

PATENTE DE INVENCION
=====

Ref: B.906.3.22



297634

Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento de obtención de un material de revestimiento para combustible nuclear"

=====

Solicitante: COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 29, rue de la Federation, Paris XV^e, (Seine), FRANCIA.

=====

Este invento se refiere a una aleación de berilio-magnesio que puede utilizarse como material de estructura o de revestimiento de elementos combustibles en los reactores nucleares y que presentan una buena resistencia a la oxidación en el gas carbónico a presión, seco o hú-

5.



medo, y a temperatura elevada.

- La débil sección de captura neutrónica del berilio, hace su empleo muy atractivo como material de revestimiento de elementos combustibles en los reactores nucleares, y especialmente los enfriados por el gas carbónico sometido a presión. El berilio no aleado, tiene sin embargo a partir de 600° C una débil resistencia a la oxidación en el gas carbónico, que contiene siempre una cierta proporción de vapor de agua, del orden de varias decenas a varias centenas de volúmenes por millón (vpm) como puede darse el caso en los reactores nucleares. Este berilio da lugar a una temperatura igual o superior a 600° C bajo una presión de 60 atmósferas, al fenómeno de descamación (breakaway) caracterizado por una cinética de oxidación acelerada; se comprueba al mismo tiempo una corrosión intergranular e incluso una dilatación o hinchazón pronunciada del metal. A igual concentración en vapor de agua, este fenómeno es tanto más acusado cuanto más elevada es la presión de la atmósfera gaseosa; la presión parcial en vapor de agua, aumenta al mismo tiempo que la presión total. Además, incluso en el gas carbónico seco ($H_2O \leq 5$ vpm) bajo 60 atmósferas, la descamación se manifiesta cerca de 700° C.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- Para aumentar la resistencia del berilio a la oxidación, se han propuesto distintas soluciones. Se ha observado que enriqueciendo el berilio en óxido en los uniones de los granos (2 % de BeO, por ejemplo) su capacidad de resistencia a la deformación durante los esfuerzos mecánicos, es demasiado insuficiente para poder prever su utilización como material de estructura o de
- 25.
- 30.



revestimiento en un reactor nuclear.

5. Se ha aleado el calcio con el berilio; esta aleación se comporta de modo satisfactorio en el gas carbónico húmedo; sin embargo el calcio presenta una gran sección de captura neutrónica, lo cual es un inconveniente para la fabricación de material de revestimiento de combustibles nucleares.

10. Este invento se refiere a una aleación binaria de berilio, en la que el elemento de adición tiene una reducida sección de captura neutrónica; la aleación citada ofrece una gran resistencia a la oxidación en el gas carbónico seco ó húmedo y bajo presión, a temperatura elevada.

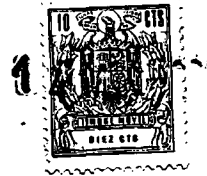
15. La aleación de berilio de acuerdo con este invento, se caracteriza esencialmente por contener de 0,1 a 0,5 % de magnesio en peso; un contenido de magnesio de 0,2 % basta para asegurar a la aleación una resistencia conveniente a la oxidación.

20. Se realizó un estudio comparativo de los materiales siguientes: berilio comercial, berilio con 2 % de BeO, aleación de berilio-calcio con 0,2 % de calcio; aleación de berilio-magnesio con 0,2 % de magnesio preparada por fundición; aleación de berilio-magnesio con 0,5 % de magnesio, preparada por tostación. El aumento medio de peso de estos distintos materiales expresados en mg/cm², se ha determinado después de 1,000 y 7,000 horas de exposición a 650, 700 y 750° C, en una atmósfera de CO₂ que contenía 50 y 100 vpm de vapor de agua, bajo una presión de 60 atmósferas. Los resultados obtenidos figuran en la Tabla siguiente.

25.

30.

207634



Temperatura	650° C	700° C	750° C
Concentración del CO ₂	100 vpm	50 vpm	100vpm
En vapor de agua			
Berilio comercial sin alear, (tostado o fundido)	>10	>10	>100
Berilio con 2 % de BeO (tostado)	>10	>10	>10
Aleación berilio-calcio (fundida) con 0,2 % de Ca	0,21	0,54	0,39
Aleación berilio-calcio (fundida) con 0,5 % de Ca	0,23	0,58	0,48
Aleación berilio-magnesio (fundida) con 0,2 % de Mg	0,08	0,60	0,22
Aleación berilio-magnesio (tostada) con 0,5 % magnesio	0,10	0,18	



297634

De esta Tabla se desprende que las aleaciones de berilio-magnesio con 0,2 % y 0,5 % de magnesio, son mucho más resistentes a la oxidación, en las condiciones anteriormente indicadas, que el berilio comercial no aleado y asimismo el berilio cargado de óxido. Los resultados obtenidos con las aleaciones de berilio-magnesio, pueden compararse, en conjunto, favorablemente con las aleaciones berilio-calcio.

5.

10.

15.

20.

25.

Las curvas que representan los aumentos de peso en función del tiempo, conservan una tendencia parabólica: la aleación no ofrece el fenómeno de descamación ni de corrosión intergranular, ni aún después de varios millares de horas de exposición a 750° C. Las curvas relativas a las aleaciones berilio-magnesio, cuya concentración en magnesio es de entre 0,10 y 0,5 % tienden hacia un estacionamiento próximo a 0,3-0,4 mg/cm² al cabo de 1,000 horas; el espesor de metal oxidado correspondiente es muy débil ya que es del orden de 1 micrón.

Debe observarse también que las propiedades mecánicas de las aleaciones de acuerdo con este invento, son en general superiores a las del berilio comercial; así, a una temperatura de 600° C la elongación a la rotura (A %) pasa de 20 para el berilio comercial, a 30 para la aleación Be - 0,2 % Mg.

30.

Todos los ensayos cuyos resultados se han agrupado en la Tabla anterior, se han realizado en berilio cuyas proporciones en impurezas expresadas en partes por millón, eran las siguientes:

29734



Fe	400
C	300
Al	200
Si	< 100
Cr	< 50

La aleación de acuerdo con este invento, puede prepararse por tostación o calcinación, o bien por fusión bajo presión de gas inerte. Puede laminarse, hilarse o estirarse.

5. Las excelentes propiedades de las aleaciones de acuerdo con este invento, en cuanto se refiere en especial a su resistencia en atmósfera oxidante, a su reducida sección de captura neutrónica, a su buena capacidad para la deformación, hacen su utilización como materiales de revestimiento y de estructura en un reactor nuclear, del tipo de los refrigerados por gas carbónico, especialmente interesante.

10. La aleación de berilio-magnesio de acuerdo con este invento, puede prepararse, bien por fusión bajo presión de gas neutro, por fusión con arco, o por inducción, por ejemplo, o bien por vía sintética. En este último caso, se realiza una trituración simultánea bajo gas neutro, de virutas de berilio y de magnesio puro, y luego se tuesta o calcina.

15. Para los elevados contenidos de magnesio, se elige, con preferencia, el segundo modo de preparación, o sea la obtención por vía sintética. La elección del modo de preparación, puede depender también de las características mecánicas deseadas en los semi-productos:
20. resistencia al "derrame" o expansión, o buena plasticidad.

dad, por ejemplo.

297534



NOTA

5. 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 se refiere a una Solicitud de Patente, presentada en Francia con
10. fecha 14 de marzo de 1963, nº. PV. 928.034, 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: "PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DE UN MATERIAL DE REVESTIMIENTO PARA COMBUSTIBLESNUCLEAR"; caracterizándose por lo siguiente:
15. 1ª.- "Procedimiento de obtención de un material de revestimiento para combustible nuclear", caracterizado porque se efectúa la preparación de una aleación de berilio-magnesio, fundiendo bajo presión de gas neutro, una mezcla de berilio y de magnesio hallándose éste presente en dicha mezcla en una proporción comprendida entre 0,1 0,5 % en peso.
20. 2ª.- Procedimiento de obtención de un material de revestimiento para combustible nuclear, caracterizado porque se efectúa la preparación de una aleación de berilio-magnesio, triturando simultáneamente, bajo gas neutro, virutas de berilio y de magnesio puros hallándose este presente en una proporción de 0,1 a 0,5 % en
- 25.
- 30.



267534
peso y tostándose o calcinándose luego.

3ª.- Procedimiento de obtención de un material de revestimiento para combustible nuclear, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

5.

Esta Memoria consta de 8 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 14 MARZO 1952

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

J. GOMEZ ACEBO Y MODEN
P. P.