



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 387**

51 Int. Cl.:
G21F 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02804603 .5**

96 Fecha de presentación : **10.12.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1454327**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.09.2004**

54 Título: **Material de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad a base de resina de éster vinílico.**

30 Prioridad: **12.12.2001 FR 01 16036**

73 Titular/es: **TN International**
1, rue des Hérons
78182 Montigny Le Bretonneux, FR

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.12.2010

72 Inventor/es: **Valiere, Martine**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.12.2010

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Material de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad a base de resina de éster vinílico.

5 Campo técnico

La presente invención tiene por objeto un material de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad. Tales materiales son útiles en la energía nuclear para proteger a los operarios de las radiaciones neutrónicas emitidas por productos radiactivos y para evitar la aceleración de la reacción en cadena de formación de neutrones, más particularmente cuando esos productos contienen materias fisibles.

Se pueden usar en particular como pantalla neutrónica en embalajes de transporte y/o de almacenamiento de productos radiactivos, por ejemplo de conjuntos de combustibles nucleares.

Para el blindaje neutrónico, es necesario ralentizar los neutrones y por tanto usar materiales muy hidrogenados añadiendo un compuesto de boro para garantizar la captura de los neutrones.

Para el mantenimiento de la subcriticidad, es necesario evitar un alto contenido en agente absorbedor de neutrones tal como el boro, para evitar la aceleración de la reacción en cadena de formación de neutrones.

Además, es necesario que esos materiales presenten una capacidad de autoextinción.

Estado de la técnica anterior

En el documento EP-A-0628968 [1] se han descrito materiales de blindaje neutrónico obtenidos a partir de una mezcla de un material inorgánico de alta densidad y de una resina termoendurecible. En ese documento, la resina termoendurecible puede ser una resina de poliéster insaturada y las cargas inorgánicas pueden ser metales pesados o compuestos de los mismos.

El documento GB-A-1049890 [2] describe artículos moldeados o revestimientos que absorben los neutrones que comprenden al menos el 0,3% en peso de boro obtenidos a partir de una mezcla copolimerizable de un poliéster insaturado y de un monómero insaturado en el que o bien el componente ácido del poliéster se deriva parcialmente de ácido bórico, o bien el monómero polimerizable es parcialmente un éster del ácido bórico.

El documento JP-A-55119099 [3] describe materiales de protección contra los neutrones también a base de resina de poliéster insaturado. Un material de este tipo tiene una densidad en átomos de hidrógeno de $6,1 \cdot 10^{22}$ átomos de hidrógeno por cm^3 , pero no comprende agente absorbedor de neutrones. Además, no permite garantizar el mantenimiento de la subcriticidad de un embalaje de transporte de combustible nuclear.

Estos materiales a base de resina de poliéster insaturado tienen el inconveniente de presentar una mala resistencia al envejecimiento térmico.

Por otro lado, se ha descrito, en el documento EP-A-0108622 [4], un material de pantalla neutrónica constituido por una resina sintética que comprende un polímero esencialmente formado por un monómero vinílico del tipo metacrilato de metilo, y uno o varios compuestos de lantánidos elegidos de los óxidos, los hidróxidos, las sales de ácido orgánico y/o de ácido inorgánico y los complejos de lantánidos.

Exposición de la invención

La presente invención tiene precisamente por objeto un material de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad que presenta una resistencia a la corrosión mejor que la de los materiales a base de poliéster insaturado.

Según la invención, el material compuesto de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad comprende una matriz a base de resina de éster vinílico y una carga inorgánica que puede ralentizar y absorber los neutrones.

Según la invención, la resina de éster vinílico puede ser de diferentes tipos. En general, se usan resinas obtenidas mediante adición de un ácido carboxílico sobre una resina epoxídica.

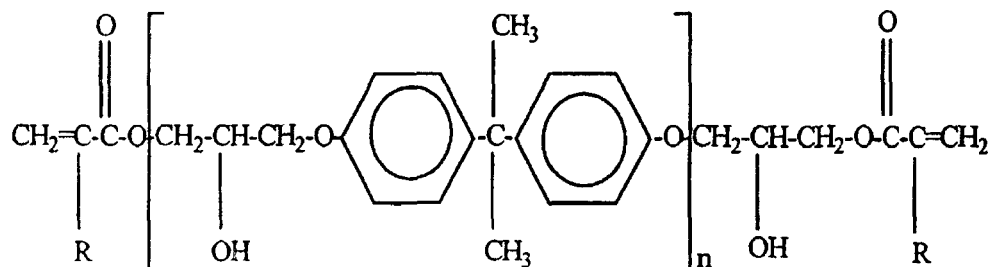
Las resinas epoxídicas usadas tienen un motivo macromolecular de dos tipos posibles:

- bisfenol A, y
- novolaca.

El ácido carboxílico puede ser en particular el ácido acrílico o el ácido metacrílico. Preferiblemente, se usa el ácido metacrílico.

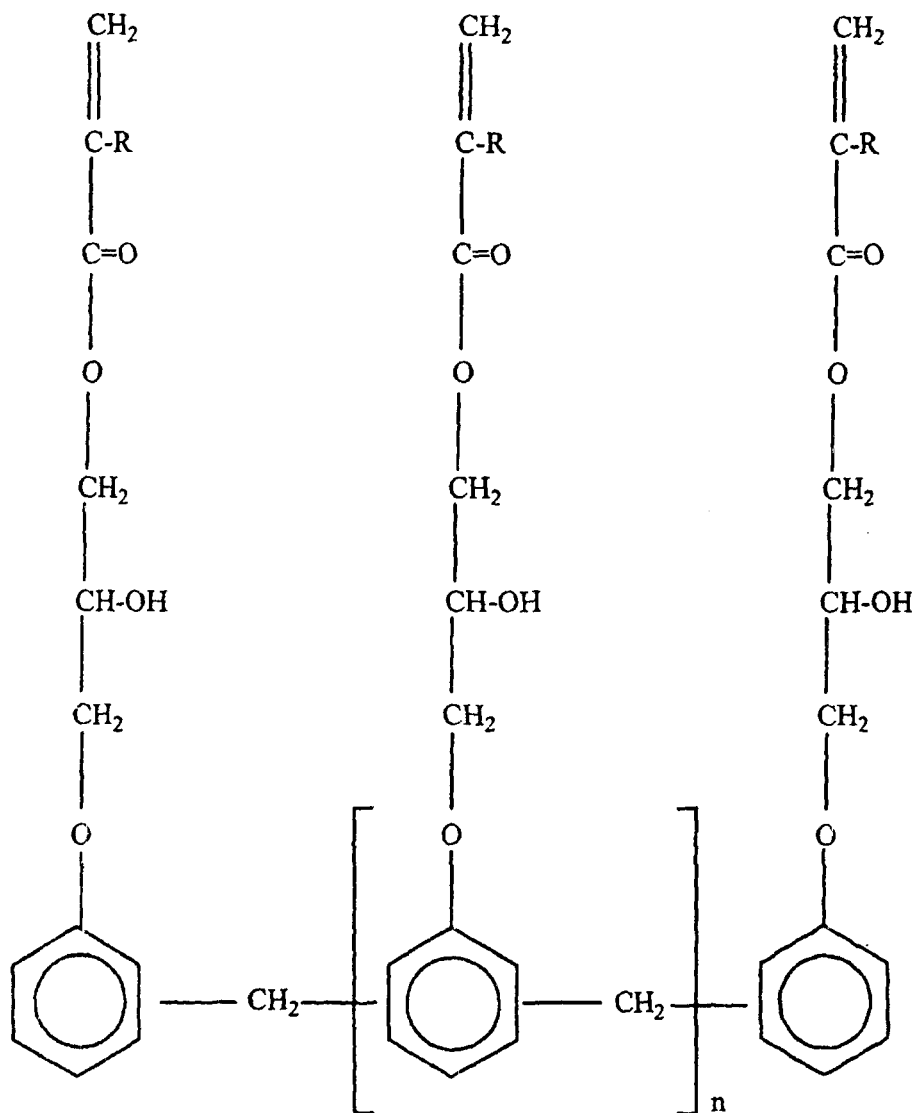
Así, la resina de éster vinílico se elige del grupo constituido por resinas de epoxiacrilato, resinas de epoximetacrilato, resinas de tipo bisfenol A, resinas de tipo novolaca y resinas a base de bisfenol A halogenadas.

Las resinas de epoxiacrilato y epoximetacrilato de tipo bisfenol A pueden responder a la fórmula:



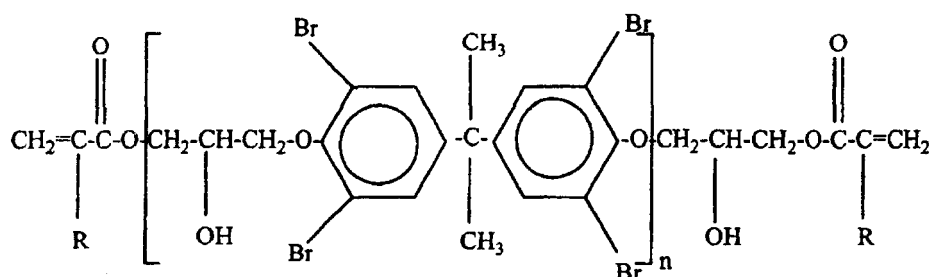
en la que R representa H o CH₃.

Las resinas de éster vinílico de tipo novolaca pueden responder a la fórmula:



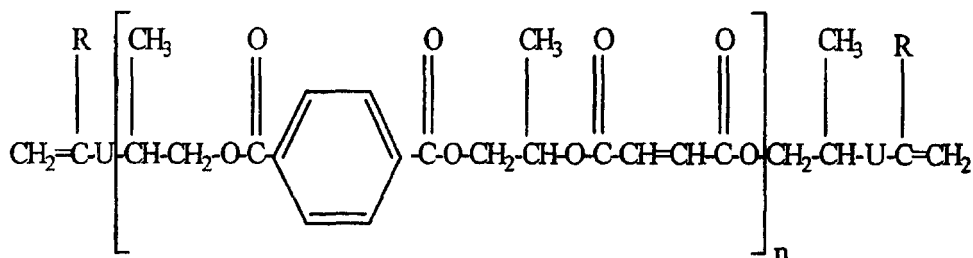
en la que R representa H o CH₃.

También se pueden usar según la invención resinas de éster vinílico a base de bisfenol A halogenadas que responden por ejemplo a la fórmula:



en la que R es tal como se definió anteriormente.

También se pueden usar en la invención resinas de éster vinílico no epoxídicas, obtenidas a partir de poliéster isoftálico y de uretano, que responden por ejemplo a la fórmula:



en la que R es tal como se definió anteriormente y U representa un grupo uretano.

Gracias a la elección de esas resinas de éster vinílico, el material compuesto de la invención presenta las siguientes ventajas.

Al ser la concentración atómica en hidrógeno de las resinas de éster vinílico más elevada que la de los poliésteres insaturados, se obtiene una mejor ralentización de los neutrones.

Estas resinas presentan una excelente estabilidad térmica y una resistencia a la corrosión muy buena, lo que es ventajoso para materiales de blindaje neutrónico o de mantenimiento de la subcriticidad que con frecuencia tienen temperaturas de uso elevadas.

El material es fácil de realizar ya que la resina de éster vinílico se puede colar directamente en el molde que constituirá el embalaje de transporte o de almacenamiento de productos radiactivos.

La pérdida de masa de los materiales de blindaje realizados con esas resinas de éster vinílico es baja a temperatura elevada.

En el material de la invención, las resinas de éster vinílico se han transformado en un material termoendurecido mediante reacción con un monómero copolimerizable tal como el estireno y los derivados de estireno tales como el metilestireno y el divinilbenceno, el viniltolueno, el metacrilato de metilo y los derivados alílicos tales como el ftalato de dialilo.

Según la invención, el material también comprende una carga inorgánica que puede ralentizar y absorber los neutrones, por ejemplo metales, compuestos de metales, boro, compuestos de boro.

Según la invención, esta carga inorgánica puede comprender en particular al menos un compuesto inorgánico de boro y al menos un compuesto inorgánico hidrogenado.

Los compuestos de boro susceptibles de usarse pertenecen al grupo que comprende el ácido bórico H_3BO_3 , la colemanita $\text{Ca}_2\text{O}_{14}\text{B}_6\text{H}_{10}$, los boratos de zinc $\text{Zn}_2\text{O}_{14,5}\text{H}_7\text{B}_6$, $\text{Zn}_4\text{O}_8\text{B}_2\text{H}_2$ y $\text{Zn}_2\text{O}_{11}\text{B}_6$, el carburo de boro B_4C , el nitruro de boro BN y el óxido de boro B_2O_3 .

ES 2 348 387 T3

Preferiblemente, el material compuesto de la invención comprende al menos un compuesto de boro elegido del borato de zinc $\text{Zn}_2\text{O}_{14,5}\text{H}_7\text{B}_6$ y el carburo de boro B_4C .

Los compuestos inorgánicos hidrogenados susceptibles de usarse pertenecen preferiblemente al grupo de los hidratos de alúmina y del hidróxido de magnesio.

El material de la invención puede comprender además poli(acetato de vinilo) para conferir al material un carácter anticontracción.

Este material también puede comprender además una carga orgánica hidrogenada tal como la melamina, para mejorar sus propiedades de capacidad de autoextinción.

Según la invención, se elige preferiblemente el compuesto inorgánico de boro y el compuesto inorgánico hidrogenado y sus cantidades de manera que se obtiene una concentración en boro del material de $8 \cdot 10^{20}$ a $15 \cdot 10^{21}$ átomos de boro por cm^3 y una concentración en hidrógeno de $4 \cdot 10^{22}$ a $6 \cdot 10^{22}$ átomos por cm^3 .

En el material de la invención, las cantidades de los diferentes constituyentes también se eligen con el fin de obtener características de densidad, de capacidad de autoextinción y de conductividad térmica convenientes para el uso en un embalaje de transporte y/o almacenamiento de materias radiactivas.

En particular, es necesario tener una buena resistencia al envejecimiento, a una temperatura relativamente elevada, ya que los productos puestos en el embalaje pueden alcanzar una temperatura de 170°C .

También es necesario que el material presente una resistencia al fuego, lo que supone que es auto-extinguible, es decir que el fuego se detiene cuando se suprime la llama; por tanto no alimenta al fuego.

Según la invención, esta propiedad de capacidad de autoextinción se confiere en particular mediante la presencia de los compuestos inorgánicos hidrogenados y/o de boro, por ejemplo el hidrato de alúmina o el borato de zinc.

Asimismo, conviene que el material presente una conductividad térmica baja pero suficiente para evacuar el calor de los elementos transportados tales como elementos combustibles irradiados.

Finalmente, tal como se verá a continuación, teniendo en cuenta que ese material se obtiene mediante colada de una mezcla de los diferentes constituyentes y de un diluyente vinílico, es importante que las cantidades de los diferentes constituyentes sean tales que la mezcla presente la propiedad de poder colarse. Generalmente, la viscosidad de la mezcla no debe superar 300 Poises.

A modo de ejemplo de una composición de material según la invención, se puede citar el material que comprende del 25 al 40% en peso de resina de éster vinílico termoendurecida, es decir comprendido el diluyente vinílico, por ejemplo el estireno.

Preferiblemente, según la invención, el material presenta una densidad igual o superior a 1,6, por ejemplo de 1,65 a 1,9.

Preferiblemente, los materiales de la invención pueden soportar una temperatura de uso mínima de 160°C .

El material de la invención se puede preparar mediante endurecimiento de una mezcla de los constituyentes en la resina de éster vinílico en disolución en un diluyente vinílico.

Además, la invención también tiene por objeto un procedimiento de preparación del material compuesto descrito anteriormente, que comprende las siguientes etapas:

- preparar una mezcla de la resina de éster vinílico en disolución en un diluyente vinílico con la carga inorgánica,
- añadir a la mezcla un catalizador y un acelerador del endurecimiento,
- desgasificar la mezcla a vacío,
- colar la mezcla obtenida en un molde, y
- dejarla endurecer en el molde.

El diluyente vinílico puede ser por ejemplo el estireno, el viniltolueno, el divinilbenceno, el metilestireno, el acrilato de metilo, el metacrilato de metilo o un derivado alílico tal como el ftalato de dialilo. Preferiblemente se usa el estireno que permite a la vez disolver la resina de éster vinílico y garantizar su endurecimiento mediante copolimerización.

ES 2 348 387 T3

Los catalizadores y aceleradores de endurecimiento usados se eligen de los compuestos usados habitualmente para el endurecimiento de las resinas de éster vinílico.

Los catalizadores pueden ser en particular peróxidos orgánicos por ejemplo:

- peróxidos derivados de cetonas tales como el peróxido de metiletilcetona, el peróxido de acetilacetona, el peróxido de metilisobutilcetona, el peróxido de ciclohexanona y el hidroperóxido de cumeno;
- peróxidos de diacilos, por ejemplo el peróxido de benzoílo eventualmente en combinación con aminas terciarias aromáticas tales como la dimetilnilina, la dietilnilina y la dimetilparatoluidina; y
- peróxidos de dialquilos tales como el peróxido de dicumilo y el peróxido de diterciobutilo.

Los aceleradores usados con mayor frecuencia son las sales de cobalto divalentes tales como el naftenato o el octoato de cobalto, y las amines terciarias aromáticas tales como la dimetilnilina, la dimetilparatoluidina y la dietilnilina.

También se pueden añadir a la mezcla uno o varios aditivos tales como inhibidores de reticulación, agentes tensioactivos y agentes anticontracción.

A modo de ejemplos de inhibidores que se pueden usar, se pueden citar la acetilacetona y el terciobutylcatecol.

Para poner en práctica el procedimiento de la invención, se procede de la siguiente manera:

Se mezcla la resina de éster vinílico (prepolímero + diluyente vinílico) a temperatura ambiente con el o los aceleradores y con las diferentes cargas inorgánicas, por ejemplo hidrogenadas y de boro. El porcentaje de cargas puede ir del 60 al 75%. Estas cargas también pueden desempeñar un papel de antifuego. Se mezcla el conjunto de manera que se obtiene una mezcla perfectamente homogénea. Se añade el catalizador en último lugar. A continuación se desgasifica la mezcla homogénea a vacío (inferior a 0,01 MPa). La viscosidad de la mezcla no debe superar 300 Poises (hace falta que se pueda colar la mezcla).

Después de la desgasificación, se cuele la mezcla en el molde deseado en el que se reticula para formar un material termoendurecible insoluble. El mecanismo de la reacción es por radicales, y la reacción es muy exotérmica. El tiempo de endurecimiento puede variar según las condiciones de colada (temperatura, tasa de catalizador, de acelerador y de inhibidor). Por tanto, el tiempo de gelificación se puede ajustar haciendo variar los porcentajes de catalizador y de aceleradores. El tiempo de gelificación varía de 20 min a 2 h.

Según la invención, el molde usado para el endurecimiento de la resina puede estar constituido directamente mediante el embalaje de transporte y/o de almacenamiento de productos radiactivos. A modo de ejemplo, el embalaje puede comprender alojamientos periféricos en los que se cuele la mezcla.

La invención también tiene por objeto un embalaje de transporte y/o de almacenamiento de productos radiactivos que comprende una pantalla formada por el material compuesto descrito anteriormente.

Otras características y ventajas de la invención se entenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción, de ejemplos de realización facilitados evidentemente a título ilustrativo y no limitativo, con referencia al dibujo adjunto.

Breve descripción del dibujo

La figura 1 representa las pérdidas de masa (en %) a 160 y 170°C de dos materiales según la invención en función del tiempo (en días).

Descripción detallada de modos de realización

Los siguientes ejemplos ilustran la fabricación de materiales compuestos de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad, cargados con borato de zinc e hidrato de alúmina o hidróxido de magnesio usando como resina de éster vinílico, la resina comercializada por Dow Chemical con la denominación Déra Kane Momentum 470-300.

Ejemplo 1

Se prepara una mezcla polimerizable a partir de la resina de éster vinílico Déra Kane Momentum 470-300, de estireno, de borato de zinc $Zn_2O_{14,5}H_7B_6$ y de hidróxido de magnesio usando las proporciones facilitadas en la tabla 1 adjunta.

Se añaden a la mezcla los siguientes constituyentes:

- 1% en peso, con respecto a la masa de resina + estireno, del acelerador 55028 comercializado por Akzo, y

ES 2 348 387 T3

- 2% en peso, con respecto a la masa de resina + estireno, del catalizador Butanox M50 (peróxido de metiletilcetona) comercializado por Akzo.

A continuación se realiza una desgasificación al vacío de la mezcla durante 3 min y después se cuela la mezcla en un molde constituido por un compartimento de embalaje de transporte o de almacenamiento de combustibles nucleares.

El tiempo de gelificación es de 22 min a 20°C.

Así se obtiene un material compuesto que tiene las siguientes propiedades:

- densidad: 1,697

- contenido en hidrógeno: 4,72% en peso, es decir $4,78 \cdot 10^{22}$ átomos/cm³,

- contenido en boro: 0,97% en peso, es decir $9,17 \cdot 10^{20}$ átomos/cm³.

El material obtenido presenta propiedades térmicas satisfactorias.

La medición del coeficiente de dilatación térmica α medida mediante TMA 40 (METTLER) con un aumento de temperatura de 10°C/min facilita para el material:

- α : $35 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ entre 20 y 140°C, y

- α : $97 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ más allá de 140°C.

El calor específico Cp se mide mediante análisis de entalpía diferencial (DSC 30, METTLER), con una velocidad de aumento de temperatura de 10°C/min, en un intervalo de temperatura que va de 30 a 200°C.

Los valores de Cp están comprendidos entre $1,19 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ y $1,89 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ para temperaturas comprendidas entre 40°C y 180°C.

También se realizan mediciones de conductividad térmica para temperaturas que van de 25°C a 180°C. Los valores están comprendidos entre 0,75 y $0,91 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

También se determinan las propiedades mecánicas del material realizando ensayos de compresión a 23°C, en probetas de 10 mm de diámetro y de 20 mm de altura, con un dinamómetro Adamel Lhomargy DY26 y una velocidad de ensayo de 1 mm/min. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- módulo de compresión: $4166 \pm 100 \text{ MPa}$,

- tensión en la rotura: $155,3 \pm 0,8 \text{ MPa}$,

- aplastamiento en la rotura: $7 \pm 0,2\%$.

Teniendo en cuenta el alto contenido en hidrógeno del material del ejemplo 1, éste es particularmente interesante para una aplicación en la radioprotección.

Ejemplo 2

Se sigue el mismo modo operatorio que en el ejemplo 1 usando los constituyentes y las proporciones facilitados en la tabla 1.

La mezcla comprende además:

- 0,9% en peso, con respecto a la masa de resina, del acelerador NL 49P comercializado por Akzo, y

- 1,5% en peso, con respecto a la masa de resina, del catalizador Butanox M50 comercializado por Akzo.

Se realiza el endurecimiento a la temperatura ambiente y se obtiene tras 25 minutos un material que presenta las siguientes características:

- densidad: 1,79,

- contenido en hidrógeno: 4,80% en peso, es decir $5,14 \cdot 10^{22}$ at/cm³,

- contenido en B: 0,89% en peso, es decir $8,92 \cdot 10^{20}$ at/cm³.

ES 2 348 387 T3

El material obtenido presenta propiedades térmicas satisfactorias.

La medición del coeficiente de dilatación α medida mediante DSC (METTLER) con un aumento de temperatura de 10°C/min facilita para el material:

- α : $37 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ entre 20 y 130°C, y

- α : $109 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ más allá de 130°C.

El calor específico C_p se mide mediante análisis de entalpía diferencial (DSC30, METTLER), con una velocidad de aumento de temperatura de 10°C/min, en un intervalo de temperaturas que va de 40°C a 180°C. Los valores de C_p están comprendidos entre 1,07 y 1,65 J.g⁻¹.°C⁻¹.

También se realizan mediciones de conductividad térmica para temperaturas comprendidas entre 20°C y 170°C. En este intervalo de temperaturas, el valor de la conductividad térmica de la resina es próximo a 0,8 W/m.K.

También se determinan las propiedades mecánicas del material realizando ensayos de compresión a 23°C. Así se puede determinar el módulo de compresión del material que es de $4299 \pm 276 \text{ MPa}$.

Teniendo en cuenta el contenido en hidrógeno, el material del ejemplo 2 está particularmente adaptado para una aplicación en la radioprotección.

También se realizan ensayos de envejecimiento térmico de los materiales de los ejemplos 1 y 2 a 160°C y del material del ejemplo 1 a 170°C.

Los ensayos de envejecimiento de 6 meses consisten en colocar muestras del material de 35 x 25 x 95 mm de dimensiones en una estufa a 160°C y a 170°C y en realizar un seguimiento de la pérdida de masa de esas muestras en el transcurso del tiempo. Las curvas de evolución de la pérdida de masa de los materiales (en %) en función del tiempo (en días) se representan en la figura 1.

También se han realizado ensayos de comportamiento ante el fuego de los materiales de los ejemplos 1 y 2.

Cada ensayo de fuego de media hora a 800°C se realizó en dos bloques de 240 mm de diámetro y de 60 mm de altura de los materiales de los ejemplos 1 y 2. Para los primeros bloques, la llama estaba directamente en contacto con el material mientras que los segundos bloques estaban protegidos por una plancha de acero de 1 mm de espesor.

En los dos casos, y para los dos materiales, la capacidad de autoextinción es inmediata tras retirar el quemador.

Ejemplo 3

Se sigue el mismo modo operatorio que en el ejemplo 1 para preparar un material de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad a partir de la siguiente mezcla:

- resina de éster vinílico Dérakane Momentum 470-300: 32% en peso

- borato de zinc: 13% en peso

- carburo de boro B₄C: 15% en peso

- hidrato de alúmina: 40% en peso

La mezcla comprende además:

- 0,9% en peso, con respecto a la masa de resina, del acelerador NL49P, y

- 1,5% en peso, con respecto a la masa de resina, del catalizador Butanox M50.

Se realiza el endurecimiento a temperatura ambiente, y se obtiene tras 25 min un material que presenta las siguientes características:

- densidad: 1,8

- contenido en hidrógeno: 4,03% en peso, es decir $4,34 \cdot 10^{22} \text{ at/cm}^3$, y

- contenido en boro: 13,68% en peso, es decir $1,37 \cdot 10^{22} \text{ at/cm}^3$.

ES 2 348 387 T3

Teniendo en cuenta su gran contenido en boro, el material del ejemplo 3 presenta una eficacia excelente en el mantenimiento de la subcriticidad.

Así, el material de la invención presenta propiedades muy interesantes para el blindaje neutrónico y el mantenimiento de la subcriticidad durante el transporte de montajes de combustibles nucleares.

Referencias citadas

[1] Documento EP-A-0628968

[2] Documento GB-A-1049890

[3] Documento JP-A-55119099

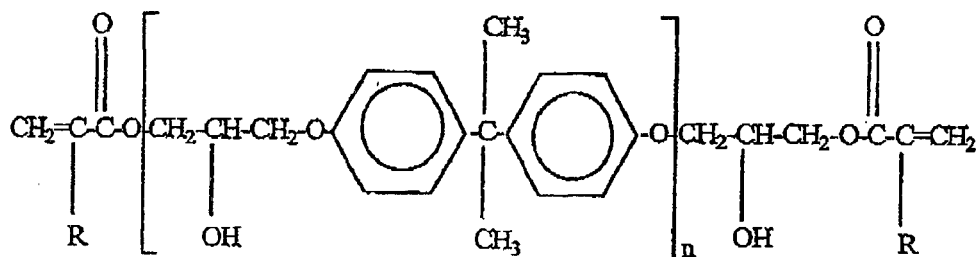
TABLA 1

Constituyentes	Ejemplo 1 (% en peso)	Ejemplo 2 (% en peso)	Ejemplo 3 (% en peso)
Resina de éster vinílico Dérakane Momentum 470-300	32	32	32
Estireno añadido	5		
Borato de zinc $Zn_2O_{14,5}B_6H_7$	6,5	6	13
Carburo de boro B_4C			15
Hidróxido de magnesio	56,5		
Hidrato de alúmina		62	40
Tiempo de gelificación	22 min	25 min	25 min

REIVINDICACIONES

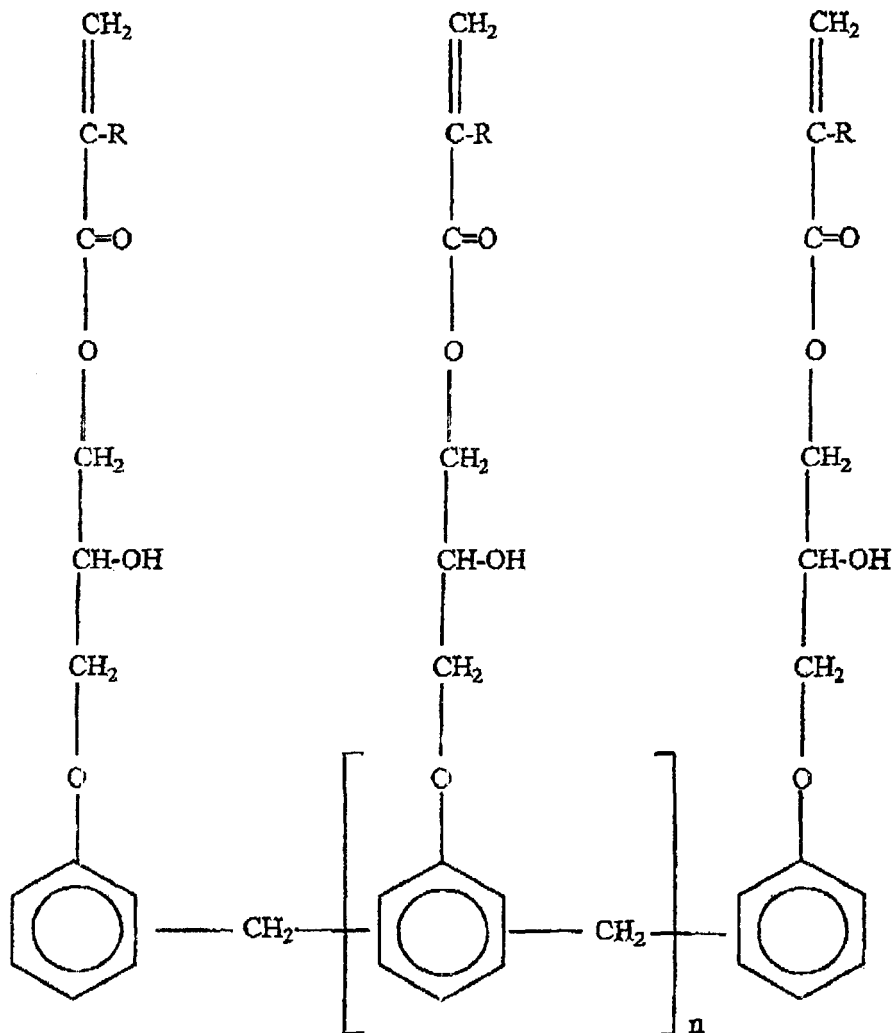
1. Material compuesto de blindaje neutrónico y de mantenimiento de la subcriticidad, que comprende una matriz a base de una resina de éster vinílico elegida del grupo constituido por las resinas de epoxiacrilato, las resinas epoximetacrilatos, las resinas de tipo bisfenol A, las resinas de tipo novolaca, las resinas a base de bisfenol A halogenadas y las resinas obtenidas a partir de poliéster isoftálico y de uretano, y una carga inorgánica capaz de ralentizar y de absorber los neutrones.

2. Material según la reivindicación 1, en el que la resina de éster vinílico es una resina de epoximetacrilato de tipo bisfenol A que responde a la fórmula:



en la que R representa H o CH₃.

3. Material según la reivindicación 1, en el que la resina de éster vinílico es una resina de novolaca de fórmula:



en la que R representa H o CH₃.

ES 2 348 387 T3

4. Material según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la carga inorgánica comprende al menos un compuesto inorgánico de boro y al menos un compuesto inorgánico hidrogenado.

5 5. Material según la reivindicación 4, en el que el compuesto inorgánico de boro se elige del grupo constituido por el ácido bórico H_3BO_3 , los boratos de zinc $Zn_2O_{14,5}H_7B_6$, $Zn_4O_8B_2H_2$ y $Zn_2O_{11}B_6$, la colemánita $Ca_2O_{14}B_6H_{10}$, el carburo de boro B_4C , el nitruro de boro BN y el óxido bórico B_2O_3 .

10 6. Material según la reivindicación 4, que comprende al menos un compuesto de boro elegido del grupo constituido por el borato de zinc $Zn_2O_{14,5}H_7B_6$ y el carburo de boro B_4C .

7. Material según la reivindicación 4, en el que el compuesto inorgánico hidrogenado se elige del grupo constituido por los hidratos de alúmina y el hidróxido de magnesio.

15 8. Material según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que las cantidades de compuesto inorgánico hidrogenado y de compuesto inorgánico de boro son tales que la concentración en boro del material es de $8 \cdot 10^{20}$ a $15 \cdot 10^{21}$ átomos por cm^3 y que la concentración en hidrógeno es de $4 \cdot 10^{22}$ a $6 \cdot 10^{22}$ átomos por cm^3 .

20 9. Material según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende del 25 al 40% en peso de resina de éster vinílico.

10. Material según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que presenta una densidad igual o superior a 1,6, preferiblemente de 1,65 a 1,9.

25 11. Material según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que puede soportar una temperatura de uso mínima de $160^\circ C$.

12. Procedimiento de preparación de un material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende las siguientes etapas:

- 30 - preparar una mezcla de la resina de éster vinílico en disolución en un diluyente vinílico con la carga inorgánica,
- añadir a la mezcla un catalizador y un acelerador del endurecimiento,
- 35 - desgasificar la mezcla a vacío,
- colar la mezcla obtenida en un molde, y
- dejarla endurecer en el molde.

40 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el diluyente vinílico es el estireno.

45 14. Procedimiento según la reivindicación 12 ó 13, en el que el molde es un embalaje de transporte y/o de almacenamiento de productos radiactivos.

15. Embalaje de transporte y/o de almacenamiento de productos radiactivos que comprende una pantalla de material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

50

55

60

65

