resistencia del material combustible; resulta pues muy importante realizar un material combustible de altas cualidades mecánicas, que permita la obtención de tubos sanos, sin cavidad, y de una estructura fina y homogénea, es decir, sin heterogeneidad de estructura.
- 5.
- 10.
- 15.

- Se han utilizado especialmente hasta ahora las aleaciones al 1,1% en peso de molibdeno: la colada en moldes fríos de esta aleación permite obtener una microestructura homogénea de granos  $\alpha$  y  $\gamma$  muy finos, pero posee el inconveniente de favorecer la formación de cavidades. La colada en moldes precalentados elimina las cavidades, pero tiende a provocar un crecimiento considerable a la vez del grano  $\gamma$  y del grano  $\alpha$ . Para conservar la ventaja del grano  $\alpha$  muy fino obtenido anteriormente por colada en moldes fríos, es necesaria una refrigeración controlada después de la colada. Las condiciones de este tratamiento son esencialmente en función de la talla del grano  $\gamma$  de origen y de la velocidad de refrigeración y son
- 20.
- 25.
- 30.

328133

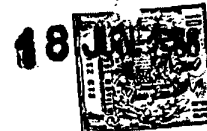


muy delicadas de fijar.

- Hace falta evitar el crecimiento del grano  $\beta$  en el campo ( $\beta + \gamma$ ) lo que conduce a un grano  $\alpha$  basto; este crecimiento está ocasionado por
5. una velocidad de refrigeración demasiado lenta y una talla elevada de grano  $\gamma$ . Es preciso evitar también la formación de granos  $\alpha$  de muy grandes dimensiones (superiores a 200  $\mu$ ) debida a la germinación simpática en una microestructura cercana de granos  $\alpha$  finos,
10. formación que favorece una estructura de granos gruesos  $\gamma$  y velocidades de refrigeración demasiado elevadas. Este último factor subraya que una talla de grano  $\gamma$  demasiado elevada (superior a 750  $\mu$ , que corresponde a 2 granos/mm<sup>2</sup> aproximadamente) es un in
15. conveniente importante.

- El invento se refiere a la obtención de una aleación de uranio que responde mejor que las utilizadas anteriormente a las exigencias de la práctica, en cuanto que presenta una microestructura
20. constituida por granos muy finos sin dejar por ello de estar exentos de heterogeneidad de estructura. Con este objeto, el presente invento propone la introducción en la aleación uranio-molibdeno, de un pequeño contenido de carbono que afina el grano  $\gamma$  y disminuye
25. el número de heterogeneidades debidas a la germinación simpática. La estructura obtenida es entonces fina y homogénea, constituida por granos  $\alpha$  de dimensión inferior a 100  $\mu$ .

- De forma más precisa la aleación
30. según el invento presenta un contenido en molibdeno



comprendido entre 0,5 y 1,5 % en peso y con preferen-  
cia del orden de 1,1 % y un contenido en carbono com-  
prendido entre 350 y 1500 ppm (partes por millón).

- A título de ejemplos no limitati-  
vos se describirán ahora un procedimiento de elabora-  
ción de elementos combustibles con esta aleación y,  
de forma más sucinta, algunas de las variantes posi-  
bles.

10. En una cruceta de grafito forrada  
interiormente por un revestimiento refractario poro-  
so se coloca la aleación U - Mo en proporciones con-  
venientes, realizada por un procedimiento cualquiera;  
esta aleación se prepara por ejemplo introduciendo -  
los componentes metálicos de la aleación en un esta-  
do elevado de pureza y en proporciones convenientes  
15. en una cruceta de grafito revestida interiormente, -  
efectuando la fusión a un vacío de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  milí-  
metros de mercurio en un horno de inducción con coji-  
nete a una temperatura al menos igual a 1450°C duran-  
te un tiempo suficiente para que la mezcla de los di-  
ferentes constituyentes sea homogénea, colando des-  
pués la aleación en moldes de forma conveniente.

- La aleación es llevada a la fusión  
y se mantiene durante un tiempo suficiente para que  
25. la carburación, realizada por difusión del carbono de  
la cruceta a través del revestimiento, lleve la alea-  
ción al contenido deseado en carbono. La colada se  
efectúa entonces en moldes precalentados, de forma -  
clásica.

30. La fusión y la carburación deben



5. efectuarse a un vacío de al menos  $5 \cdot 10^{-4}$  torr, establecido antes del calentamiento. El baño de aleación fundido se lleva a una temperatura comprendida entre 1350 y 1500°C que se mantiene el tiempo necesario para que el contenido en carbono esté comprendido entre 350 y 1500 ppm. Después de este cojinete, la colada se efectúa en un distribuidor que alimenta los moldes a su vez cubiertos por un revestimiento refractario. En el momento de la colada, la presión debe ser aún inferior a  $10^{-3}$  torr, siendo la temperatura de 1.350°C aproximadamente.
- 10.

15. La refrigeración ulterior después de la colada en moldes precalentados es conducida a una velocidad comprendida entre 15 y 30°C/mm en un campo de temperatura comprendido entre 750 y 500°C. Esta refrigeración puede efectuarse bien sea en el propio horno de conformación, o en el curso de un tratamiento térmico ulterior después del caldeo en baño de sales o por inducción.

20. Los moldes están previstos generalmente para proporcionar tubos; éstos presentan en tal caso una forma aproximada a la del tubo definitivo. Se obtienen así combustibles tubulares que presentan una microestructura muy fina (granos  $\alpha$  inferiores o iguales a 100  $\mu$ ) y homogénea en el conjunto del tubo.
- 25.

Diversas variantes de la fase de carburación son evidentemente posibles; se puede especialmente:

30. - añadir el carbono en forma de productos car



- bonados (tales como carburos de molibdeno) dispuestos con los otros elementos de aleaciones en la cruceta, poseyendo ésta un revestimiento estanco; añadir 1% en peso de carburo  $\text{Mo}_2\text{C}$  y volver a añadir 700 ppm de carbono: de este modo pueden añadirse simultáneamente -
5. los contenidos en C y Mo;
- hacer burbujear un producto carburante (tal como CO o incluso  $\text{CO}_2$ ) en el baño;
  - utilizar lingotes de uranio que posean ya -
10. un contenido en carbono del orden de 350 a 1500 ppm de carbono.

- En todos estos casos, el procedimiento de fabricación es el mismo que anteriormente, modificándose tan solo el intervalo de temperatura -
15. antes de la colada en tiempo y en temperatura.

- El tubo de material combustible - así elaborado es trabajado a continuación y después revestido; especialmente puede encerrarse en una funda metálica única (aleación Mg-Zr de escaso contenido en Zr por ejemplo) para formar un elemento combustible que pueda utilizarse en un reactor nuclear de potencia específica elevada.
- 20.

- A título de comparación la tabla siguiente muestra la influencia del carbono sobre las heterogeneidades de estructura debidas a la germinación simpática.
- 25.



Tipo de aleación	Número de heterogeneidades $\geq 200$ / $\mu$ , por $\text{cm}^2$	Número de heterogeneidades $\geq 600$ / $\mu$ , por $\text{cm}^2$
U-Mo 1, 1% con una cantidad muy escasa de C ( $\leq 250$ ppm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>media</u>: 20</li> <li>- siempre superior a 5</li> <li>- pudiendo alcanzar 30 e incluso 50</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>media</u>: 5</li> <li>- siempre superior a 1</li> <li>- pudiendo alcanzar 10 ó 15</li> </ul>
U-Mo 1, 1% con una cantidad importante de C ( $350 \leq C \leq 1000$ ppm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>media</u>: 3</li> <li>- comprendida entre 0 y 5</li> </ul>	- 0

En el curso de pruebas se ha comprobado que los contenidos en carbono más interesantes estaban comprendidos entre 500 y 1000 ppm por 1,1% de molibdeno.

5. Es evidente que el invento no se limita a las formas de realización descritas a título de ejemplos y debe quedar bien entendido que el alcance de la presente patente se extiende a las variantes de la totalidad o parte de las disposiciones y etapas descritas que queden en el marco de las equivalencias.
- 10.

#### 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. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Francia con fecha 18 de junio de 1.965,
- 15.
- 20.



bajo el número PV. 21499, acogiéndose por 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 -

5. Invención por 20 años en España sobre: "PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACION DE UNA ALEACION DE URANIO"; - caracterizándose por lo siguiente:

10. 1ª.- Procedimiento para la fabricación de una aleación de uranio de granos  $\alpha$  y  $\gamma$  finos y desprovista de heterogeneidades superiores a - 600  $\mu$ , caracterizado porque comprende la preparación de un baño en fusión con un contenido de 0,5 a 1,5% en peso de molibdeno y 350 a 1500 ppm de carbono, estando el resto constituido por uranio y las impurezas inevitables, la colada del baño y la solidificación lenta en forma de lingote.

20. 2ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fusión al vacío de una aleación uranio-molibdeno que contiene 0,5 a 1,5% en peso de molibdeno y la carburación de la aleación a un tenor comprendido entre - 250 y 1500 ppm antes de la colada al vacío.

25. 3ª.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se efectúa la carburación por mantenimiento de la aleación en fusión en una cruceta de grafito cubierta interiormente con un revestimiento refractario poroso.

30. 4ª.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque la aleación es vaciada en molde precalentado y enfriada des

328133 - 9 -

18



pués a una velocidad comprendida entre 15 y 30°C/mn, al menos en el campo de temperatura comprendido entre 750° y 500°C.

5. 5ª.- Procedimiento para la fabricación de una aleación de uranio; tal y como queda - sustancialmente descrito en la presente Memoria.

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

18 JUN 1966

Madrid,

COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE,

J. GOMEZ ACEBO Y MODET  
F. F. Firmados J. GARCIA BRAVO