

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 321**

51 Int. Cl.:

**C08K 3/08** (2006.01)

**C08K 3/22** (2006.01)

**C09K 21/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2014 PCT/FR2014/051624**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2014 E 14749887 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3022257**

54 Título: **Material de protección biológica a base de una matriz de polímero de silicona y cargas**

30 Prioridad:

**16.07.2013 FR 1356985**

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

**09.10.2020**

73 Titular/es:

**KAEFER WANNER (100.0%)  
31/35 rue Gambetta  
92280 Suresnes Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**REY, LOUIS;  
DEVE, BENJAMIN y  
BACOT, ERIC**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 786 321 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 de protección biológica a base de una matriz de polímero de silicona y cargas

5 La invención se refiere a un material compuesto, sólido, destinado a la protección biológica y utilizable como elemento cortafuegos en instalaciones industriales, por ejemplo, del tipo de las centrales nucleares.

10 Las instalaciones industriales, por ejemplo, del tipo de las centrales nucleares, requieren la implementación de materiales específicos con rendimientos que permitan, por una parte, la protección de los seres humanos contra las radiaciones ionizantes y, por otro lado, delimitar, incluso confinar, productos tóxicos o humos que puedan afectar al medio ambiente, especialmente en caso de incidentes de funcionamiento.

15 En las centrales nucleares, por lo tanto, se proporciona una serie completa de materiales compuestos específicos para diversos usos de protección.

20 Entre estos materiales compuestos, algunos deben tener cualidades que permitan su uso de protección de particiones, de paredes, de tuberías y/o varios cables contra incendios y/o contra la radiación ionizante rellenando los espacios vacíos que puedan existir en estos elementos. También es esencial que dichos materiales puedan mantener un rendimiento suficiente durante toda su vida útil.

25 Dichos materiales compuestos son conocidos y combinan una matriz de polímero de silicona con varias cargas, especialmente metálicas. La matriz de polímero de silicona suele ser un elastómero de silicona de dos componentes, obtenido, por ejemplo, por vulcanización en frío de un sistema precursor de dos componentes, cada sistema es un aceite y/o resina, por ejemplo, de la fórmula general respectiva R-SiOH y R'-SiOH, R y R' son, por ejemplo, grupos o cadenas de hidrocarburos, en presencia de un agente de reticulación que permite la reacción de poliadición o de reticulación.

30 La presencia de cargas permite ajustar la masa volumétrica del material compuesto. Antes de la reacción de reticulación, las cargas se agregan a uno o ambos sistemas de aceites de silicona, mientras se controla o evita la sedimentación de dichas cargas durante la reacción de formación del material compuesto.

Tal material se implementa para cumplir al menos tres criterios fisicoquímicos, a saber, una viscosidad suficiente antes de la poliadición, una masa volumétrica y una composición molecular adecuada para el uso indicado.

35 A menudo se requiere implementar este material protector *in situ*, antes de la reacción de formación de este material, por razones prácticas, porque un aceite de silicona puede fluir y llenar los espacios vacíos entre paredes o entre conjuntos de cables o tuberías. No obstante, esto no excluye una implementación del material compuesto final, por ejemplo, para usos de partición.

40 La masa volumétrica del material compuesto debe ajustarse para tomar valores fijos de al menos 2,3 g/cm<sup>3</sup>, valores mínimos correspondientes a las masas volumétricas de los materiales circundantes, por ejemplo, cerca del hormigón.

45 La matriz de polímero de silicona solo tiene una masa volumétrica de aproximadamente 1,4 g/cm<sup>3</sup>, por lo tanto, es necesario agregarle cargas que permitan alcanzar la masa volumétrica fija, cumpliendo los requisitos establecidos por las autoridades públicas, tales como su toxicidad e inhibición química.

50 Más concretamente, para aumentar la masa volumétrica de la matriz de polímero de silicona, hay varias opciones, incluida la de agregar una carga de alta densidad, en particular, de al menos 7. No obstante, las dificultades de implementación de tales cargas densas pueden aparecer debido en particular a los riesgos de sedimentación de las cargas en la composición líquida de los precursores cuando se usa esta última. Esto puede dar como resultado un material compuesto que tenga una heterogeneidad de distribución de la masa volumétrica dentro de él, lo que afecta a las propiedades deseadas. Además, entre las cargas buscadas, algunas deben tener una absorción de aceite aceptable, definida según DIN EN ISO 787-5: 1995. También es necesario controlar en particular el tamaño de partícula, que influye en la sedimentación. La elección de los tamaños de partícula también debe evitar costes de implementación adicionales, lo que elimina las partículas demasiado finas, típicamente inferiores a un micrómetro.

Por lo tanto, es necesario buscar un buen compromiso entre los criterios anteriores.

60 El plomo, como una carga, ha sido usado durante mucho tiempo, pero presenta una toxicidad que hace que su uso no sea conforme con las normas ambientales vigentes.

65 Alternativamente, se usan comúnmente las cargas metálicas que consisten en tungsteno, de cobre o de una mezcla de tungsteno y de cobre. Sin embargo, tal implementación tiene inconvenientes, como la formación de hidrógeno dentro de la matriz de polímero de silicona, una sedimentación demasiado rápida de la carga, de aproximadamente 2 horas, que no permite su uso eficaz *in situ* y costes prohibitivos.

La solicitud de patente CN101845223 describe un material de elastómero de silicona de alta densidad que tiene propiedades de resistencia al fuego y a la penetración de la radiación, que se puede usar en las centrales nucleares. Describe una composición de material que comprende un polvo metálico que se puede elegir entre un polvo de hierro, de cobre, de aluminio, de níquel y de plomo. Esta composición puede comprender pigmentos de color de cromo o de carbono o un óxido de hierro amarillo y/o negro. Sin embargo, no trata el problema de la implementación de la composición, especialmente, para formar el material *in situ*.

Por consiguiente, sigue siendo necesario proporcionar un material compuesto para su uso en una zona industrial, especialmente, en las centrales nucleares, con un rendimiento constante de protección contra incendios y/o protección biológica durante un largo período de uso, que sea económico y sencillo de implementar.

La invención se refiere a un material compuesto según la reivindicación 1, que tiene propiedades de protección contra incendios y protección biológica que comprenden una matriz sólida de polímero de silicona y partículas a base de hierro en cantidades efectivas para dar a dicho material compuesto una masa volumétrica de al menos 2,3 g/cm<sup>3</sup>, ventajosamente de al menos 2,4 g/cm<sup>3</sup>, ventajosamente de al menos 2,5 g/cm<sup>3</sup>, ventajosamente de menos de 10 g/cm<sup>3</sup> y ventajosamente de menos de 7 g/cm<sup>3</sup>.

Gracias a la invención, es posible proporcionar un material compuesto que tenga las siguientes ventajas.

Los rendimientos de protección biológica y/o de cortafuegos, en particular, con respecto a la radiación ionizante, se mantienen, incluso aumentan en comparación con los productos de la técnica anterior, lo que hace que dicho material sea adecuado para su uso en zonas industriales sensibles, como las centrales nucleares, especialmente durante largos períodos de tiempo, por ejemplo, más de 10 años.

El rendimiento de cortafuegos puede cumplir, en particular, con la norma EN 1366/3 y la clasificación EI 120.

La protección biológica, especialmente con respecto a los rayos gamma, puede definirse sobre la base de un material portador A, por ejemplo, del tipo pared o partición, que tiene un espesor A y una masa volumétrica A, sobre el cual se fija un material compuesto B por enchapado, de la invención, teniendo un espesor B y una masa volumétrica B, y satisfaciendo la relación: espesor A \* masa volumétrica A = espesor B \* masa volumétrica B. A modo de ejemplo, si el material portador es un muro de hormigón con una masa volumétrica de 2,3 g/cm<sup>3</sup>, entonces el material compuesto debe tener una masa volumétrica de 2,3 g/cm<sup>3</sup>, de igual espesor.

Gracias a la presencia de partículas a base de hierro, se observa una velocidad de sedimentación de aproximadamente 24 horas en una composición de aceites de silicona, cuando se usa este tipo de composición de precursores, lo que puede permitir un uso eficaz *in situ* de esta composición, con el fin de obtener el material compuesto. Así podemos evitar heterogeneidades de repartición de las masas volumétricas, conduciendo a áreas con masas volumétricas inferiores a las requeridas, lo que altera sus propiedades. Además, el hierro tiene una masa volumétrica adecuada para obtener un material compuesto con una masa volumétrica de al menos 2,3 y no puede activarse bajo el efecto de la radiación ionizante.

Las partículas a base de hierro también están disponibles comercialmente y son económicas y no tóxicas.

En el marco de la invención, las partículas a base de hierro pueden ser partículas de hierro puro, o partículas que comprenden además otros compuestos, por ejemplo, en aleación con el hierro, en proporciones de algunos puntos porcentuales, entre el 0 % y 10 %, por ejemplo, entre el 0,1 y el 5 %.

La matriz de polímero de silicona sólida puede ser cualquier polímero elastomérico de silicona disponible comercialmente. De hecho, la matriz de polímero de silicona sólida se puede obtener por reacción de vulcanización en frío o en caliente, por ejemplo, del tipo de poliadición, por ejemplo, una composición de precursores de aceites o fluidos de silicona o de un sistema de dos componentes de aceites de silicona, en presencia de un agente de reticulación y un catalizador, que no son limitados. Los expertos en la materia se referirán a trabajos generales relacionados con polímeros de silicona, la invención no se limita de ninguna manera a estas matrices de polímeros sólidos.

Es muy ventajoso usar un sistema de dos componentes de aceites o fluidos de silicona precursores, y usar reticulación o poliadición en frío. En efecto, uno de los objetivos de la invención es utilizar composiciones líquidas de precursores capaces de llenar las cavidades y los espacios entre varias tuberías y cables en instalaciones industriales.

El material compuesto sólido se forma como se explicó anteriormente.

Es ventajoso preparar el material compuesto mediante la adición de hierro en partículas en una composición de aceites o fluidos de silicona, y después proceder a la formación del material compuesto, por ejemplo, por vulcanización en frío. Por el contrario, las partículas a base de hierro pueden, llegado el caso, distribuirse en cada composición de aceites de silicona de un sistema de dos componentes.

Las partículas a base de hierro, o el polvo a base de hierro, pueden tener un tamaño medio de partícula entre 1 y 2000

µm. Los tamaños de partículas menores de 1 µm requieren grandes cantidades de composición de aceites de silicona para una humectabilidad aceptable del hierro dentro de esta composición, lo que puede causar problemas de fluidez. Para tamaños de partículas mayores de 2000 µm, se observa una sedimentación demasiado rápida, indeseable, y una eficacia de protección insatisfactoria contra la radiación ionizante.

5 Según la invención, el tamaño medio de las partículas de hierro está comprendido entre 5 µm y 200 µm, porque el aumento de los rendimientos y propiedades buscadas para el material compuesto se observa en este intervalo. Ventajosamente, el tamaño medio de partícula es de entre 5 µm y 100 µm, ventajosamente entre 5 y 70 µm, en particular entre 5 µm y 50 µm, para buscar el mejor rendimiento con el coste de implementación más económico.

10 Un tamaño promedio de las partículas de hierro entre 50 µm y 70 µm puede ser ventajoso.

El tamaño de partícula puede tener una repartición de tipo gaussiano, con un pico entre 40 µm y 80 µm, por ejemplo, entre 50 µm y 70 µm.

15 La desviación estándar puede estar comprendida, por ejemplo, entre 10 µm y 30 µm, por ejemplo, entre 15 µm y 25 µm, por ejemplo, 20 µm.

20 Las partículas pueden tener ventajosamente una forma relativamente esférica. Se considera que una partícula es relativamente esférica si ningún punto está distante del baricentro de esta partícula por una distancia que tenga una desviación de más del 10 % con respecto al radio medio de esta partícula.

Se ha observado que al elegir partículas esféricas (granalla esférica), los daños del material de implementación, especialmente, del tipo de rayado en juntas de Teflón (marca registrada), permanecieron relativamente limitados.

25 De forma alternativa, se podría elegir bolas trituradas (granalla angular), lo que puede ser ventajoso en términos de suministro porque estas partículas se usan comúnmente en pirotecnia.

30 La cantidad eficaz de partículas a base de hierro puede definirse por el contenido (en peso) de las partículas a base de hierro en la matriz de polímero de silicona, cuyo contenido está comprendido ventajosamente entre el 45 % y el 60 %, preferentemente entre el 53 % y el 57 %, en particular, igual al 55 %.

35 Ventajosamente, las partículas a base de hierro pueden consistir en hierro y carbono, estando presente el carbono en proporciones atómicas comprendidas entre el 0,1 y aproximadamente el 1,5 %. Tal producto puede ser una aleación de Fe-C. Tales partículas de Fe-C, por una parte, aumentan la vida útil del material compuesto evitando, según las condiciones de implementación, una oxidación excesiva de las partículas de hierro y, por otro lado, limitan la sedimentación.

40 Según la invención, además de las partículas a base de hierro, el material compuesto comprende partículas de óxido de hierro, según contenidos del 1 % al 15 % en peso, más preferiblemente del 2 % al 10 %, en particular, del 4 % al 10 % en peso con respecto al peso total del material compuesto.

Ventajosamente, estas partículas de óxido de hierro se pueden obtener sintéticamente.

45 Ventajosamente, estas partículas de óxido de hierro pueden ser partículas de hematita, por ejemplo, hematita roja.

50 El solicitante ha observado sorprendentemente que la presencia de óxido de hierro, preferiblemente, óxido férrico, en particular, de tipo  $Fe_2O_3$  o  $Fe_3O_4$  o su mezcla, especialmente en tales cantidades, permitía limitar la velocidad de sedimentación de partículas a base de hierro. Sin limitarse a una teoría, es posible que esta reducción en la velocidad de sedimentación esté vinculada a la formación de coloides, o bien a una modificación de la viscosidad de la composición de los aceites o fluidos de silicona precursores debido a la presencia de partículas de hematita.

55 El tiempo de sedimentación puede estar comprendido entre 24 h y algunas semanas, por ejemplo, entre 1 y 3 semanas, preferiblemente al menos aproximadamente 1 semana. Esto es muy ventajoso para implementaciones industriales, permitiendo además el almacenamiento de la composición de aceites o fluidos de silicona con dichas partículas, antes de obtener el material compuesto. Esto también aumenta la homogeneidad de la masa volumétrica en toda la estructura del material compuesto resultante.

60 El tamaño promedio de las partículas de óxido de hierro suele estar entre 0,10 µm y 0,30 µm, preferiblemente entre 0,15 y 0,25 µm.

65 La invención también se refiere a un uso según la reivindicación 13 de un material compuesto que comprende una matriz de polímero de silicona sólida y partículas a base de hierro en cantidades efectivas para dar a dicho material compuesto una masa volumétrica de al menos 2,3 g/cm<sup>3</sup>, ventajosamente de al menos 2,5 g/cm<sup>3</sup>, como material cortafuegos y/o de protección biológica en zonas industriales que representan en particular las centrales nucleares.

La implementación de este material se puede hacer de varias maneras.

Se puede preparar un material compuesto en forma de paredes protectoras, preparado con anterioridad y a continuación conformado y adaptado a los tamaños y dimensiones de los muros, paredes u otros, directamente en una zona industrial.

La forma más ventajosa puede consistir en proporcionar precursores en forma de una mezcla de dos componentes de aceites o fluidos de silicona, los dos componentes, en presencia de cargas de partículas a base de hierro, luego se combinan en presencia de un agente de reticulación y/o de un catalizador, operación que es seguida por un llenado de diferentes cavidades, intersticios, conjunto de cables y tuberías, y a continuación, reticulación para la formación *in situ* de material compuesto.

La invención se describe con más detalle sobre la base de los siguientes ejemplos no limitantes.

Los ensayos de sedimentación se llevan a cabo midiendo la viscosidad de corte por analogía con la norma ASTM D 2983 donde el aceite de motor de referencia se reemplaza por el aceite de silicona. La velocidad de sedimentación representa el tiempo necesario para que el 10 % de la carga se sedimente. Las mediciones fueron realizadas por un viscosímetro con una baja velocidad de cizallamiento, por ejemplo, del tipo VISPRETER EPPRECHT TVB4501.

Ejemplo 1 (no forma parte de la invención)

Se utiliza un elastómero de silicona de dos componentes como matriz de polímero de silicona, el RTV 1523, de la empresa Tremco-Ilbruck (Estrasburgo - Francia). El RTV 1523 viene en forma de un líquido viscoso de aceites de silicona, cuya masa volumétrica es de 1,38-1,4 g/cm<sup>3</sup>, que se transforma después de la mezcla de las dos partes A y B y reticulación a temperatura ambiente (por ejemplo, 19 °C-25 °C), en una matriz de polímero de silicona resistente al fuego.

Se utilizó polvo de hierro, como una carga, con un tamaño medio de partícula de 50 µm (F50, con un contenido de hierro del 98,5 % en peso, el resto siendo carbono, empresa Vulkan-I nox GmbH - Alemania) en ensayos de sedimentación.

Se utilizan 100 g de una de las partes A y B y se incorporan 120 g de partículas de hierro F50 (Mezcla B).

Se implementa un ensayo comparativo con partículas de tungsteno (AW4105 de Eurotungstene - Grenoble-Francia) de las cuales 100 g se mezclan con 100 g de la parte A o B de RTV 1523 (Mezcla A).

Para cada muestra, la mezcla se lleva a cabo hasta que se observa homogeneidad, luego las muestras se dejan en reposo por almacenamiento, a temperatura ambiente.

Para la muestra comparativa (muestra A), el tiempo se mide para que el 50 % de las cargas se hayan sedimentado.

La tabla 1 resume los resultados obtenidos.

La tabla 1 también incluye las masas volumétricas obtenidas después de mezclar las cargas respectivas. Estas masas volumétricas son idénticas a las obtenidas para el material compuesto después de la reticulación.

Tabla 1

Mezcla		Masa volumétrica (g/cm <sup>3</sup> )
A (comparativo)	Sedimentación del 50 % de las partículas (h) 0,5-2h	2,50
B	Velocidad de sedimentación 24 h	2,52

Este ensayo muestra que, aunque el tungsteno le da a la mezcla A la masa volumétrica (o densidad) requerida, las partículas de tungsteno se sedimentan muy rápidamente, no permitiendo su uso *in situ*, en la obra por ejemplo. No es posible volver a homogeneizar la mezcla (sistema irreversible). El rango de valores obtenidos depende del origen comercial del tungsteno.

Por el contrario, una mezcla según la invención muestra que la masa volumétrica obtenida está de acuerdo con lo que se requiere (≥ 2,3 g/cm<sup>3</sup>) y que la velocidad de sedimentación permite el uso *in situ*. En efecto, es posible implementar o almacenar la mezcla de aceites de silicona y hierro (+C) sin riesgo de sedimentación hasta 24 h o más dependiendo del caso, lo que le da al usuario tiempo suficiente para mezclar y generar la reacción de reticulación. Sin embargo, es posible volver a homogeneizar el conjunto mezclándolo en caso de que sea necesario mantener o almacenar la mezcla durante más de 24 h.

Ejemplo 2 (No forma parte de la invención)

Los ensayos de velocidad de sedimentación se implementan con partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de la empresa Brenntag (Brenntag-France) con la referencia Bayferrox® 130. Dichas partículas tienen una granulometría media de partícula de 0,17  $\mu\text{m}$ , densidad de 5, absorción de aceite 26 g/100 g (según DIN EN ISO 787-5: 1995).

Los ensayos preliminares se llevan a cabo primero para juzgar la fluidez de las mezclas de RTV 1523 (partes A y B) y de partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , cuando el contenido relativo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  aumenta en la mezcla. La mezcla en este caso es la mezcla lista para usar que comprende un agente de reticulación.

La medición de la fluidez de una mezcla se implementa considerando el tiempo necesario para llenar una cánula con un diámetro interno de 8 mm y una longitud de 650 mm. Se considera que una mezcla tiene una fluidez satisfactoria cuando la cánula se puede llenar de manera eficaz, a temperatura ambiente (19 °C-20 °C), durante un período no superior a 10 min, siendo el tiempo útil de aproximadamente 30 min. El tiempo útil es el tiempo durante el cual la mezcla con las partículas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  puede implementarse antes del final de la reacción de reticulación.

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos.

Tabla 2

Muestra	Fluidez
95 g de RTV 1523 + 5 g de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	SÍ
90 g de RTV 1523 + 10 g de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	SÍ
85 g de RTV 1523+15 g de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Comienzo de la pérdida de fluidez

Para mezclas de RTV 1523 y que comprenden más de 10 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , se observa una pérdida de fluidez.

Ejemplo 3

Este ejemplo pretende mostrar ensayos relacionados con la velocidad de sedimentación de mezclas ternarias: RTV 1523 con partículas de hierro (F50) y de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Bayferrox® 130), donde se modifica el contenido de estos componentes, con referencia al ejemplo 1.

Se consideran las siguientes muestras.

Muestra A: 100 g de RTV 1523; 100 g de Fe50; 10 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Muestra B: 100 g de RTV 1523; 120 g de Fe50; 2,5 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Muestra C: 100 g de RTV 1523; 120 g de Fe50; 5 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Muestra D: 100 g de RTV 1523; 120 g de Fe50; 10 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Para cada muestra, la mezcla se lleva a cabo hasta que se observa homogeneidad, luego las muestras se dejan en reposo por almacenamiento, a temperatura ambiente.

Tabla 3

Muestra	Velocidad de sedimentación de partículas (h)	Masa volumétrica (g/cm <sup>3</sup> )
A	>168	2,43
B	>24	2,54
C	48	2,55
D	>168	2,58

Para la muestra B, se observa un inicio de sedimentación solo después de 24 h. Para la muestra C, se observa una velocidad de sedimentación de 48 h.

Para la muestra D, se observa un inicio de sedimentación después de 7 días de almacenamiento y, por lo tanto, la velocidad de sedimentación es superior a 7 días. Por el contrario, después de 7 días de almacenamiento, las cargas de la muestra B se han sedimentado por completo y las de la muestra C muestran una sedimentación incompleta.

Cabe mencionar que todas las muestras cuya sedimentación se observa se pueden homogeneizar después de una simple mezcla. No obstante, por razones de practicidad de implementación, es preferible tener productos listos para usar disponibles, sin requerir, por ejemplo, operaciones posteriores que requieren mucho tiempo.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Material compuesto que tiene propiedades de protección contra incendios y protección biológica que comprende una matriz de polímero de silicona sólida y partículas a base de hierro en cantidades eficaces para dar a dicho material compuesto una masa volumétrica de al menos 2,3 g/cm<sup>3</sup> y que comprende, además de las partículas a base de hierro, partículas de óxido de hierro, caracterizado por que el tamaño medio de dichas partículas a base de hierro está entre 5 µm y 200 µm, y por que el contenido de dichas partículas de óxido de hierro es del 1 % al 15 % en peso con respecto al peso total de material compuesto, y por que el tamaño promedio de dichas partículas de óxido de hierro está entre 0,10 µm y 0,30 µm.
- 10 2. Material compuesto según la reivindicación 1, en el que el tamaño promedio de las partículas a base de hierro está entre 5 µm y 100 µm.
- 15 3. Material compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el tamaño promedio de las partículas a base de hierro está entre 5 µm y 70 µm, en particular, entre 5 µm y 50 µm.
- 20 4. Material compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la cantidad eficaz se define por el contenido de las partículas a base de hierro en la matriz de polímero de silicona, cuyo contenido está comprendido ventajosamente entre el 45 % y el 60 % en peso, preferiblemente, entre el 53 % y el 57 % en peso, en particular, igual al 55 % en peso.
- 25 5. Material compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las partículas a base de hierro incluyen hierro y carbono, estando presente el carbono en proporciones atómicas comprendidas entre el 0,1 y aproximadamente el 1,5 %.
- 30 6. Material compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el contenido de dichas partículas de óxido de hierro es del 2 % al 10 % en peso con respecto al peso total del material compuesto.
- 35 7. Material compuesto según la reivindicación 6, en el que el contenido de dichas partículas de óxido de hierro es del 4 % al 10 % en peso con respecto al peso total del material compuesto.
- 40 8. Material compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el tamaño promedio de las partículas de óxido de hierro está entre 0,15 µm y 0,25 µm.
- 45 9. Material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el óxido de hierro es óxido férrico.
- 50 10. Material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el óxido de hierro de dichas partículas de óxido de hierro se obtiene sintéticamente.
- 55 11. Material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que las partículas a base de hierro están presentes en cantidades eficaces para impartir a dicho material compuesto una masa volumétrica de al menos 2,4 g/cm<sup>3</sup>.
12. Material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que las partículas a base de hierro son partículas relativamente esféricas.
13. Uso de un material compuesto que comprende una matriz sólida de polímero de silicona y partículas a base de hierro en cantidades eficaces para dar a dicho material compuesto una masa volumétrica de al menos 2,3 g/cm<sup>3</sup>, dichas partículas tienen un tamaño de partícula entre 5 µm y 200 µm, y comprenden partículas de óxido de hierro además de las partículas a base de hierro, y el contenido de dichas partículas de óxido de hierro es del 1 % al 15 % en peso con respecto al peso total del material compuesto, y el tamaño promedio de dichas partículas de óxido de hierro está entre 0,10 µm y 0,30 µm, como material cortafuegos y/o de protección biológica en zonas industriales.
14. Uso según la reivindicación 13 de un material compuesto definido en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12.
15. Uso según la reivindicación 13 o 14, en el que las zonas industriales son centrales nucleares.