

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 928**

51 Int. Cl.:

G21F 1/06	(2006.01)
C04B 28/34	(2006.01)
C04B 35/63	(2006.01)
C04B 35/19	(2006.01)
C04B 35/195	(2006.01)
C04B 35/447	(2006.01)
H05K 9/00	(2006.01)
C04B 111/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2006 PCT/US2006/046722**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2008 WO08060292**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2006 E 06851936 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 1958210**

54 Título: **Material cerámico de blindaje contra la radiación unido químicamente y método de preparación**

30 Prioridad:

06.12.2005 US 295708
26.05.2006 US 441833

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2018

73 Titular/es:

CO-OPERATIONS, INC. (100.0%)
3033 CALIFORNIA AVENUE SOUTHWEST, APT.
116
SEATTLE WA 98116, US

72 Inventor/es:

HAMILTON, JUDD D. y
HAMILTON, VERNON D.

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 657 928 T3

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 cerámico de blindaje contra la radiación unido químicamente y método de preparación

Antecedentes de la invención

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de las cerámicas de óxido-fosfato unidas químicamente y, más en particular, a cerámicas de óxido-fosfato unidas químicamente que tienen unas características de blindaje contra la radiación únicas.

10

Descripción de la técnica relacionada

La contención, encapsulación y blindaje de la radiación, incluyendo el apantallamiento electromagnético y el blindaje contra microondas está adquiriendo una creciente y considerable importancia en una sociedad avanzada tecnológicamente. Si bien la generación de energía nuclear ofrece una alternativa frente a las fuentes de energía de combustibles fósiles, hoy en día, la contención de los materiales residuales eleva el gasto, disminuyendo así su viabilidad económica global para generar energía. Otros materiales radiactivos a bajo nivel, como, por ejemplo, residuos médicos, residuos industriales, residuos de uranio empobrecido según la normativa y similares, también están asociados a las mismas cuestiones de contención, blindaje y almacenamiento. Por otra parte, la proliferación de aparatos electrónicos ha incrementado la necesidad de proporcionar un apantallamiento eficaz. Los aparatos electrónicos, como pueden ser teléfonos móviles, hornos microondas y similares, pueden requerir un blindaje contra la energía electromagnética que bloquee la energía radiada para que no se dirija hacia el usuario.

15

20

25

30

35

Dentro del campo de los diagnósticos médicos también existe un uso extendido de materiales radioactivos para ayudar a detectar dolencias en seres humanos. La utilización de rayos X y otras formas de materiales radioactivos para detectar estos problemas sirve para proporcionar a los médicos un valioso examen del estado médico de un paciente. Entre los inconvenientes de estos métodos de diagnóstico se incluye el blindaje necesario para proteger al paciente y al personal médico de la exposición no deseada a radiación y otras formas de energía electromagnética. Actualmente, dentro del diagnóstico médico radioactivo, está muy extendido el uso de plomo como material de blindaje. Por ejemplo, el paciente puede llevar un chaleco forrado con plomo para reducir al mínimo la exposición a los rayos X. Está muy extendido el uso de placas de yeso laminado recubiertas con plomo para proporcionar blindaje contra la radiación de rayos X primaria y secundaria causada por el haz primario de rayos X así como la dispersión del haz primario de rayos X durante los rayos X médicos. La propia máquina de rayos X requiere un importante blindaje como, por ejemplo, el provisto mediante una cubierta de plomo para prevenir la exposición de las personas a los materiales radioactivos.

40

El uso de un blindaje de plomo metálico está muy extendido ya que permite un blindaje eficiente sin ocupar un espacio excesivo. Por ejemplo, es posible aplicar una lámina de plomo de menos de 2,54 cm (1 pulgada) de espesor para blindar una máquina de rayos X.

45

Entre los inconvenientes del blindaje de plomo se incluyen la masa del plomo, la dificultad de formar estructuras para retener la lámina de plomo en su sitio y conseguir estructuras estéticamente agradables deseables, así como los riesgos carcinogénicos para la salud humana, perfectamente documentados, que supone la exposición y la manipulación del plomo y similares. Las placas de yeso laminado recubiertas con plomo que existen suponen un trabajo de instalación muy laborioso para instalar apropiadamente barreras contra los rayos X primarios y secundarios en las salas e instalaciones médicas y odontológicas.

50

55

60

Otras necesidades de blindaje contra la radiación provienen de la fabricación de placas de yeso laminado sin plomo que pueden reemplazar eficazmente a las placas de yeso laminado recubiertas con plomo normales que existen en la industria y que se utilizan en las salas de rayos X médicas y odontológicas, así como instalaciones similares en todo el mundo. Las estaciones espaciales, los satélites y las naves espaciales constituyen otro área de posible aplicación de la presente invención, ya que se sabe que las formas de materiales de blindaje contra la radiación disponibles, tales como hoja y láminas de aluminio, materiales dependientes de plomo y otros métodos de blindaje contra la radiación propuestos, son mínimamente eficaces, requieren espesores prohibitivos que contribuyen a problemas relacionados con el peso, a veces son tóxicos por naturaleza y, generalmente, son aparatosos en lo que se refiere a la necesidad de desarrollar materiales de blindaje contra la radiación compuestos que se puedan reparar con relativa facilidad, que sean resistentes, fuertes y versátiles y que proporcionen un blindaje protector especialmente seguro en el entorno espacial.

65

La utilización de materiales cementosos para contener y blindar contra materiales radioactivos, que se describe en la patente estadounidense número 6.565.647, titulada: Composición de Shotcrete cementoso, que se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad, puede ser problemática ya que los sistemas a base de cemento Portland/hormigón implementan una unión de hidrógeno débil (en comparación con la unión iónica y la unión covalente). Por otra parte, estos sistemas a base de cemento Portland también adolecen de problemas como

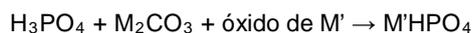
un alto nivel de porosidad (en comparación con otras matrices, como por ejemplo un material de base polimérica y cerámicas de óxido-fosfato químicamente unidas), corrosión y agrietamiento.

5 Las matrices de cemento Portland requieren también curados prolongados (veintiún días) para asegurar la formación de matriz apropiada. Otras alternativas, como por ejemplo una matriz de base polimérica, pueden proporcionar una menor porosidad, pero se pueden degradar cuando se exponen a disolventes orgánicos y materiales con un pH alto o bajo. Las matrices de cemento Portland son susceptibles asimismo del ataque corrosivo de diversos materiales normalmente presentes en los residuos radioactivos.

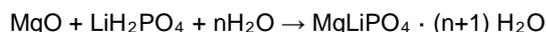
10 Los materiales de cemento cerámico cocido en frío, como los descritos en la patente estadounidense número 5.830.815 y la patente internacional WO97/34848, titulada: Método de estabilización de residuos mediante cerámicas de fosfato químicamente unidas, patente estadounidense número 6.204.214, titulada: cerámicas unidas con fosfato bombeables/inyectables, patente estadounidense número 6.518.212, titulada: Cerámicas de fosfo-silicato unidas químicamente y la patente estadounidense número 6.787.495, titulada: Material refractario multiuso, que se
15 incorporan todas ellas como referencia en su totalidad, no divulgan ni sugieren la incorporación de mezclas compuestas radiopacas y por tanto no proporcionan calidades de blindaje contra la radiación. En un ejemplo de realización de la patente '815, se muestra como típica la siguiente reacción de óxido de magnesio-ácido fosfórico



20 La patente '815 contempla otros óxidos de metal, incluyendo óxidos de aluminio, óxido de hierro y óxidos de calcio, óxidos de bario, óxidos de bismuto, óxidos de gadolinio, óxidos de circonio y óxidos de tungsteno. La reducción del pH de la reacción al mínimo en comparación con un ácido fosfórico (es decir, una reacción más básica) se consigue utilizando un carbonato, bicarbonato o hidróxido de un metal monovalente en reacción con el ácido fosfórico antes
25 de la reacción con el óxido de metal o el hidróxido de metal. Otros metales contemplados (M') son potasio, sodio, tungsteno y litio. Un ejemplo de reacción parcial descrito en la patente '815:



30 Asimismo, se indica la utilización de un dihidrógeno fosfato para formar la cerámica a un pH más alto (en comparación con la utilización de ácido fosfórico) en la siguiente reacción:



35 El cocido o curado de materiales cerámicos a alta o baja temperatura, tal como se describe en la publicación de la solicitud de patente estadounidense No. No. 20060066013 titulada: Proceso a baja temperatura para fabricar materiales radiopacos utilizando residuos industriales/agrícolas como materia prima (por ejemplo, sobre varios cientos de grados Celsius) no ofrece una alternativa viable para las estructuras cerámicas unidas con óxido-fosfato. Las altas temperaturas de curado pueden impedir que los materiales se puedan utilizar para aplicaciones de
40 contención de residuos y blindaje, ya que el cocido a alta temperatura (por encima de varios cientos grados Celsius) requiere que los componentes se tengan que formar y cocer en un emplazamiento alejado antes de su transporte y ensamblado en el emplazamiento deseado. Es posible que las cerámicas curadas a alta temperatura no sean prácticas para formar grandes componentes debido a los requerimientos del cocido. La formación *in situ* de cerámicas cocidas para la contención de residuos puede resultar problemática debido a la contención de los
45 residuos y el emplazamiento del almacenamiento final. Es posible que se desprenda amoníaco durante el proceso de cocido. La inclusión de amoníaco en la matriz cerámica puede ser perjudicial para la formación resultante.

En la publicación de solicitud de patente estadounidense 2002/0165082, titulada: Cerámicas unidas con fosfato de blindaje contra la radiación utilizando compuestos de boro isotópicos enriquecidos, que se incorpora al presente
50 documento como referencia en su totalidad, se describe la utilización de aditivos de compuesto de boro enriquecidos en una solución de licor para cerámicas unidas con fosfato para proporcionar un blindaje contra la radiación. Dicho documento no sugiere el blindaje contra la radiación ni la encapsulación combinando materiales cementosos de óxido-fosfato unidos químicamente "cocidos en frío" con cargas radiopacas y mezclas como sulfato de bario, óxido de bario y compuestos, óxidos de gadolinio y compuestos y óxido de cerio y compuestos, óxido de tungsteno y
55 compuestos y óxido de uranio empobrecido y compuestos.

En la publicación de solicitud de patente estadounidense 20050258405 titulada: Materiales compuestos y Tecnologías para Blindaje contra la radiación gamma y de neutrones, que se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad, se describe el uso de diversas mezclas de materiales compuestos radiopacos que,
60 en algunas aplicaciones, se unen mediante diversos cementos Portland modificados, materiales de agarre, epoxis y oxiclورو de magnesio/cemento de fosfato. Conviene advertir que, si bien la técnica de oxiclورو de magnesio/fosfato por la descripción escrita es similar a una técnica de unión cementosa, de hecho es una técnica claramente diferente de la técnica de unión cementosa y, por lo que se sabe, produce un resultado más poroso y menos ventajoso que el de las realizaciones que se divulgan más adelante en el presente documento en lo que
65 respecta a las calidades de unión cementosa del óxido de magnesio-fosfato monopotásico. Dicha solicitud de patente publicada no incluye ni reconoce la potencial calidad superior y los beneficios de las técnicas con cementos

de óxido-fosfato unidos químicamente para un blindaje contra la radiación de material compuesto útil.

En la patente estadounidense US 6133498 se describe un método para estabilizar residuos que contienen aniones metálicos en partículas cerámicas de fosfato.

5 La patente estadounidense se refiere a un revestimiento de polímero que se aplica sobre la superficie de un material compuesto cerámico de fosfato para inmovilizar eficazmente aniones de sal soluble encapsulados en un material compuesto cerámico de fosfato. El revestimiento de polímero se fabrica a partir de materiales cerámicos, incluyendo al menos un compuesto metálico inorgánico que humedece y se adhiere a la estructura superficial del material compuesto cerámico de fosfato aislando así los aniones de sal soluble del entorno y asegurando una integridad a largo plazo del material compuesto cerámico de fosfato. En la publicación de la solicitud de patente estadounidense 2005/0229809 se divulga un método para producir un revestimiento resistente al fuego que comprende el mezclado de MgO, fosfato monopotásico y CaSiO₃. La patente internacional WO 92/17413 se refiere a una composición de hormigón que incluye un material de una fuente de sílice mineralógica, de origen natural, como parte del aglutinante. El material de la fuente de sílice puede ser por ejemplo feldespatos, zeolitas de origen natural, tierras de diatomeas, clinoptilolitas, mordenitas, chabazitas, sílices opalinas, novaculitas, rocas volcánicas vítreas (riolitas, dacitas, latitas, andesitas y sus turbas y basaltos), vidrio sintético y rocas con alto contenido en sílice (como arenas de cuarcita, arenisca y muchas rocas metamórficas e ígneas, como granitos y esquistos), entre otras, que tienen al menos un 50 % en peso de sílice.

20 La presente invención proporciona un método para construir a temperatura ambiente un elemento de blindaje contra la radiación que comprende: mezclar (i) un óxido de metal que tiene capacidad de blindaje contra la radiación que es MgO con ii) un material que contiene fosfato que es KH₂PO₄ y (iii) CaSiO₃; incorporar un material de blindaje contra la radiación en la mezcla de materiales que contiene óxido de metal y fosfato, en el que el material de blindaje contra la radiación se selecciona del grupo que contiene barita, sulfato de bario, óxido de cerio, óxido de tungsteno, óxido de gadolinio, vidrio emplomado recocido pulverizado con 40 % a 75 % de contenido en plomo, fibras de vidrio emplomado recocido con 40 % a 75 % de contenido en polvo, celestitas y uranio empobrecido; y curado del material de blindaje contra la radiación incorporado y la mezcla de material que contiene óxido de metal y fosfato a temperatura ambiente, en el que dicha temperatura ambiente es por debajo de 100 °C.

30 La presente invención proporciona asimismo un elemento de blindaje contra la radiación que se puede obtener a través del método de la presente invención. Además, la presente invención proporciona una estructura de múltiples capas que comprende dos o más materiales de blindaje contra la radiación, comprendiendo la estructura de múltiples capas el elemento de blindaje contra la radiación de la presente invención.

35 Por consiguiente, las realizaciones del material cerámico y el método divulgado y descrito en el presente documento proporcionan materiales compuestos de hormigón cerámico o cemento cerámico de óxido-fosfato unido químicamente "cocidos en frío" con unas calidades y características de blindaje contra la radiación únicas para contener, encapsular y blindar materiales radioactivos, electromagnéticos o de energía microondas. Asimismo, las realizaciones divulgadas incorporan calidades de blindaje contra la radiación únicas a los materiales de construcción de cemento cerámico u hormigón cerámico y aplicaciones de construcción incluyendo el revestimiento de cemento de Portland contaminado existente y otros materiales de edificación y construcción cementosos y epoxi que están contaminados y pueden contaminarse con sustancias residuales radioactivo perjudiciales u otras sustancias residuales perjudiciales peligrosas.

45 Si bien se describe una realización representativa en el contexto, pero sin limitarse a él, de atenuar la radiación de rayos X generada por máquinas y dispositivos de rayos X en hospitales, salas e instalaciones médicas y odontológicas, se puede incorporar en una serie de productos y permutaciones de productos para llevar a cabo la atenuación de rayos X, incluyendo, pero sin limitarse a ellos, muros para salas médicas y odontológicas, incluyendo aplicaciones para paredes verticales, suelos y techos, desmontables y blindaje permanente para carros de transporte médicos, compuestos de agarre de unión para sellar cualquier filtración de la radiación de rayos X entre dos materiales contiguos y cualquier otra aplicación en la que se desee la atenuación y el bloqueo de la radiación de rayos X y otros contaminantes. Al mismo tiempo que no presentan los inconvenientes de los diseños anteriores que se han mencionado, las estructuras de cemento cerámico de óxido-fosfato forman estructuras con una porosidad significativamente más baja que la de las estructuras de cemento de Portland.

50 En un aspecto de una realización, se divulga una composición de material y el método para formar un elemento de blindaje contra la radiación a temperatura ambiente en el que la composición de materia incluye una matriz cerámica de óxido-fósforo químicamente unidos "cocida en frío" y un material de blindaje contra la radiación dispersado en la matriz cerámica de óxido-fosfato unida químicamente "cocida en frío".

65 El blindaje contra la radiación a bajo nivel en la presente invención emplea varias combinaciones de cargas radiopacas eficaces, tales como sulfato de bario, óxido de cerio, óxido de gadolinio, óxido de tungsteno y uranio empobrecido, que se unen en una solución de ácido-fosfato que comprende proporciones concretas de óxido de magnesio (MgO) en polvo y dihidrógeno fosfato potásico (KH₂PO₄) y agua. Se ha demostrado que el material cerámico compuesto de óxido-fosfato químicamente unidos resultante bloquea eficazmente los rayos X médicos

proporcionan el blindaje contra la radiación necesario requerido para atenuar la radiación de rayos X de hasta 120 kVp a un espesor del material de 1,27 cm (0,5 pulgadas). Aumentando simplemente el espesor de estos materiales compuestos cerámicos de óxido-fosfato unidos químicamente se atenúan eficazmente niveles de energía kVp más altos.

5 De acuerdo con una realización, se proporciona una composición de materia que incluye una matriz cerámica a base de óxido-fosfato unida químicamente y un material de blindaje contra la radiación, en el que el material de blindaje contra la radiación se dispersa en la matriz cerámica a base de óxido-fosfato unida químicamente y el material de blindaje contra la radiación se selecciona del grupo que consiste en barita, sulfato de bario, óxido de cerio, óxido de tungsteno, óxido de gadolinio, vidrio emplomado recocido con 40 % a 75% de contenido en plomo (tanto en polvo como fibras), celestitas y uranio empobrecido.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el porcentaje en peso de barita se encuentra en el intervalo comprendido entre aproximadamente 89 % y 99 % BaSO_4 y silicatos en un intervalo de 1% a 5.8%.

15 Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada que se ofrece a continuación son ilustrativas y sirven únicamente para explicar las realizaciones según se reivindican sin restringirlas.

20 Descripción detallada de la invención

A continuación, se hace referencia con mayor detalle a las realizaciones preferentes de la presente invención. La presente invención se refiere a una composición de materia y a un método para formar un elemento de blindaje contra la radiación en condiciones ambiente. Las personas especializadas en la técnica apreciarán que la composición de materia de la presente invención tiene por objeto su utilización para blindar y atenuar diversas formas de radiación, incluyendo radiación de rayos x, electromagnética y espectros de microondas, la energía de soldadura de haz de electrones (radiación de frenado o bremsstrahlung o radiación secundaria) y similares. La composición de materia y el método proporcionan una composición eficaz para su uso en la construcción de elementos que presentan capacidad de blindaje contra la radiación en la región del espectro electromagnético. El material resultante puede formarse en condiciones ambiente en un período de tiempo rápido (entre media hora y dos días de curado). Esto permite la formación de una matriz cerámica de óxido-fosfato unida químicamente con inclusión de materiales de blindaje contra la radiación, electromagnético y microondas sin las altas temperaturas que se requieren normalmente. La alta temperatura de cocido típica puede exceder varios cientos de grados Celsius y normalmente tiene lugar dentro de intervalo de aproximadamente 1800°C (mil ochocientos grados Celsius). El método de la presente invención de "cocido en frío" (curado a temperatura ambiente) tiene lugar a 100 °C, o menos, (cien grados Celsius); esto puede permitir la formación *in situ* de un elemento como pueda ser una estructura de blindaje o el transporte y la instalación eficientes de un panel preformado o estructura formada de la composición de materia, en comparación con otros materiales de blindaje contra la radiación. Por ejemplo, la estructura formada de acuerdo con la presente invención puede permitir formar una división de pared completamente curada y lista para su utilización en un período de tiempo de varios días. La composición de material de la presente invención incorpora un material cerámico de óxido-fosfato unido químicamente "cocido en frío" para formar así un matriz que incluye en ella un material de blindaje de radiación adicional. Se puede formar una matriz cerámica de óxido-fosfato químicamente unida incorporando un óxido de metal con una sustancia o material que contiene fosfato. Las personas especializadas en la técnica apreciarán que la cerámica de óxido-fosfato químicamente unida resultante puede ser una forma hidratada basada en el constituyente fosfato de metal. Los óxidos metálicos adecuados pueden incluir óxidos de metal en los que el componente catiónico está asociado con blindaje contra la radiación, de manera que la cerámica de fosfato de metal resultante presenta capacidad de blindaje contra la radiación. Entre las sustancias o materiales que contienen fosfatos adecuados se incluyen dihidrógeno fosfato potásico, ácido fosfórico, un fosfato ácido, fosfato de monohidrógeno y similares. Entre los óxidos adecuados se incluyen de magnesio, hierro (II o III), aluminio, bario, bismuto, cerio (III o IV), gadolinio, tungsteno y uranio empobrecido (III) (uranio 238 sustancialmente). Concretamente, en la presente invención se utiliza MgO . Asimismo, se utiliza KH_2PO_4 como material que contiene fosfato.

55 En otras realizaciones más, se forma una estructura de múltiples capas para proporcionar una atenuación eficaz a través de un intervalo de kilovoltios pico (kVp). Por ejemplo, se forma un material de múltiples capas por fundido o aplicación por aspersión para formar una mono estructura que presenta blindaje o atenuación a través de un intervalo. Las capas se pueden formar de diferentes combinaciones de cerámicas y materiales de blindaje para conseguir el blindaje y la atenuación deseados. Por ejemplo, se forma una primera capa con un material de blindaje de bismuto, mientras que se forma una segunda capa de cerámica a base de cerio. Se puede incluir una tercera capa de cerámica que incluya un material de blindaje de sulfato de bario también. En este ejemplo, se incluye óxido de cerio para que atenúe los rayos X a 120 kVp, a un espesor de material de 1,27 cm (0,5 pulgadas). A mayores espesores del material, se atenuará con mayor eficacia la radiación de rayos X a niveles de energía más altos. Asimismo, en una realización, se puede preparar o aplicar el bismuto de manera que blinde la radiación por debajo de los rayos gamma en el espectro electromagnético de longitud de onda, frecuencia o energía de fotones.

65 Por tanto, se pueden emplear dos o más materiales de blindaje contra la radiación para conseguir una estructura de

múltiples capas. Dado que las matrices cerámicas de óxido-fósforo químicamente unidas se unen con éxito entre sí, el uso de dos o más materiales de blindaje contra la radiación aumenta el intervalo de blindaje a través de la estratificación de materiales en la matriz cerámica. La estratificación en una realización se lleva a cabo a través del curado por separado de cada capa individual y, a continuación, se unen las capas según un modo conocido, como por ejemplo formando capas sucesivas sobre las capas previamente curadas, o uniendo capas previamente curadas utilizando un adhesivo cerámico unido con óxido-fósforo.

En ciertas realizaciones del proceso de estratificación que se ha mencionado, se pueden dispersar materiales de blindaje contra la radiación adecuados en las matrices de cemento cerámico de óxido-fosfato. Las personas especializadas en la técnica apreciarán que se pueden incorporar combinaciones de materiales de blindaje en una sola matriz para proporcionar atenuación a través de una porción del espectro electromagnético, como rayos X, microondas y las regiones o porciones de las regiones similares del espectro electromagnético. Entre los ejemplos se incluyen polvos, agregados, fibras, fibras tejidas y similares. Entre los ejemplos de materiales se incluyen barita, sulfato de bario, fibras y polvo de vidrio emplomadas recocidas, óxido de cerio y uranio empobrecido.

El método para construir el elemento de blindaje incluye el mezclado de MgO con KH_2PO_4 . Se incorpora un material de blindaje contra la radiación en la mezcla de material que contiene óxido de metal y fosfato. La incorporación puede incluir la dispersión del agregado, el polvo y las fibras. Se pueden incorporar fibras tejidas como parte de un proceso de fundido, un proceso de estratificación o similar. Se cura el material de blindaje contra la radiación incorporado y la cerámica de óxido de metal – fosfato para su endurecimiento (máxima resistencia a la compresión) en condiciones ambiente. Por ejemplo, se puede fundir el elemento en el sitio y llevar a cabo la reacción de curado en condiciones ambiente (es decir, la temperatura ambiente). La reacción y el curado del elemento de blindaje contra la radiación tienen lugar a 100 °C o menos (cien grados Celsius). Las personas especializadas en la técnica apreciarán que la porosidad del elemento resultante puede variar sobre la base de los reactivos seleccionados. Se pueden añadir agregados de mezclado excelente para no disminuir significativamente la porosidad y añadir resistencia, tales como cenizas volantes, cenizas de fondo y wollastonita en relaciones comprendidas entre 15:85 y 50:50, así como otros silicatos escasamente solubles tal como se explica en la patente estadounidense No. 6.518.212, titulada: cerámicas de fosfo-silicato químicamente unidas: una cerámica de fosfo-silicato químicamente unida formada por reacción química de fosfato de metal alcalino monovalente (hidrógeno fosfato de amonio) y un óxido escasamente soluble, con un silicato escasamente soluble en una solución acuosa. El fosfato de metal alcalino monovalente (o hidrógeno fosfato de amonio) y el óxido escasamente soluble se encuentran ambos en una forma en polvo y se combinan en una relación molar estequiométrica comprendida entre (0,5-1,5):1 para formar un polvo aglutinante. De manera similar el silicato escasamente soluble está también en forma de polvo y se mezcla con el polvo aglutinante para formar una mezcla. Se añade agua a la mezcla para formar una suspensión espesa. El agua comprende 50 % en peso de la mezcla en polvo en dicha suspensión espesa. Se deja endurecer la suspensión espesa. La cerámica de fosfo-silicato químicamente unida presenta una alta resistencia a la flexión, una alta resistencia a la compresión, baja porosidad y permeabilidad al agua, tiene una composición química biocompatible y definible y se puede teñir fácilmente en prácticamente cualquier matiz o tono que se desee. Otros ejemplos de silicatos escasamente solubles son silicato de calcio (CaSiO_3), silicato de magnesio (MgSiO_3), silicato de bario (BaSiO_3), silicato sódico (NaSiO_3), silicato de litio (LiSiO_3) y serpentinita. En la presente invención, el método implica el mezclado de MgO y KH_2PO_4 con CaSiO_3 .

En una realización específica, un elemento de blindaje contra la radiación compuesto de una composición de materia de la presente invención se construye mezclando 453,5 g (1 libra) de óxido de metal, concretamente, se añade MgO, fosfato monopotásico con 453,5 g (1 libra) de material de blindaje contra la radiación, como por ejemplo una carga de agregado, un polvo o una fibra que atenúa el material y H_2O (agua) a aproximadamente 20 % (veinte por ciento) en peso y se deja curar el material de blindaje contra la radiación compuesto “curado en frío” resultante. En esta realización, la relación entre el óxido de metal y el fosfato monopotásico en peso es 1/3 (un tercio) del óxido de metal, como por ejemplo óxido de magnesio sinterizado, dos tercios de fosfato monopotásico o MKP (KH_2PO_4) y además una relación en peso de 15:85 a 50:50 de cenizas volantes, cenizas de fondo y otros silicatos escasamente solubles adecuados (incluyendo CaSiO_3). Debe advertirse que debido a las diferentes relaciones molares entre el óxido de magnesio “sinterizado” (MgO) y el fosfato monopotásico (MKP), las relaciones en peso/volumen entre MgO y MKP mencionados puede variar sin dejar de producir una unión eficaz de las mezclas de atenuación/blindaje pretendidas.

En otras realizaciones, se pueden hacer reaccionar varios carbonatos, bicarbonatos (como por ejemplo bicarbonato sódico, bicarbonato potásico y similares) o reactivos de hidróxidos de metal en un proceso de dos etapas con un fosfato ácido para limitar la temperatura de reacción máxima del óxido de metal y el resultado de la reacción de carbonato, bicarbonato o hidróxido con el fosfato ácido.

En otra realización más, se pueden incorporar otros ácidos para formar un material a base de cerámica de óxido de metal –fosfato. La selección del ácido puede basarse en el óxido de metal utilizado; entre los óxidos de metal adecuados se incluyen metales divalentes y trivalentes (incluyendo metales de transición y metales de la serie de los lantánidos y de la serie de los actínicos). Otros ácidos adecuados incluyen ácido bórico como retardante (<1 % del polvo total).

En ejemplos específicos, el mezclado de la matriz cerámica seleccionada con el material de blindaje deseado forma ejemplos de composiciones. En una realización, la mezcla combinada final forma un producto en el que el material de blindaje está cementado o unido con la matriz cerámica, que incluye la unión interna o la unión externa, o ambas. Asimismo, los materiales de la matriz cerámica se encuentran en el intervalo de -200 mallas o menos. Los siguientes ejemplos específicos son únicamente ilustrativos y sirven para explicar los principios de la presente invención. Se llevaron a cabo los siguientes procedimientos en condiciones ambiente (p.ej. presión, temperatura). En algunos casos, se llevaron a cabo a una temperatura ambiente comprendida entre 18,3 °C y 29,4 °C (65°F y 85°F) a presión atmosférica. No se trató de homogeneizar completamente el material para obtener partículas uniformes, aunque se trató de conseguir una distribución sustancialmente uniforme del material de blindaje dentro de la matriz cerámica.

Para las muestras en las que se utilizó un material de blindaje de tela de fibra tejida, se hidroliza la cerámica y se funde en contacto con el material de tela. En los casos en los que se incorpora un material de blindaje en polvo, el tamaño de partícula varió dependiendo del material. Idealmente, el tamaño de las partículas en polvo está en el intervalo de -200 mallas o menos. Las personas especializadas en la técnica apreciarán que se puede utilizar un amplio intervalo de tamaños de partícula. Se añade agua para hidrolizar la mezcla seca. Se mezcla la combinación del agua y el óxido cerámico, fosfato y el material de blindaje durante un período suficiente y con la intensidad suficiente para hacer que la mezcla presente una elevación exotérmica de 20.5 a 40 % (veinte por ciento a cuarenta por ciento) de la temperatura original de la mezcla. Se compacta la mezcla hidrolizada al vacío o se aplica un método vibratorio o equivalente para eliminar los vacíos. La compactación se lleva a cabo preferentemente en un recipiente, como por ejemplo un recipiente polimérico formado por polipropileno o polietileno que tiene un bajo coeficiente de fricción para facilitar la extracción. Se deja endurecer las muestras al tacto (al menos veinticuatro horas) en condiciones ambiente.

Se someten las muestras a una prueba de equivalencia de plomo de rayos X. Las muestras sometidas a ensayo se formaron agitando MgO (óxido de magnesio "sinterizado"), silicato escasamente soluble y aditivos radiopacos, tal como se expone en la presente divulgación, en una solución de ácido-fosfato (fosfato monopotásico y agua). La disolución del óxido de metal forma cationes que reaccionan con los aniones fosfato para formar un gel de fosfato. Este gel cristaliza después y se endurece en una cerámica cocida en frío. La disolución del óxido también eleva el pH de la solución, formándose la cerámica cocida en frío a un pH cercano al neutro.

El control de la solubilidad del óxido en la solución de ácido-fosfato produce la cerámica de óxido-fosfato químicamente unido. Los óxidos o minerales óxidos de baja solubilidad son los mejores candidatos para formar cerámicas de fosfato químicamente unidos, ya que se puede controlar su solubilidad. El óxido de metal en las formulaciones de muestra se conoce como óxido de magnesio "sinterizado" (MgO), calcinado a 1300 °C o más para reducir la solubilidad de la solución de ácido-fosfato. Los óxidos en polvo se pueden tratar previamente para una mejor reacción con los ácidos. Una técnica incluye la calcinación de los polvos a la temperatura típica comprendida entre aproximadamente 1,200 °C y 1.500 °C y más habitualmente 1.300 °C. Se ha observado que el proceso de calcinación modifica la superficie de las partículas de óxido en infinidad de formas para facilitar la formación cerámica. La calcinación hace que se adhieran las partículas entre sí y también forma cristales; esto conlleva velocidades de reacción más reducidas que favorecen la formación de la cerámica. Las reacciones rápidas tienden a formar precipitados en polvo no deseados. A continuación, se puede hacer reaccionar dicho óxido de magnesio "sinterizado" a temperatura ambiente con cualquier solución ácido-fosfato, como por ejemplo, dihidrógeno fosfato de amonio o potasio, para formar una cerámica del fosfato de magnesio y potasio. En el caso de óxido de magnesio-fosfato de monopotasio, se puede añadir simplemente una mezcla de MgO (óxido de magnesio "sinterizado"), KH₂PO₄ (fosfato monopotásico) y silicato escasamente soluble al agua y mezclar durante entre 5 minutos y 25 minutos, dependiendo del tamaño de lote. Se disuelve el fosfato de monopotasio en el agua primero y forma una solución de ácido-fosfato en la que se disuelve MgO. Las cerámicas de óxido-fosfato químicamente unidas "cocidas en frío" se forman por agitación de la mezcla en polvo de óxidos y aditivos radiopacos, incluyendo cualquier retardante deseado como ácido bórico, tal como se ha descrito con claridad en el presente documento, en una solución de agua-ácido activado-fosfato en la que se disuelve el óxido de magnesio "sinterizado" (MgO) y reacciona con el fosfato de monopotasio (MKP) y el silicato escasamente soluble, en concreto wollastonita, y se asienta para dar un material cementoso cerámico "cocido en frío".

TABLA 1

FORMULACIÓN DE MUESTRA CERÁMICA					
Muestra	H ₂ O (g)	Cerámica (g)	Material de blindaje (g)	Tamaño de partícula	Densidad kg/m ³ (lbs/ft ³)
1	112,0	198,0	462,0 sulfato de bario	10 µm (micrómetros)	2434,8 (152,0)
2	112,0	220,0	220,0 sulfato de bario 220,0 bismuto	325 mallas (bismuto)	3155,6 (197,0)
3	112,0	264,0	264,0 sulfato de bario 66,0 bismuto (bismuto) 66,0 óxido de cerio III	10 µm (micrómetros) 325 mallas 5,24 mm (micrómetros)	1185,3 (74,0)

TABLA 2

ATENUACIÓN DE MUESTRA CERÁMICA				
Designación de muestra	Atenuación			
	60 kVp	80 kVp	100 kVp	120 kVp
1	99,99 %	99,97 %	99,76 %	99,05 %
2	99,99 %	99,98 %	99,77 %	99,64%
3	99,96 %	99,91 %	99,66 %	99,19 %
Capa de valor medio medida (HVL)	3,0 mmA1	4,0 mmA1	5,1 mmA1	6,2 mmA1

TABLA 3

EQUIVALENCIA DE PLOMO DE MUESTRA CERÁMICA (MILÍMETROS Pb)				
Designación de muestra	Equivalencia de plomo (mm Pb)			
	60 kVp	80 kVp	100 kVp	120 kVp
1	1,8*	1,800	1,535	1,065
2	1,8*	1,822	1,552	1,445
3	0,790	1,410	1,375	1,125
Capa de valor medio medida (HVL)	3,0 mmA1	4,0 mmA1	5,1 mmA1	6,2 mmA1
* Debido a la alta atenuación de esta muestra, no se puede registrar con precisión la equivalencia de plomo para un posible tubo de 60 kVp. La equivalencia de plomo no será inferior al siguiente ajuste de kVp superior (siendo kVp – kilovoltio pico; mmA1 -)				

5 Debe entenderse que el orden específico o jerarquía de las etapas del proceso divulgado es un ejemplo de enfoques ilustrativos. Debe entenderse que dependiendo de las preferencias del diseño se puede reorganizar el orden específico o la jerarquía de las etapas del proceso manteniéndose dentro del alcance de la presente invención. Las reivindicaciones del método que se adjuntan presentan los elementos de las distintas etapas en un orden de muestra y no se pretende que suponga una limitación al orden concreto o jerarquía presentada.

10 Se considera que la presente invención y muchas de sus ventajas asociadas se comprenderán con la descripción expuesta. Se considera asimismo que será evidente que es posible introducir diversos cambios en la forma, la construcción y la organización de los componentes dentro del alcance de la invención que queda definida con las reivindicaciones adjuntas. La forma que se ha descrito en el presente documento es simplemente una realización explicativa de la misma. Un cambio concreto previsto es la inclusión en última instancia de una preparación de material constituyente de tamaño nanométrico para aumentar el principio de unión de las superficies disponibles. La mayoría, si no todas, las cerámicas descritas en la presente patente puede producirse como un cemento, hormigón, material de placa de yeso, revestimiento y materia de agarre y se puede verter, pulverizar, allanar y moldear en diversas formas y usos.

20 Por otra parte, las realizaciones divulgadas en el presente documento se pueden aplicar a objetos y estructuras contaminados con radiación para su encapsulación y contención del contaminante dentro del objeto o estructura, blindando y protegiendo así los objetos que están fuera de la estructura u objeto encapsulado.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método de construcción a temperatura ambiente de un elemento de blindaje contra la radiación que comprende:
- 5 mezclado de (i) un óxido de metal que tiene una capacidad de blindaje contra la radiación, que es MgO con (ii) un material que contiene fosfato, que es KH_2PO_4 y (iii) CaSiO_3 ;
- 10 incorporación de un material de blindaje contra la radiación en una mezcla de óxido de metal y material que contiene fosfato, en el que el material de blindaje contra la radiación se selecciona del grupo que consiste en barita, sulfato de bario, óxido de cerio, óxido de tungsteno, óxido de gadolinio, vidrio emplomado recocido en polvo con un 40 % a 75 % de contenido en plomo, fibras de vidrio emplomado recocido con un 40 % a 75 % de contenido en plomo, celestitas y uranio empobrecido; y
- 15 curado del material de protección contra la radiación incorporado y la mezcla de óxido de metal y fosfato a temperatura ambiente, siendo dicha temperatura ambiente menos de 100 °C.
2. Un elemento de blindaje contra la radiación que se puede obtener a través del método definido en la reivindicación 1.
- 20 3. Una estructura de múltiples capas que comprende dos o más materiales de blindaje contra la radiación, comprendiendo la estructura de múltiples capas el elemento de blindaje contra la radiación tal como se ha definido en la reivindicación 2.