

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 054**

51 Int. Cl.:

**C03B 5/00** (2006.01)  
**F23D 11/02** (2006.01)  
**F23D 14/22** (2006.01)  
**F23D 14/32** (2006.01)  
**F23G 5/08** (2006.01)  
**B09B 3/00** (2006.01)  
**C03B 5/235** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2015 PCT/FR2015/052460**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2016 WO16042249**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2015 E 15770581 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 3194086**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la vitrificación continua de materiales fibrosos**

30 Prioridad:

**15.09.2014 FR 1458625**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.12.2018**

73 Titular/es:

**PYRO GREEN INNOVATIONS (100.0%)**  
**19 avenue des Ajoncs**  
**64600 Anglet, FR**

72 Inventor/es:

**BENICHO, ANNE;**  
**LAGOUTTE, ANNIE;**  
**MAURANCE, XAVIER y**  
**PROOT, JACQUES**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro**

ES 2 694 054 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**

Procedimiento e instalación para la vitrificación continua de materiales fibrosos

5 La presente invención se refiere en general a un procedimiento para el tratamiento de vitrificación continua de materiales fibrosos, y en particular de amianto y/o de materiales que contienen amianto. El documento EP 1 235 889 B1 describe un procedimiento de gasificación de compuestos que pueden contener potenciales contaminantes. En el procedimiento, se utiliza un baño de escoria. En el contexto de la presente descripción, se entiende por "material fibroso" cualquier material formado parcial o completamente por fibras, es decir, por  
10 partículas que tienen una relación de longitud a diámetro mayor que 3 y lados aproximadamente paralelos. Tal material puede estar compuesto por un solo tipo de fibra o por una mezcla de fibras que pueden o no pertenecer a la misma clase. Estas fibras pueden ser minerales o fibras orgánicas de origen natural o artificial.

15 Los materiales fibrosos se utilizan en particular en el campo de la construcción y del aislamiento térmico, eléctrico y/o acústico y son potencialmente peligrosos para la salud humana. De hecho, las fibras que tienen un diámetro de menos de 3  $\mu\text{m}$  pueden penetrar en los alvéolos pulmonares y, por lo tanto, causar enfermedades graves.

20 En la siguiente descripción, se hará referencia esencialmente al tratamiento de materiales que contienen fibras de amianto, que constituye el principal campo de aplicación de la presente invención.

25 No obstante, se entenderá que, en general, la invención puede aplicarse al tratamiento de otros materiales fibrosos, potencialmente peligrosos para la salud, y más concretamente a los materiales que contengan fibras minerales artificiales como, en particular, fibras de vidrio, lana de vidrio, fibras de roca, lana de roca y lana de basalto, lana de escoria, fibras cerámicas refractarias y, en general, cualquier fibra vítrea o mezcla de fibras vítreas.

30 La invención también puede aplicarse al tratamiento de fibras minerales artificiales cristalinas tales como, por ejemplo, fibras de alúmina o fibras de titanato de potasio, así como a fibras minerales artificiales metálicas tales como, en particular, lana de acero, lana de cobre solas o en mezcla con materiales fibrosos que contengan fibras minerales artificiales vítreas según se define anteriormente.

35 Se sabe que, desde el 1 de enero de 1997, el uso del amianto está prohibido en Francia, pero cada año aparecen miles de toneladas, originadas por la demolición de edificios antiguos o por su descontaminación. Específicamente, el amianto es peligroso debido a su particular cristalización, en cristales largos que forman fibras.

40 La técnica conocida como depósito en vertederos constituye una primera solución que permite que el amianto y los residuos que lo contienen se hagan seguros.

Esta técnica consiste en almacenar permanentemente el amianto y los residuos que contienen amianto en compartimentos excavados en el suelo y cubiertos con un material impermeable, todo ello combinado con un sistema de drenaje de lixiviados.

45 Aunque estrictamente regulada y relativamente barata, esta técnica no es del todo satisfactoria por razones medioambientales obvias.

50 En consecuencia, se han llevado a cabo numerosas investigaciones para desarrollar un procedimiento que permita tratar los residuos que contienen amianto, en particular los residuos generados por los trabajos de eliminación del amianto en la ingeniería civil o el desmantelamiento de distintos equipos fabricados con materiales que contienen amianto.

55 En este contexto, en el documento WO 2008/065031 se propuso un procedimiento de inertización por fusión de plasma, mediante el cual los materiales de amianto se calientan a una temperatura muy alta soplando aire sobre un arco eléctrico dentro de una antorcha para generar un gas ionizado similar a una llama cuya temperatura puede ser localmente de varios miles de grados.

60 Este procedimiento, que actualmente es objeto de explotación industrial es, sin embargo, muy costoso debido al elevado consumo de energía y al uso de una antorcha de plasma de alta tecnología que requiere un mantenimiento costoso.

Por lo tanto, debido a este alto coste, el uso de este procedimiento sigue siendo limitado hoy en día.

Se han propuesto otros procedimientos que requieren un generador de alta frecuencia, o la adición de fundentes como el bórax, o el tratamiento ácido del amianto, pero ninguno de estos procedimientos alternativos es plenamente satisfactorio desde un punto de vista industrial.

5 En estas circunstancias, el objetivo de esta invención es resolver el problema técnico de proporcionar un nuevo procedimiento para la vitrificación continua de materiales fibrosos, en particular amianto y/o materiales que contienen amianto, cuyo coste de implementación a escala industrial sea significativamente menor que el del procedimiento de vitrificación utilizado actualmente que emplea una antorcha de plasma.

10 Por lo tanto, según un primer aspecto, el objeto de la presente invención es un procedimiento para la vitrificación continua de materiales fibrosos, en particular amianto y/o materiales que contienen amianto, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

15 - se prepara un baño de vidrio fundido a una temperatura de entre 1300 °C y 1600 °C;  
 - se introducen en dicho baño de vidrio fundido los mencionados materiales fibrosos y, opcionalmente, los aditivos de fusión escogidos de modo que dicho baño tenga, después de la adición de dichos materiales fibrosos y aditivos de fusión, la siguiente composición:

20 - SiO<sub>2</sub>: entre 30 % y 55 % en peso;  
 - FeO: entre 25 % y 45 % en peso;  
 - óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos: entre 15 % y 25 % en peso;

25 - se inyectan un oxidante y un combustible bajo presión en dicho baño fundido por medio de al menos una lanza, uno de cuyos extremos se sumerge en dicho baño; dicho oxidante se introduce en una cantidad molar mayor o igual a la cantidad molar de combustible necesaria para mantener la temperatura del baño entre 1300 °C y 1600 °C; y  
 - se reduce la temperatura de al menos una parte del vidrio fundido para hacerlo sólido.

30 Por lo tanto, se ha descubierto, y esto constituye la base de la presente invención, que los compuestos fibrosos, y en particular los compuestos que contienen amianto, podrían tratarse mediante vitrificación en un horno equipado con al menos una lanza que permita inyectar, en un vidrio fundido cargado con materiales fibrosos, una mezcla presurizada de un oxidante y de un combustible, en condiciones neutras o ligeramente oxidantes, es decir, en condiciones en las que el oxidante se introduce en una cantidad molar mayor o igual a la cantidad molar de combustible necesaria para mantener la temperatura del baño entre 1300 °C y 1600 °C y así obtener un material vitrificado amorfo que incorpora dichos materiales.

35 El uso de un horno equipado con una lanza ya ha sido descrito en la patente EP 1 235 889.

40 Sin embargo, en el caso de esta patente anterior, este horno se utilizó para la gasificación de compuestos de carbono como la madera, en condiciones reductoras, es decir, en presencia de una cantidad de oxidante (oxígeno) insuficiente para permitir la combustión de dichos compuestos de carbono, a fin de producir un gas combustible sintético.

45 Tal procedimiento de gasificación que funciona en condiciones reductoras no puede utilizarse para la vitrificación del amianto.

A los efectos de la presente descripción, se entenderá por "vidrio" cualquier material inorgánico amorfo producido por fusión que se solidifique sin cristalizarse y que comprenda:

50 - óxidos de silicato y, en particular, sílice (SiO<sub>2</sub>);  
 - óxidos de metales alcalinos, en particular Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O, u óxidos alcalinotérreos (CaO, BaO, MgO); y  
 - óxidos de elementos tales como el aluminio, el hierro, el titanio y el zinc.

55 En la presente descripción, el término "amianto" se utiliza en su aceptación más general y abarca los silicatos hidratados de origen rocoso tratados mecánicamente y, en particular, el amianto de tipo serpentino, como por ejemplo el crisotilo, la única variedad cristalina, y el amianto de tipo anfíbol de los cuales hay cinco, incluido el amianto azul, la crocidolita.

60 Como se entiende, la novedad del procedimiento de conformidad con la invención radica en el hecho de que permite que los materiales fibrosos inertes, debido a su fusión en un baño de vidrio en condiciones tales que el vidrio obtenido tras la adición de dichos materiales fibrosos y aditivos de fusión seleccionados tiene esencialmente la misma composición que el vidrio de partida, de modo que estos materiales fibrosos después del tratamiento ya no presentan ningún peligro, en particular para la salud. En otras palabras, el procedimiento según

la invención no sólo apunta a encapsular los materiales fibrosos en el vidrio, sino a disolverlos completamente por fusión bajo condiciones tales que se conviertan en una parte integral y componentes de este vidrio.

5 El uso de una mezcla de oxidante/combustible que permite la vitrificación de los compuestos fibrosos y de los aditivos de fusión en condiciones neutras o ligeramente oxidantes también permite lograr un tratamiento eficaz de los compuestos fibrosos a un coste razonable.

10 Bajo este aspecto, el procedimiento de acuerdo con la invención permite recuperar la energía residual del horno (en particular la energía térmica de los gases) para la producción de electricidad. A diferencia del procedimiento que usa una antorcha de plasma y, por consiguiente, una energía muy costosa, la electricidad, el procedimiento de acuerdo con la invención utiliza gas, que es mucho menos costoso y puede, además, generar electricidad mediante el uso del calor residual a la salida del horno.

15 Según una característica particular del procedimiento de acuerdo con la invención, el oxidante y el combustible mencionados anteriormente se inyectan en dicho baño de vidrio fundido a una presión de entre 1,2 y 10 atmósferas, preferiblemente de entre 3 y 6 atmósferas.

20 Según otra característica particular de este procedimiento, el oxidante mencionado anteriormente se introduce en el baño en una cantidad molar de entre 1 y 1,2 veces la cantidad molar de combustible.

Ventajosamente, los aditivos de fusión mencionados anteriormente se seleccionan de entre sílice, óxido de hierro, residuos de los consumidores (residuos urbanos) o residuos de incineración ricos en hierro, como por ejemplo chatarra fina o incluso latas.

25 Se entiende que estos aditivos se seleccionan para obtener una mezcla a tratar que tenga una composición predeterminada, la de un vidrio, y que garantice la disolución completa de los compuestos fibrosos en el baño fundido.

30 Según otra característica particular del procedimiento de acuerdo con la invención, el oxidante mencionado anteriormente se selecciona de aire o aire enriquecido con oxígeno, por ejemplo, aire enriquecido que contiene un 35 % de oxígeno.

35 Generalmente, una persona experta en la técnica entenderá que, si se usa aire enriquecido con oxígeno, el consumo de combustible se reducirá o, a igual consumo, la temperatura resultante será mayor.

Según otra característica particular del procedimiento de acuerdo con la invención, el combustible se selecciona de entre gas natural y fuel oil.

40 Una parte de este combustible puede ser reemplazada opcionalmente por materiales a base de carbono presentes en los compuestos fibrosos como, por ejemplo, en el poliéster presente en los materiales compuestos de fibra de vidrio/poliéster que pueden ser tratados por el procedimiento de acuerdo con la invención.

45 Una parte de este combustible también puede ser opcionalmente reemplazada por residuos orgánicos originados, por ejemplo, a partir de madera, plásticos o residuos urbanos.

50 Cabe señalar que algunos de los aditivos de fusión añadidos en el contexto del procedimiento de acuerdo con la invención permitirán reducir la cantidad de combustible utilizado. Por ejemplo, en el caso del tratamiento del amianto, puede preverse un suministro de hierro en forma de chatarra fina. El calor de oxidación del hierro permitirá reducir la cantidad de combustible inyectado. Dado que el consumo de oxígeno apenas disminuye, el hierro puede considerarse en este caso como un combustible.

55 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente solicitud describe una instalación para la vitrificación continua de materiales fibrosos, en particular de amianto y/o de materiales que contienen amianto, caracterizada porque comprende:

- 60
- medios para contener un baño de vidrio fundido;
  - medios para cargar dichos compuestos fibrosos en dicho baño de vidrio fundido;
  - medios opcionales para cargar aditivos de fusión;
  - medios para inyectar un oxidante y un combustible a presión en dicho baño fundido por medio de al menos una lanza, uno de cuyos extremos está sumergido en dicho baño;
  - medios para recuperar los gases calientes resultantes de la vitrificación; y
  - medios para bajar la temperatura de al menos una parte del vidrio fundido que incorpora los materiales fibrosos y los aditivos de fusión, para hacerlo sólido.

Según una característica particular de esta instalación, los medios para contener el baño de vidrio fundido consisten en un recinto cilíndrico vertical que comprende, en su parte superior, una abertura que permite la carga de dichos materiales fibrosos; una o más aberturas que permiten el paso de una o más lanzas; y, en su parte inferior, al menos una abertura que permite extraer al menos una parte del vidrio fundido.

5

Según otra característica particular de esta instalación, las aberturas que permiten el paso de una o más lanzas se realizan en la pared que delimita la parte superior de dicho recinto.

10

Según otra característica particular de esta instalación, la abertura que permite la carga de los materiales fibrosos se realiza en la pared que delimita la parte superior de dicho recinto.

Otras características y ventajas de la invención surgirán al leer la siguiente descripción explicativa y el ejemplo proporcionado de manera no limitativa, con referencia a los dibujos anexos en los cuales:

15

- la figura 1 es una vista esquemática general de una instalación para la vitrificación de compuestos fibrosos de acuerdo con la invención;
- la figura 2 es una vista en sección transversal de una realización de un horno utilizado en la instalación mencionada anteriormente.

20

En la figura 1 se representa esquemáticamente una instalación para la vitrificación continua de materiales fibrosos que permite implementar el método de acuerdo con la invención.

Esta instalación comprende esencialmente un recinto u horno 1, representado con mayor detalle en la figura 2.

25

Este horno 1 consiste en una pared lateral 2, una pared superior 3 y una pared inferior 4 que delimitan, en la realización representada, un recinto cilíndrico vertical, cuya altura es mayor que el diámetro.

Sin embargo, este recinto puede tener cualquier otra forma, como por ejemplo una forma ovoide o elíptica.

30

Las paredes 2, 3, 4 se forman generalmente, al menos en su cara que constituye la superficie interior del recinto destinado a estar en contacto con el baño de vidrio fundido, a partir de un material refractario formado, por ejemplo, de alúmina o cromo-magnesia.

35

El horno 1 puede tener varias dimensiones, las cuales dependen, como se entiende, de las cantidades de materiales fibrosos a tratar.

A modo de ejemplo, el diámetro de tal horno generalmente será mayor que 3 m y su altura entre 6 y 12 m.

40

En el ejemplo representado en la figura 2, la pared lateral 2 está formada de una sola pieza.

Como alternativa, el horno 1 puede estar formado por varios, preferiblemente tres, elementos superpuestos verticalmente y unidos entre sí de manera hermética mediante abrazaderas. Dicho ensamblaje permite la fácil sustitución de cualquier sección de la pared lateral que haya sufrido deterioro, pudiendo ser reparada dicha sección en un taller antes de ser reutilizada.

45

En el ejemplo representado en la figura 2, la pared superior 3 del horno 1 comprende, para cada lanza 5, una abertura 6 que permite el paso y el paso de dicha lanza, estando dicha abertura 6 provista de medios de sellado 7 que consisten, por ejemplo, en elementos mecánicos o manguitos de goma.

50

El número de lanzas 5 dependerá de la capacidad del horno 1 y generalmente estará entre 1 y 5. Ventajosamente, el horno 2 estará equipado con tres lanzas 5, como se representa en la figura 2, posicionadas por ejemplo en un triángulo para permitir la agitación del baño de vidrio fundido.

55

Además, el uso de una pluralidad de lanzas favorece un movimiento ascendente más homogéneo de los gases de combustión y hace posible, si es necesario, reemplazar una lanza sin interrumpir la producción en curso.

Alternativamente, cada abertura de paso de lanza puede hacerse en la parte superior de la pared lateral 2 del horno 1, siendo posible también una combinación de aberturas en la pared superior 3 y en la pared lateral 2 del horno 1 en el caso de un horno equipado con varias lanzas.

60

Cada lanza 5 generalmente consiste en un tubo cilíndrico exterior hueco formado por una aleación de acero y destinado a transportar el oxidante (aire u oxígeno). Cuando el horno funciona en fusión neutra u oxidante, se coloca un tubo cilíndrico interior dentro del tubo exterior, preferiblemente de manera coaxial, para transportar el combustible (gas o fuel oil). Este tubo cilíndrico interior es ligeramente más corto que el tubo exterior.

## ES 2 694 054 T3

Cada lanza 5 tiene una longitud adaptada a la longitud del horno y una superficie interna tal que el oxidante y el combustible pasan a través de ella a una velocidad aceptable (entre 10 y 30 m/s).

5 Cada lanza 5 tiene un primer extremo conectado a un dispositivo (no representado) para suministrar combustible/oxidante presurizado, por ejemplo, a través de una tubería flexible, y un segundo extremo donde la mezcla presurizada se quema y suministra una llama, este segundo extremo debe ser sumergido en el baño de vidrio fundido durante la implementación del procedimiento de acuerdo con la invención.

10 La pared superior 3 del horno 1 también está provista de una abertura 8 que permite la carga de los materiales fibrosos, esta abertura 8 también está provista de medios de sellado tales como una compuerta de aire (no representada). Tal y como se entiende, esta disposición permite la carga de los materiales fibrosos directamente sobre el baño de vidrio fundido.

15 Alternativamente, esta abertura para cargar los materiales fibrosos se puede colocar en la parte superior de la pared lateral 2.

20 Alternativamente, de nuevo, la abertura 8 o una segunda abertura para cargar los materiales fibrosos pueden proporcionarse en comunicación, por ejemplo, mediante un tornillo sinfín, con una tolva montada en el exterior del horno 1 (véase la figura 1).

Ventajosamente, este tornillo sinfín está conectado herméticamente al horno y está provisto de un sistema de calefacción.

25 El horno 1 también comprende una abertura 10 en su pared lateral 2, preferiblemente ubicada a dos tercios de la altura del horno a partir de la pared inferior 4, permitiendo la ventilación de los gases generados en el horno 1 durante la vitrificación.

30 Esta abertura 10 se comunica con una cámara 11 equipada con un intercambiador de calor 12 que permite la recuperación al menos parcial de la energía térmica de dichos gases y, en consecuencia, una optimización de la eficiencia energética de la instalación.

35 El intercambiador de calor 12 puede estar formado por una bobina por la que fluye un fluido caloportador, destinado a alimentar una turbina (no representada). Este fluido puede ser agua que proporcionará vapor o, preferiblemente, aire comprimido, que se someterá a expansión térmica para impulsar la turbina.

La cámara 11 está conectada a un dispositivo de purificación 13 capaz de eliminar las posibles trazas de polvo y de proporcionar un gas limpio en la salida 14.

40 El dispositivo de purificación 13 generalmente está equipado con un inyector de polvo 15, en particular un inyector de carbonato o bicarbonato de sodio, diseñado para capturar las principales impurezas gaseosas (cloro y azufre), seguido de un filtro de aire 16.

45 Para evitar cualquier escape de gases de combustión, se proporcionará al final del circuito después del dispositivo de purificación un ventilador de escape de velocidad variable, controlado por la presión en la parte superior del horno 1, que deberá ser igual a cero en relación con la atmósfera.

50 El horno 1 también comprende, en la parte inferior de la pared lateral 2, una abertura 9 que conduce a un depósito o crisol (no representado), adyacente a la parte inferior del horno 1, y que hace posible extraer una parte del vidrio fundido formado después de la adición de los materiales fibrosos y los aditivos de fusión opcionales, y disminuir la temperatura del mismo a fin de que sea sólido.

A modo de ejemplo, la abertura 9 para verter el vidrio fundido se coloca generalmente a una altura de 50 centímetros (medida desde el fondo 4 del horno 1).

55 El depósito o crisol, de diseño conocido, está abierto en su parte superior y delimitado por una pared, cuyo borde superior está sustancialmente por encima del nivel medio del baño de vidrio fundido en el horno 1. Como se entiende, el vidrio fundido fluye a través de la abertura 9 mencionada anteriormente para llenar el depósito hasta una altura sustancialmente igual a la del vidrio fundido en el horno.

60 La parte superior de la pared de este depósito comprende un canal que puede ser bloqueado, en particular con arcilla, entre dos piezas sucesivas. Este canal bloqueado de esta manera puede perforarse mecánicamente o térmicamente (por medio de un tubo de acero alimentado por oxígeno y que arderá en su extremo).

## ES 2 694 054 T3

El horno 1 también puede comprender, en su parte inferior 4, una abertura 9A (bloqueada cuando está en funcionamiento) que hace posible, en particular, vaciar el horno para su mantenimiento

5 Con referencia a la figura 1, ahora se describirán los diversos pasos del procedimiento de acuerdo con la invención.

10 Para preparar un baño de vidrio fundido, el horno vacío 1 se precalienta cuidadosamente para evitar provocar un choque térmico del material refractario que constituye la pared interior del horno 1. Este precalentamiento se puede lograr utilizando una o más lanzas 5, y/o con la ayuda de un quemador secundario (no representado) que se coloca en el horno al final de un cable. Esta operación puede requerir alrededor de 2 a 3 horas.

Cuando la temperatura en el interior del horno es de alrededor de 1400 °C, se introduce vidrio, preferentemente procedente de un material vitrificado granulado durante una fundición previa, en fases sucesivas.

15 Durante este paso, la temperatura se mantiene a unos 1400 °C por medio de una o más lanzas 5 que suministran una llama que se origina de la combustión de una mezcla de aire, aire enriquecido con oxígeno u oxígeno y gas o fueloil. Cuando el nivel de vidrio fundido en el interior del horno es suficiente (por ejemplo, cuando el nivel del vidrio fundido alcanza una altura de alrededor de 30 a 50 cm dentro del horno), la(s) lanza(s) se sumerge(n) en el baño de vidrio fundido 20 para mantener la temperatura de 1400 °C. Esta operación puede tardar de 3 a 4 horas.

Los materiales fibrosos se introducen luego (en fases sucesivas) a través de la abertura 8 teniendo cuidado de evitar variaciones de temperatura excesivamente altas en el vidrio fundido.

25 Algunos materiales fibrosos (distintos del amianto) pueden estar en forma de polvo. En este caso, deben amalgamarse con otro material como, por ejemplo, el asfalto a través del tornillo sinfin antes de ser introducidos en el horno. Si se trata de cantidades grandes y regulares, se puede modificar al menos una lanza para inyectar por aire este polvo en el baño.

30 Simultáneamente o por separado, los aditivos de fusión opcionales, como en particular sílice, hierro u óxido de hierro en el caso de materiales que contienen amianto, se introducen en el baño de vidrio fundido, preferiblemente a través de la abertura 8 y la compuerta de aire opcional

35 La cantidad de materiales fibrosos y la cantidad y naturaleza de los aditivos de fusión están predeterminadas de modo que, después de la adición de estos materiales, la mezcla obtenida tiene una composición que es generalmente idéntica o muy similar a la composición del vidrio inicial, y que corresponde a la siguiente definición:

- 40 - SiO<sub>2</sub>: entre 30 % y 55 % en peso;
- FeO: entre 25 % y 45 % en peso;
- óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos: entre 15 % y 25 % en peso.

45 Por lo tanto, en particular en el caso del amianto, los aditivos de fusión modificarán la composición de la materia prima a tratar y la llevarán a la zona de fusión ideal.

Dependiendo de un método particular de fabricación, se puede añadir vidrio, preferiblemente simultáneamente, a los materiales fibrosos y aditivos de fusión mencionados anteriormente.

50 Cuando la adición de materiales fibrosos y aditivos de fusión se ha completado (habiendo alcanzado el vidrio un nivel de aproximadamente 1,5 a 2 metros por encima de la abertura de colada 9), el baño fundido se mantiene durante unos minutos para asegurar su homogeneidad. Cada lanza se retira entonces del baño mientras se mantiene en funcionamiento justo por encima del baño para mantener la temperatura dentro del horno y evitar la agitación del baño durante la colada.

55 Se realiza entonces la llamada operación de "colada" que permite extraer al menos una parte del vidrio fundido, enfriarlo y procesarlo, por ejemplo, en forma de granulado.

60 Para este propósito, se perfora la abertura 9 del horno 1 que conduce al depósito de muestreo de vidrio fundido para permitir que la colada de vidrio fundido fluya hacia el tanque. Tal perforación de la abertura 9 puede llevarse a cabo mecánicamente usando un cincel o térmicamente usando un soplete. Al final de la colada la abertura 9 se bloquea de nuevo, por ejemplo, utilizando arcilla.

De este modo, el vidrio se puede extraer por fases a intervalos regulares o alternativamente de manera continua.

Preferiblemente, todo el vidrio fundido que está por encima de la abertura 9 se colará de una sola vez.

5 A continuación, el vidrio extraído se solidifica lo más rápido posible para garantizar su estabilidad y ventajosamente se granula para ser utilizado, por ejemplo, como agregado para la construcción de carreteras, para la fabricación de pavimentos o como agente de arenado. Los materiales fibrosos iniciales se disuelven por completo en el vidrio fundido y son perfectamente inertes; habiéndose modificado completamente su estructura cristalina, que era peligrosa, (en particular en el caso del amianto) y habiendo desaparecido cualquier rastro de fibras.

10 Se pueden contemplar dos métodos para solidificar el vidrio fundido extraído del horno.

Un primer método consiste en permitir que el vidrio fluya hacia un canal que transporta una fuerte corriente de agua, obteniendo así una arena.

15 Alternativamente, el vidrio puede ser vertido en un tanque de agua dejándolo caer desde una altura de alrededor de 3 metros, de modo que el vidrio pueda adquirir una velocidad suficiente para penetrar en el agua sin romperse en la superficie. De este modo se obtienen granos con un diámetro de 15 a 30 milímetros.

20 La operación que descrita puede repetirse cargando nuevamente cantidades predeterminadas de compuestos fibrosos y aditivos de fusión y, opcionalmente, vidrio en el baño de vidrio fundido que queda en el horno.

25 Los gases directamente resultantes de la reacción de vitrificación de los compuestos fibrosos son calientes y, según una característica particular del procedimiento de acuerdo con la invención, la energía térmica de estos gases se recupera por transferencia a un fluido de transferencia de calor (que puede ser agua o preferiblemente aire comprimido) adecuado para impulsar una turbina.

Más específicamente, durante el procedimiento de vitrificación, se produce un flujo de gas ascendente dentro del horno 1 y se escapa a través de la abertura 10 para ingresar a la cámara 11.

30 Los gases, cuya temperatura es generalmente del orden de 1500 °C, se enfrían al entrar en contacto con el intercambiador de calor 12.

35 Cuando los gases alcanzan una temperatura de alrededor de 200 °C, la eficiencia del intercambiador de calor 12 se vuelve relativamente baja y los gases son evacuados.

Se transportan a través de la abertura 10 al dispositivo de purificación 13 en el que se eliminan los últimos rastros de polvo, suministrando así un gas limpio en la salida 14.

40 Los siguientes ejemplos ilustrarán la invención.

#### **EJEMPLO 1 - DESTRUCCIÓN DE CEMENTO DE AMIANTO**

45 El cemento de amianto es uno de los materiales más difíciles de destruir debido a su alto contenido de óxidos de calcio y magnesio.

Este amianto es peligroso debido a su particular cristalización en fibras que se forman a gran profundidad bajo enormes presiones y temperaturas relativamente moderadas.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención permite, en particular mediante la adición de sílice y óxido de hierro o de hierro, diluir estos óxidos de metales alcalinotérreos y fundirlos a una temperatura moderada, inertando así el amianto.

#### **Ejemplo 1A**

55 a) Preparación de un baño de vidrio fundido.

En este ejemplo, se utilizó un horno de 3 metros de diámetro y 8 metros de altura, tal como se describió anteriormente.

60 Este horno vacío se precalentó durante aproximadamente 2 horas a una temperatura de alrededor de 1400 °C, por medio de un quemador auxiliar que se dejó caer en el horno al final de un cable.

Cuando la temperatura en el interior del horno alcanzó los 1400 °C, se introdujo lentamente el vidrio procedente de un material vitrificado granulado durante una fundición previa.



Durante este paso, la temperatura se mantiene en torno a los 1400 °C por medio de 3 lanzas que suministran una llama originada por la combustión de una mezcla de aire y gas natural, en una relación estequiométrica O<sub>2</sub>/gas de 1,1:1.

5 Cuando el nivel de vidrio fundido en el interior del horno alcanzó una altura de 50 cm, las 3 lanzas se sumergieron en el baño de vidrio fundido para mantener una temperatura de 1400 °C. Las llamas sumergidas en el baño de vidrio le dan al procedimiento una excelente eficiencia.

b) Introducción de los compuestos fibrosos.

10 En este ejemplo, se usó un cemento de amianto a base de amianto (crisotilo) que contenía alrededor del 50 % en peso de CaO y el 8 % en peso de SiO<sub>2</sub>, así como elementos menores como MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc., el resto hasta 100 % constituido esencialmente por agua de hidratación o agua de cristalización.

15 A 1 tonelada de este cemento de amianto se agregaron 532 kg de sílice y 913 kg de FeO equivalente.

Esta mezcla se produce mediante adiciones sucesivas dentro de una cámara de aire para introducir los compuestos fibrosos.

20 Esta mezcla se introduce en el horno en una cantidad de 100 kg/min durante cada apertura de la cámara de aire.

Después de 4 horas, el nivel en el horno alcanzó 1,8 m y el vidrio fundido obtenido tiene la siguiente composición:

- 25
- SiO<sub>2</sub>: 30 % en peso;
  - FeO: 44 % en peso;
  - óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos: 25 % en peso;
  - óxido de aluminio: 0,5 % en peso;
  - componentes menores: 0,5 % en peso.

30 Luego se retiraron las 3 lanzas para detener la agitación del vidrio mientras se mantenía la temperatura del baño durante aproximadamente 10 minutos.

35 Luego se perforó la abertura para la colada del vidrio y se recogieron alrededor de 20 toneladas de vidrio, dejando una base de baño de vidrio fundido con una altura de alrededor de 50 cm en el horno.

De este modo, el vidrio retirado tenía la misma composición que el vidrio inicial, ya que los materiales fibrosos se habían disuelto completamente y ya no presentaban ningún peligro.

40 c) Los gases se enfriaron en un intercambiador de calor para recuperar la energía de los mismos y producir electricidad antes de ser purificados.

Bajo las condiciones de reacción descritas, el consumo de gas fue de 1409 Nm<sup>3</sup>/h.

45 El intercambiador de calor permitió la recuperación de 7805 Mcal/h, es decir, 9,1 MW<sub>th</sub>.

### **Ejemplo 1B**

50 El Ejemplo 1A se reprodujo utilizando, como oxidante, aire enriquecido que contiene un 35 % de oxígeno.

En este caso, el consumo de gas fue de 711 Nm<sup>3</sup>/h y la energía recuperada fue de 2531 Mcal/h, es decir, 2,95 MW<sub>th</sub>.

55 Tal y como se entiende, el contenido de oxígeno en el aire que alimenta las lanzas puede ajustarse para optimizar la potencia en la turbina.

### **Ejemplo 1C**

60 El Ejemplo 1B se reprodujo sustituyendo el óxido de hierro por chatarra de hierro fina procedente, por ejemplo, de latas.

En este caso, para 1 tonelada de cemento de amianto, se utilizaron 710 kg de chatarra fina de hierro.

La cantidad de gas necesaria para la combustión fue de 446 Nm<sup>3</sup>/h, inferior a la cantidad utilizada en el ejemplo 1A.

Por otro lado, el calor disponible en el intercambiador fue de solo 765 Mcal/h, es decir, 0,9 MW<sub>th</sub>.

5

En este ejemplo, el consumo de oxígeno fue de 576 Nm<sup>3</sup>/h.

### **EJEMPLO 2 - FIBRA DE VIDRIO TIPO "E"**

10 Estas fibras, clasificadas como peligrosas, también son difíciles de tratar debido a su contenido relativamente alto de óxidos de metales alcalinotérreos y alúmina.

a) Preparación de un baño de vidrio fundido.

15 Siguiendo el procedimiento del Ejemplo 1a), se preparó un baño de vidrio fundido procedente de un material vitrificado granulado durante una fundición previa.

En este ejemplo, la temperatura durante la vitrificación se mantuvo en torno a los 1400 °C.

20 b) Introducción de los compuestos fibrosos.

En este ejemplo, se utilizaron materiales compuestos de fibra de vidrio/poliéster que contenían alrededor del 22 % de fibras.

25 La composición media de los compuestos a tratar fue la siguiente:

- SiO<sub>2</sub>: 56 % en peso;
- B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 7 % en peso;
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 14,5 % en peso;
- 30 - MgO: 3 % en peso;
- CaO: 18,5 % en peso;
- compuestos menores: 1 % en peso.

Se añadieron 94,6 kg de óxido de hierro a 1 tonelada de estos compuestos.

35

El vidrio obtenido tenía la siguiente composición, idéntica a la del vidrio inicial:

- SiO<sub>2</sub>: 40 % en peso;
- FeO: 30 % en peso;
- 40 - óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos (CaO, MgO): 14 % en peso;
- óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 10 % en peso;
- óxido de boro (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 5 % en peso;
- compuestos menores: 1 % en peso.

45

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento para la vitrificación continua de materiales fibrosos, en particular amianto y/o materiales que contienen amianto, **caracterizado por que** comprende los siguientes pasos:
- se prepara un baño de vidrio fundido a una temperatura de 1300 °C a 1600 °C;
  - se introducen en dicho baño de vidrio fundido dichos materiales fibrosos y, opcionalmente, aditivos de fusión seleccionados de modo que dicho baño tenga, después de la adición de estos materiales fibrosos y aditivos de fusión, la siguiente composición:
- 10
- SiO<sub>2</sub>: entre 30 % y 55 % en peso;
  - FeO: entre 25 % y 45 % en peso;
  - óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos: entre 15 % y 25 % en peso;
- 15
- se inyectan bajo presión un oxidante y un combustible en dicho baño fundido por medio de al menos una lanza, uno de cuyos extremos se sumerge en dicho baño; introduciéndose dicho oxidante en una cantidad molar mayor o igual que la cantidad molar de combustible necesaria para mantener la temperatura del baño entre 1300 °C y 1600 °C; y
- 20
- se baja la temperatura de al menos una parte del vidrio fundido para que sea sólido.
- 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el oxidante y el combustible mencionados anteriormente se inyectan en dicho baño de vidrio fundido a una presión de entre 1,2 y 10 atmósferas, preferiblemente de entre 3 y 6 atmósferas.
- 30
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el oxidante mencionado anteriormente se introduce en el baño en una cantidad molar de entre 1 y 1,2 veces la cantidad molar de combustible.
- 35
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los aditivos de fusión mencionados anteriormente se seleccionan de entre sílice, óxido de hierro, residuos de los consumidores (residuos urbanos) o residuos de incineración ricos en hierro.
- 40
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el oxidante mencionado anteriormente se selecciona de aire o aire enriquecido con oxígeno, por ejemplo, aire enriquecido que contiene 35 % de oxígeno.
- 45
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el combustible se selecciona entre gas natural y fuel oil.

