

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 082**

51 Int. Cl.:

**B09B 3/00** (2006.01)

**C03B 5/02** (2006.01)

**F23G 5/00** (2006.01)

**F27B 3/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2014 PCT/NL2014/050900**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15099529**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2014 E 14828349 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3089829**

54 Título: **Proceso de reciclaje de chatarra de acero que contiene asbesto**

30 Prioridad:

**23.12.2013 WO PCT/NL2013/050950**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.02.2020**

73 Titular/es:

**PMC INTERNATIONAL B.V. (100.0%)  
Van Leeuwenhoekweg 21  
3316 AV Dordrecht, NL**

72 Inventor/es:

**JANSEN, KLAAS**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 742 082 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**

Proceso de reciclaje de chatarra de acero que contiene asbesto

Antecedentes de la invención

5 La invención está en el campo del reciclaje. Más particularmente, la invención está en el campo del procesamiento de chatarra de acero que ha sido contaminada con asbesto.

El asbesto se conoce como un material utilizado en la construcción para proporcionar resistencia mecánica y resistencia al fuego. Debido a su baja capacidad de conducción térmica y, por lo tanto, a su resistencia al calor y al fuego, se ha incorporado en una amplia variedad de construcciones en diversas formas, entre otras en los sectores de construcción de edificios e ingeniería mecánica.

10 En las últimas décadas, ha quedado claro que el asbesto causa problemas de salud tales como enfermedad pulmonar por asbesto (asbestosis), cáncer de pulmón y mesotelioma maligno. Por lo tanto, el uso de asbesto ha sido prohibido en casi todos los países. Hasta la fecha, una gran cantidad de construcciones obsoletas todavía contienen asbesto. Cuando tales construcciones se deben eliminar para su destrucción o reciclaje, es muy importante que el asbesto contenido en ellas se elimine de manera segura.

15 Debido a los riesgos de seguridad, la eliminación del asbesto debe llevarse a cabo con las máximas precauciones. La eliminación actual de materiales que contienen asbesto comprende la eliminación de los mismos en sitios de descarga regulados especiales. Esta metodología de eliminación requiere grandes volúmenes de eliminación, especialmente si el asbesto está presente en otros objetos, como tuberías cubiertas con asbesto o piezas de metal a las que está adherido, por ejemplo, por un adhesivo.

20 Una alternativa es disolver el asbesto, por ejemplo, en una solución alcalina. Esto evita la contaminación en el aire/inhalación de fibras de asbesto. Sin embargo, es muy difícil operar un proceso que implique disolver el asbesto para separarlo del material que contiene asbesto de una manera económicamente viable.

25 El documento EP-A-1 277 527 divulga un método para eliminar el asbesto, que implica colocar el producto inicial como piezas en un horno de túnel a una temperatura de entre 600°C y 1000°C para secar las fibras de asbesto. Esto es seguido por un desplazamiento mecánico para producir una materia prima secundaria sin asbesto para la industria del cemento. La desventaja de este método es que requiere una cantidad considerable de energía. Además, el método no es adecuado para procesar material de acero que contiene asbesto.

30 El documento JP-A-2004/204261 divulga un método de reciclaje para la chatarra de materiales de construcción generados en un campo de desmantelamiento en el que se pueden recuperar los recursos de hierro. De acuerdo con este método conocido, la chatarra contaminada se clasifica en fracciones que incluyen chatarra con contenido de resina y chatarra con contenido de asbesto. La chatarra que contiene asbesto se carga en pequeñas cantidades en un horno de procesamiento, que se llena con hierro fundido obtenido de una fracción esencialmente no contaminada. La clasificación de las diferentes fracciones requiere manipulación, lo que puede provocar la emisión de asbesto al medio ambiente. Además, de acuerdo con este método conocido, solo se pueden procesar pequeñas cantidades de  
35 2 toneladas o menos de acero contaminado con asbesto mezclándolo en una masa fundida de acero existente.

El documento US-A-2007/0251607 describe un proceso para manipular fragmentos que están contaminados con asbesto, que requiere un paso de recubrimiento de los fragmentos para inmovilizar las partículas de asbesto. El recubrimiento de los fragmentos es un paso adicional, que requiere un manejo adicional, lo que aumenta el riesgo de que se emitan partículas de asbesto a la atmósfera.

40 El documento WO-A-98/03830 describe un enfoque para derretir un vagón de ferrocarril contaminado con asbesto, que implica que todo el vagón de ferrocarril se ponga en una unidad de fusión. No se describen medidas para evitar la propagación del asbesto al medio ambiente.

45 El documento WO-A-97/33840 describe el procesamiento de residuos que contienen asbesto en un método de vitrificación. Los materiales se envasan en bolsas de plástico, que posteriormente se muelen. Además del paso de embolsado, no parece que se describan medidas para evitar la propagación del asbesto al medio ambiente, en particular no en el paso de molienda.

El documento DE-A-44 07 339 describe el procesamiento de asbesto que contiene residuos de edificios y materiales de construcción. El material de residuos se sella dentro de un contenedor, en particular un contenedor de acero. No se toman otras medidas para evitar la propagación de partículas de asbesto al medio ambiente.

50 El documento GB-A-0 817 414 se relaciona con el campo de la colada de titanio y otros metales reactivos. El vacío se utiliza para eliminar el aire (oxígeno) del recinto que rodea el horno.

El documento AT-A-411818 describe la eliminación de residuos de asbesto envasados en contenedores a presión fundiendo los contenedores a presión en un horno. El interior de los contenedores está sellado desde el exterior y, como tal, no puede escaparse el asbesto antes de que los residuos se carguen en el horno.

El documento US-A-5 662 050 describe un horno rotatorio para tratar residuos tóxicos o peligrosos y para producir productos finales "similares al vidrio" o "similares a la cerámica" y productos metálicos útiles.

El documento GB-A-2445420 se relaciona con el tratamiento de componentes de residuos peligrosos como el asbesto.

5 El documento JP-A-2008/249220 describe la fusión y la desintoxicación de metal de residuos que contiene asbesto, pero no describe el enfriamiento del metal fundido o la recuperación de dicho metal.

El documento US-A-5370066 describe un aparato en el que se funde material de residuos peligrosos. El residuo fundido se solidifica en material agregado inorgánico similar a la cerámica.

El documento JP-A-2007/307548 está dirigido a un método para fundir residuos de asbesto.

10 Todavía existe la necesidad de métodos eficientes y rentables que permitan el procesamiento de grandes cantidades de chatarra de acero que contiene asbesto sin tener que depender de la presencia de otras alimentaciones de acero no contaminadas y eso es inherentemente seguro porque las partículas de asbesto no pueden extenderse al ambiente. Tal método no debería emitir compuestos tóxicos en el medio ambiente que normalmente están asociados con el asbesto y el procesamiento de los mismos, como los bifenilos policlorados (PCB), productos con base en petróleo, pinturas, recubrimientos y similares.

15 Breve resumen de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un método para procesar chatarra de acero que contiene asbesto en productos útiles, cuyos productos pueden manejarse de manera segura. Otro objeto es que el método de la invención no debe dar como resultado la emisión de ningún componente tóxico al medio ambiente. Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un método para procesar PCB o metal contaminado con recubrimiento con base en petróleo en productos útiles, sin emisión de componentes tóxicos al medio ambiente. De acuerdo con la presente invención, la chatarra de acero que contiene asbesto se funde en un horno, lo que da como resultado la destrucción de las fibras de asbesto. Se ha encontrado posible llevar a cabo tal proceso de una manera económicamente viable. De acuerdo con la invención, el acero que contiene asbesto se calienta a alta temperatura para que el acero se derrita. Esto se hace preferiblemente sumergiendo el acero que contiene asbesto en una masa fundida existente. El paso en el que la chatarra que contiene asbesto se alimenta a la masa fundida se lleva a cabo aislado del ambiente de una manera sustancialmente hermética al gas. Como resultado, el asbesto se convertirá en material inofensivo sin que se emitan fibras de asbesto al medio ambiente, lo que permite un manejo y procesamiento seguro de los productos resultantes.

Descripción detallada de la invención

30 La invención se dirige a un proceso para reciclar chatarra de acero que contiene asbesto, chatarra que comprende una combinación de acero y asbesto, cuyo proceso comprende los pasos de:

a) someter dicha chatarra de acero que contiene asbesto a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de dicho acero sumergiendo dicha chatarra de acero en una masa fundida, que comprende acero fundido; y

35 b) permitir que dicha chatarra de acero se derrita y se mezcle con dicho acero fundido, mientras se permite que se forme una escoria, en la que dicho asbesto se convierte en material no cristalino, que se disuelve en dicho acero y/o se acumula en dicha escoria;

c) permitir que dicho acero fundido se enfríe, formando así un producto de chatarra de acero homogéneo que esté libre, o sustancialmente libre de asbesto; y

d) analizar el producto de chatarra de acero homogéneo para producir un certificado de análisis para que pueda usarse en las acerías para alterar la composición de las masas fundidas de acero;

40 en el que dichos pasos a) y b) se llevan a cabo en un recinto que está aislada del medio ambiente de una manera sustancialmente hermética a los gases, para evitar sustancialmente la emisión de fibras.

45 Por lo tanto, la invención proporciona un método para reciclar chatarra de acero que contiene asbesto en bloques metálicos purificados, sin emitir fibras de asbesto al medio ambiente y a bajo coste. La chatarra de acero también puede estar contaminada con componentes tóxicos como PCB o recubrimientos con base en petróleo. También se evita preferiblemente la emisión de elementos tóxicos resultantes de los componentes tóxicos. La escala de la operación puede ser a escala industrial, típicamente con una capacidad de más de 200 kilotonnes por año, preferiblemente más de 300 kilotonnes, típicamente hasta 750 kilotonnes por año.

50 Al sumergir completamente la chatarra de acero que contiene asbesto en el baño de acero líquido, se evita sustancialmente la emisión de fibras al medio ambiente. Por "sustancialmente libre" se entiende que el producto de chatarra de acero no contiene fibras de asbesto en ninguna cantidad que pueda considerarse dañina o peligrosa. En particular, cualquier fibra todavía presente en dicho producto debe inmovilizarse en el mismo, de modo que no puedan transportarse al aire cantidades dañinas de fibras, evitando así sustancialmente la emisión de fibras de asbesto a partir de ellas. Cuando se dice que la emisión de fibras está "sustancialmente prevenida", se entiende que en todo momento

- la concentración de fibra en la atmósfera circundante permanece por debajo de los estándares de seguridad, en particular por debajo de 1000 fibras por m<sup>3</sup>, más preferiblemente por debajo de 500 fibras por m<sup>3</sup>. Dichas condiciones se consideran como resultado de un entorno de trabajo seguro para la mayoría de los estándares internacionales. Más preferiblemente, la concentración de fibras es tan baja como aproximadamente 20-40 fibras por m<sup>3</sup>, que es generalmente aceptado como el nivel de fondo de las fibras de asbesto.
- Los pasos de alimentar la chatarra contaminada a una masa fundida y permitir que el acero contaminado se funda están aislados del medio ambiente. Esto se realiza llevando a cabo estos pasos en un recinto que está aislado del medio ambiente de una manera sustancialmente hermética a los gases.
- En el contexto de la presente invención, la manera sustancialmente hermética a los gases se refiere a medidas para evitar la salida de aire contaminado con partículas de asbesto. Esto puede realizarse, por ejemplo, manteniendo la presión dentro de dicho recinto por debajo de 1 atm. Típicamente, la presión es de aproximadamente 0.05-0.1 bar por debajo de la presión atmosférica. Al mantener la presión de dicho recinto por debajo de la presión atmosférica, un flujo de aire desde afuera hacia adentro limitará la capacidad de flujo de aire desde adentro hacia afuera del recinto.
- Este principio se puede probar en un laboratorio. En dicha prueba, una pequeña pieza de chatarra, típicamente de aproximadamente 500 g, que está contaminada con una capa de asbesto de composición y peso conocidos, se alimenta a un pequeño horno con un baño de acero fundido, que luego se sella herméticamente. El gas residual del horno se mide y controla cuidadosamente. Después de enfriar, un filtro HEPA puede atrapar cualquier fibra de asbesto en el gas residual que no se haya derretido en el baño de acero líquido. Finalmente, el filtro HEPA se puede verificar en fibras de asbesto con un microscopio electrónico (TEM o SEM), y se puede verificar la composición química del gas residual.
- Además, cualquier aire u otro gas que se descargue al medio ambiente también se pasa a través de un filtro de aire de material en partículas de alta eficiencia (HEPA). Tal filtro conocido es capaz de eliminar partículas pequeñas con una eficiencia muy alta.
- En una realización preferida, el proceso comprende además un sistema de combustión de gas residual. El sistema de combustión de gas residual es una técnica conocida que se utiliza para capturar partículas de una corriente de gas. En un quemador de gas residual normal, el gas residual se calienta a una temperatura alta, por ejemplo de 700-900°C, típicamente aproximadamente 800°C.
- De acuerdo con la presente invención, la temperatura del gas residual en el paso de combustión del gas residual se elige mucho más alta, por ejemplo, por encima de 1200°C, por ejemplo 1250-1350 ° C, que destruirá cualquier partícula de asbesto resultante.
- Después de calentar los gases a una temperatura alta, por ejemplo 1200°C, los gases deben enfriarse. El enfriamiento se realiza rápidamente para evitar la formación de dioxinas y furanos. Con este fin, el enfriamiento se realiza preferiblemente a una temperatura inferior a 500°C, más preferiblemente por debajo de 200°C. Dentro del intervalo de temperatura 200-600°C se forman dioxinas y furanos, donde el intervalo más crítico para la formación de estos compuestos es 200-400°C. Más preferiblemente, la rata de enfriamiento en el intervalo de 200-400°C es al menos 100°C/s.
- Preferiblemente, el enfriamiento se realiza en dos pasos. El primer paso de enfriamiento, típicamente hasta 400°C, se puede hacer relativamente lento. El segundo paso, de 400°C a 200°C, se realiza preferiblemente rápidamente, típicamente en 2 segundos, para evitar la formación de dioxinas y furanos nuevamente (síntesis de novo).
- Después de enfriar el gas residual a una temperatura inferior a 200°C, puede llevarse a cabo un tratamiento adicional mediante la separación de los componentes restantes de dioxina y furano de la corriente de gas residual a través de técnicas tales como la inyección de adsorbentes activados, filtrando en un sistema de filtro de bolsa doméstica y sus combinaciones.
- En otra realización preferida, el área de colado se encuentra en un recinto diferente que el área del horno donde tiene lugar la fusión. De esta forma, la colada se puede realizar a una presión diferente a la de la fusión. Preferiblemente, la colada se realiza a presión atmosférica, mientras que la fusión se realiza a presión subatmosférica, como se explicó anteriormente. El área de colado se puede ubicar en un nivel inferior para que el acero fundido pueda fluir hacia éste por su propio peso, que es la forma más fácil de transportar el acero fundido.
- De acuerdo con la presente invención, es importante evitar la emisión de fibras de asbesto tanto como sea posible. Esto significa que, excepto en el sitio de donde se toma el acero contaminado, la manipulación y el tratamiento del material deben llevarse a cabo mientras se mantiene herméticamente separado del medio ambiente. Esto se obtiene transfiriendo las piezas de acero que contienen asbesto, que se obtienen cortando los objetos contaminados en pequeñas piezas localmente, inmediatamente a contenedores herméticos a los gases. Por lo general, dichos contenedores pueden contener aproximadamente 4-8 toneladas de acero contaminado.

Los contenedores sellados al gas, en particular herméticos, se transportan a la instalación que contiene los pasos de fusión de la presente invención, y entran en dicha instalación mientras se mantiene una subpresión para evitar que salgan partículas de asbesto.

5 Una vez dentro de la sala de fusión, los contenedores se pueden abrir y sus contenidos se pueden transferir al baño de acero líquido fundido. Típicamente, los contenedores se vacían en un búnker, por ejemplo a través de una cinta transportadora. Se puede usar otra cinta transportadora para transportar la chatarra contaminada al horno que contiene el baño de acero fundido. En todo momento se mantiene una presión más baja frente a la presión exterior (es decir, una subpresión con respecto al ambiente exterior). La chatarra contaminada en la cinta transportadora puede precalentarse. El precalentamiento se puede hacer en la cinta transportadora, que transporta la chatarra al horno.  
10 Alternativamente, la chatarra puede precalentarse con un denominado "principio del eje", donde la chatarra se precalienta en un compartimento separado en la parte superior del horno. También se pueden usar otras técnicas de precalentamiento.

15 La chatarra opcionalmente precalentada se alimenta posteriormente suavemente al baño de acero líquido, sin emitir fibras de asbesto al medio ambiente. La técnica relativa a una cinta transportadora precalentada está probada y está fácilmente disponible comercialmente. A continuación, se cierra el contenedor, se lleva fuera de la sala de fusión, donde se puede limpiar, de modo que esté listo para contener el siguiente lote de acero contaminado.

La chatarra se puede clasificar de varias maneras. El nivel más alto de especificación es distinguir la fuente de la chatarra directamente del procesamiento de acero (chatarra nueva) y la chatarra de los productos después de su uso (chatarra vieja).

20 Se genera nueva chatarra durante los procesos de fabricación iniciales y, en promedio, no necesita ningún tratamiento previo además del corte.

La chatarra vieja se recolecta después de un ciclo de uso, ya sea por separado o mezclado, y a menudo se contamina en cierto grado, dependiendo en gran medida de su origen y de los sistemas de recolección utilizados. Esta invención se centra en esta categoría de chatarra, en la que la chatarra está contaminada con asbesto.

25 La chatarra vieja de acuerdo con la Unión Europea puede clasificarse de acuerdo con los productos en los que se usó el metal antes de que se convirtiera en residuo. Las principales fuentes de chatarra de hierro y acero en todo el mundo son:

- Vehículos y transporte

- Construcción y edificación

30 - Grandes equipos y maquinaria

- Electrónica y equipamiento eléctrico.

- Material de empaque

35 La chatarra de acero contaminada con asbesto se usa comúnmente en todas las categorías, pero principalmente en las dos primeras. La presente invención es, por ejemplo, adecuada para procesar chatarra contaminada con asbesto de vagones de ferrocarril, que tradicionalmente contienen una cantidad considerable de asbesto adherido al cuerpo de acero, en particular en forma de paneles de insonorización. La chatarra de acero generalmente se separa siempre que sea posible a lo largo del proceso de desmantelamiento y se vende para su reutilización directa o a comerciantes o plantas de tratamiento. La chatarra que está contaminada con asbesto normalmente termina en los vertederos oficiales donde se almacena, aislada del medio ambiente, típicamente en material de embalaje de plástico doble.

40 Debido a que esto es costoso, la chatarra contaminada a menudo se envía ilegalmente a través de la exportación, lo que plantea serias preocupaciones ambientales. Un ejemplo notorio es el varamiento de barcos contaminados con asbesto en las costas de los países en desarrollo.

45 De acuerdo con la invención, el acero que contiene asbesto se calienta de modo que el acero se derrita. Como resultado, el asbesto se degradará, en particular los cristales de asbesto se convertirán en materiales amorfos, como silicatos y opcionalmente otras sales.

50 El calentamiento y la fusión de la chatarra que contiene asbesto se realiza preferiblemente usando un proceso de calentamiento de horno de arco eléctrico. La primera chatarra de acero se carga en contenedores herméticos en el lugar de almacenamiento sin exponer el medio ambiente a su contenido. Los contenedores están diseñados de tal manera que se abrirán por encima de la cinta transportadora, que transporta y libera la chatarra en el búnker. Desde el búnker, otra cinta transportadora se alimenta con chatarra contaminada, la cual transporta la chatarra desde el búnker suavemente hacia el horno. El proceso logístico se describe a continuación. El horno puede ser, por ejemplo, un horno de oxígeno básico, un horno de solera o un horno de arco eléctrico. Es importante que el horno permita la operación constante del baño plano. Preferiblemente se usa un horno de arco eléctrico.

La invención permite un procesamiento diferente, dependiendo del grado de contaminación de la chatarra de acero. Todos los tipos de chatarra de acero contaminada con asbesto deben considerarse peligrosos para el medio ambiente y la salud humana como resultado de las emisiones al aire de una o más categorías de fuentes. Por lo tanto, la chatarra de acero contaminada se trata de tal manera que se excluye la exposición de riesgo al medio ambiente o los humanos.

- 5 La invención puede usarse para el tratamiento de acero contaminado con asbesto no friable, así como con asbesto friable.

En el inicio del proceso, el horno se carga con chatarra de acero, que se funde para producir un horno lleno de una masa fundida. La masa fundida típicamente tiene una temperatura de aproximadamente 1500-1700°C. No se prefieren temperaturas más altas porque esto puede causar daños al material refractario.

- 10 Una vez que se alcanzan estas temperaturas, se introduce un contenedor especial con chatarra de acero contaminada en la cinta transportadora, que transporta y desliza suavemente la chatarra contaminada en el horno y se funde hasta alcanzar el peso deseado de acero fundido. Cuando el acero está completamente fundido, puede tener lugar un posible tratamiento adicional, por ejemplo, para verificar y, opcionalmente, ajustar la composición química. Las impurezas en la masa fundida pueden eliminarse de manera convencional si es necesario o requerido. En esta etapa también se pueden agregar otros compuestos, tales como aluminio (Al), silicio (Si), tiza y similares.

- 15 Cuando se alcanza la composición deseada, la masa fundida de acero se puede verter en un cucharón. Este proceso se llama golpeteo. Después del golpeteo al primer calentamiento, se deja una pequeña cantidad de líquido de acero en el horno. El cucharón transporta el acero líquido a un área de colado con moldes separados o a un área de colado continuo. En estas áreas, el acero líquido se vierte en moldes o se transfiere a un sistema de colado para obtener la forma deseada de los bloques de metal. Este proceso se llama colado.

- 20 Después de la solidificación en los moldes, los bloques de chatarra de acero formados se retiran de los mismos, este proceso se denomina desprendimiento. Después del desprendimiento se obtiene un bloque de metal purificado de chatarra de acero, y es posible tener especificaciones detalladas de su contenido. Estos bloques pueden almacenarse o transportarse directamente, por ejemplo a las acerías para su posterior procesamiento. Por lo general, estos bloques 25 los compran las acerías o los depósitos de chatarra. Debido a que estos bloques pueden tener una composición conocida, y esta composición puede estar disponible junto con un lote de bloques de la misma composición, estos bloques se pueden mezclar con masas fundidas de acero para alterar la composición de los mismos de una manera predeterminada.

- 30 La pequeña cantidad de acero líquido que queda en el horno es para asegurarse de que cuando una segunda carga de chatarra de acero contaminada se deposita en el horno se sumerja completamente en el baño de acero líquido. Es esencial porque de esta manera la chatarra y el asbesto se enfrentan directamente con una temperatura de metal líquido de al menos 1500°C y tomará fracciones de segundos para degradar el asbesto y hacerlo inofensivo.

Se ha encontrado que el asbesto no escapará del baño porque las fibras de asbesto se degradan químicamente en el baño de metal líquido. Por lo tanto, se evita o limita la emisión al aire de las fibras.

- 35 El material de partida de chatarra de acero que contiene asbesto de la presente invención es típicamente acero, por ejemplo en forma de placas o tuberías, que se combina con asbesto, típicamente por medio de un adhesivo, como un adhesivo con base en poliuretano o acrilato. Como resultado, la separación del asbesto y el acero es muy engorrosa, problema que se resuelve con la presente invención.

- 40 El asbesto está hecho de fibras minerales de silicato cristalino relativamente largas y delgadas. Además del silicato, los cristales contienen además hidroxilo (OH-) y más magnesio (Mg) y/o hierro (Fe) y posiblemente sodio (Na) y/o calcio (Ca). Seis minerales se definen como "asbesto", el cual se puede dividir en la clase serpentina o los que pertenecen a la clase anfíboles. La clase serpentina comprende: crisotilo,  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$ . La clase anfíboles comprende: amosita,  $Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$ ; crocidolita,  $Na_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2Si_8O_{22}(OH)_2$ ; asbesto tremolita,  $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ ; asbesto actinolita,  $Ca_2(Mg, Fe)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$ ; y asbesto antofilita  $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ .

- 45 Además, hay otros minerales naturales, como richterita,  $Na(CaNa)(Mg, Fe^{2+})_5(Si_8O_{22})(OH)_2$  y winchita,  $(CaNa)Mg_4(Al, Fe^{3+})(Si_8O_{22})(OH)_2$ , que generalmente se denominan "asbestiformes" en lugar de asbestos, pero se debe entender que están incluidos en la definición de asbestos aquí.

- 50 El asbesto generalmente se degrada entre 400°C y 800°C, aunque algunos tipos de asbesto requieren temperaturas de hasta 1040°C. Durante el proceso de degradación, los cristales pierden su integridad cristalina y los componentes químicos se convierten en sus sales correspondientes (principalmente óxidos), tal como  $SiO_2$  y  $MgO$ , así como  $H_2O$ , que se evaporará. Las sales amorfas pueden permanecer en la masa fundida y terminar en los lingotes como inclusiones, pero la mayoría se transferirá a la fase de escoria. En cualquier caso, los materiales estarán presentes como partículas amorfas inofensivas.

- 55 Se descubrió que cuando la chatarra de acero contaminada con asbesto se somete a temperaturas que se aplican en el horno durante el proceso de fusión de la invención, las fibras de asbesto se fundirán y/o degradarán en unos pocos segundos, sin que tenga lugar ninguna emisión al aire.

- 5 Durante el proceso de fusión se forma una escoria por difusión. Esta escoria flota en la superficie del acero fundido. La escoria usualmente consiste en óxidos metálicos, y actúa en particular como un destino para las impurezas oxidadas. Estas impurezas pueden ser impurezas metálicas o no metálicas. Típicamente, la escoria comprende como compuestos mayoritarios óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO). Otro componente importante de la escoria del horno de arco eléctrico es el óxido de hierro del acero que se quema con oxígeno que se inyecta para proporcionar calor químico adicional para derretir el acero y estimular la oxidación de impurezas (refinación).
- 10 Preferiblemente, la escoria obtenida de este modo se retira y se procesa adicionalmente para recuperar los metales contenidos en la misma, lo que proporciona beneficios económicos y medioambientales adicionales. La escoria se procesa opcionalmente en diferentes tipos de fracciones. La escoria puede usarse en la construcción, por ejemplo en la construcción de carreteras. Se descubrió que los elementos químicos que se originan en el asbesto tienen un efecto positivo en la calidad de la escoria para la construcción de carreteras.
- Un aparato que es muy adecuado para el método descrito aquí típicamente comprende los siguientes componentes.
- un horno de arco eléctrico (EAF) con electrodos de arco eléctrico;
- típicamente la capacidad del horno es de más de 25 toneladas, preferiblemente entre 40 y 100 toneladas
- 15 - un transformador para el horno de arco eléctrico
  - un taller de reparación de material refractario de horno
  - un sistema de limpieza de gases residuales, adecuado para EAF, que comprende una cámara de postcombustión que puede calentar gases residuales, típicamente hasta 1200°C, y un aparato de enfriamiento que puede enfriar los gases residuales muy rápidamente a una temperatura inferior a 200°C
  - 20 - una unidad de filtración de aire con filtro de aire de material en partículas de alta eficiencia (HEPA)
  - un sistema de descarga de aire, adecuado para EAF, capaz de mantener la presión de aire más baja que la presión de aire exterior del edificio; típicamente la subpresión está entre 0.05 y 0.1 por debajo de la presión atmosférica;
  - un dispositivo para transportar los contenedores de chatarra, típicamente una grúa
  - 25 - una cinta transportadora que recibe la chatarra contaminada de los contenedores y transporta la chatarra contaminada a subpresión suavemente al baño de acero líquido, y que durante el transporte al horno podría precalentar la chatarra contaminada
  - sistema de agua de enfriamiento
  - sistema de golpeteo
  - instalaciones de alimentación de oxígeno y polvo de tiza
  - 30 - moldes para lingotes (típicamente los pesos de los lingotes son 0.5 ton y 1 ton)
- La carcasa para toda la instalación está construida de tal manera que, en combinación con el sistema de descarga de aire, se puede mantener una ligera subpresión en el edificio en todo momento. Mediante la construcción se evita el transporte de fibras de asbesto desde la carcasa hasta el medio ambiente.
- 35 Se descubrió que era posible operar la invención de tal manera que la emisión de aire durante el proceso de fusión y los pasos posteriores esté muy por debajo de cualquier límite aceptable. Por lo tanto, la invención proporciona un método viable seguro y económico para degradar el asbesto.
- 40 Las instalaciones se colocan típicamente en un edificio diseñado especialmente. Dentro de este edificio se puede mantener una subpresión en todo momento, en combinación con el sistema de descarga de aire. La ligera subpresión proporciona una segunda capa de seguridad para proteger el medio ambiente de las fibras de asbesto. En la situación poco probable de que las fibras de asbesto se escapen de la masa fundida de chatarra de acero líquido sin degradarse, la subpresión previene que las fibras sean transportadas al ambiente exterior. En segundo lugar, cualquier fibra que sea absorbida por el sistema de descarga, será atrapada por la unidad de filtro HEPA.
- 45 El transporte de la chatarra contaminada con asbesto comienza en la fuente. El objeto que contiene acero contaminado con asbesto debe inspeccionarse, típicamente a través de empresas especializadas, que determinarán el nivel de contaminación y aplican un código adecuado para el transporte.
- El objeto puede contener diferentes tipos de acero. Las calidades de acero se dividen en tres clases de acuerdo con el European Commission's End of Waste Regulation:
- Calidades de acero sin alear en las que la fracción de masa de un elemento de aleación permanece por debajo de un cierto valor crítico.

- Acero inoxidable, que es un término genérico para un grupo de acero resistente a la corrosión que contiene un mínimo de 10.5% de cromo. Los tipos de acero inoxidable se pueden dividir en ferrítico, martensítico, austenítico y dúplex; cada categoría contiene sus propias especificaciones críticas. Pueden estar presentes diversas adiciones de níquel, molibdeno, titanio, niobio y otros elementos.

- 5 - Otras calidades de acero aleado se refieren a calidades de acero que quedan fuera de las definiciones mencionadas anteriormente. Los aceros de calidad de aleación comprenden calidades de acero requeridas para cumplir con ciertos requisitos relacionados con el aspecto del producto exigente.

La chatarra de acero debe recogerse de tal manera que el análisis de los diferentes tipos de chatarra de acero se mantenga lo más homogéneo posible.

- 10 La chatarra de acero contaminada con asbesto se recoge en contenedores, típicamente contenedores pequeños (por ejemplo, entre 4 y 8 toneladas). Los contenedores pequeños se transportarán donde se almacenarán en un edificio cerrado separado, mientras se mantiene la subpresión. Alternativamente, los contenedores se vaciarán en un búnker dentro del edificio donde se recolectarán, aunque separados de la sala de fusión, a una presión inferior a la atmosférica con el fin de prevenir que las fibras se liberen al medio ambiente.
- 15 La invención respalda la máxima sostenibilidad de la chatarra de acero al eliminar el asbesto de la cadena de suministro y previniendo que la chatarra de acero sea vertida. La invención también se puede usar para limpiar los vertederos existentes procesando la chatarra contaminada contenida allí.

La invención no solo proporciona nuevas posibilidades de materia prima en la forma de acero, sino que también se pueden reciclar elementos como níquel, molibdeno, wolfram y otros elementos.

- 20 Los productos de la presente invención se pueden usar para provisionar a diferentes acerías nuevas materias primas. La nueva chatarra de acero limpiada ha mejorado el valor comercial y se le puede proporcionar un certificado de análisis que indique su composición química. El valor difiere de las categorías de chatarra actuales porque es homogéneo y está provisto con análisis. Típicamente, los productos de la invención se pueden vender como chatarra de alta calidad, es decir, material para ser utilizado en acerías para alterar la composición de las masas fundidas de
- 25 acero. La alta calidad se deriva del hecho de que la composición química puede ser conocida, ya que el producto es homogéneo, a diferencia de la chatarra normal, que no es homogénea y, por lo tanto, tiene una composición exacta desconocida.

Por lo tanto, la invención proporciona una cadena de transporte corta que es muy fácil de controlar.



### REIVINDICACIONES

1. Proceso para reciclar chatarra de acero que contiene asbesto que está contaminada con asbesto friable, chatarra que comprende una combinación de acero y asbesto, cuyo proceso comprende los pasos de: transportar dicha chatarra de acero en un contenedor hermético a una instalación que contenga pasos de fusión, y
- 5 a) someter dicha chatarra de acero que contiene asbesto a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de dicho acero sumergiendo completamente dicha chatarra de acero en una masa fundida, que comprende acero fundido;
- b) permitir que dicha chatarra de acero se derrita y se mezcle con dicho acero fundido, mientras se permite que se forme una escoria, en el que dicho asbesto se convierte en material no cristalino, que se disuelve en dicho acero y/o se acumula en dicha escoria;
- 10 c) permitir que dicho acero fundido se enfríe, formando así un producto de chatarra de acero homogéneo que esté sustancialmente libre de asbesto; y
- d) analizar el producto de chatarra de acero homogéneo para producir un certificado de análisis para que dicho producto pueda usarse en acerías para alterar la composición de otras masas fundidas de acero;
- 15 en el que dichos pasos a) y b) se llevan a cabo en un recinto que está aislada del ambiente de una manera sustancialmente hermética al gas que se obtiene manteniendo dicho recinto bajo una presión que es subatmosférica y en el que dicho contenedor hermético ingresa a dicha instalación mientras mantiene una subpresión.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un paso en el que dicha escoria se retira y se usa como fuente de magnesio, sílice o ambos.
- 20 3. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, seguido de un paso de usar dicho producto de chatarra de acero homogéneo libre de asbesto en una masa fundida de acero para alterar dicha masa fundida de acero a una composición química predeterminada.
4. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la chatarra de acero que contiene asbesto es parte de un vehículo, una construcción, equipo o maquinaria.
- 25 5. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una corriente de aire limpio se alimenta a dicha recinto a través de una o más entradas de aire, mediante la cual se obtiene una corriente de aire que puede contener partículas de asbesto, en el que dicha corriente de aire que puede contener partículas de asbesto se somete a un paso de retiro de partículas, de modo que las partículas de asbesto se retiren de allí, produciendo así una corriente de aire limpio, seguido de descargar dicha corriente de aire limpio al medio ambiente a través de al
- 30 menos una salida de aire.
6. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que dicho paso de retiro de partículas comprende un filtro de aire de material en partículas (HEPA) de alta eficiencia, un paso de combustión de gases residuales, o ambos en serie.
- 35 7. Proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende un paso de combustión de gas residual, en el que dicha corriente de aire que puede contener partículas de asbesto se calienta a una temperatura de 1200-1350°C, seguido de enfriamiento a una temperatura de 350-450°C.