

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 319**

51 Int. Cl.:

**B09B 3/00** (2006.01)

**B29C 70/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2012** **E 12464011 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015** **EP 2527051**

54 Título: **Material compuesto que comprende asbesto-cemento**

30 Prioridad:

**24.05.2011 RO 201100495**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.10.2015**

73 Titular/es:

**IONESCU, SILVIAN (100.0%)**  
**Strada Campului nr. 11 Sat. Mogosoaia, comuna**  
**Mogosoaia**  
**Judetul Ilfov, RO**

72 Inventor/es:

**IONESCU, SILVIAN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 547 319 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 compuesto que comprende asbesto-cemento

Esta invención proporciona un material compuesto útil en la industria del reciclaje de residuos y la industria de materiales de construcción y un procedimiento para obtenerlo.

5 Asbesto es un término genérico usado para materiales fibrosos que pertenecen al grupo de la sílice de tipo serpentina, tales como el crisotilo y anfíbol. El mineral basado en asbesto más comúnmente usado es el crisotilo. El asbesto es un mineral muy resistente a altas temperaturas, a la acción de ácidos, siendo también un excelente aislante, y por lo tanto se usa a gran escala para obtener algunos materiales de construcción, y para mejorar las propiedades mecánicas de materiales compuestos, tales como el caucho. Puesto que la forma libre de las fibras de  
10 asbesto es potencialmente mortal para los organismos vivos, y se ha clasificado como un producto peligroso, algunos países tienen normas específicas en la recogida y almacenamiento del mismo.

Se conocen diferentes materiales de construcción que contienen asbesto, pero el principal material de construcción que incluye asbesto es el cemento que contiene asbesto llamado asbesto-cemento.

15 El asbesto-cemento es un material compuesto de cemento y fibras de asbesto útil principalmente para la construcción.

El asbesto-cemento se ha usado extensamente en la industria de los materiales de construcción, por ejemplo, para tejas de tejados y/o tuberías para el transporte de líquidos. Se encontró que el uso de asbesto y, por defecto, el asbesto-cemento es peligroso para la salud para seres vivos, produciendo varios trastornos graves.

20 Se ha mostrado que la exposición al asbesto-cemento en condiciones normales ha conducido con el tiempo a la liberación de fibras de asbesto al medio ambiente.

La eliminación de los residuos del asbesto-cemento se realiza principalmente por almacenamiento. El almacenamiento del asbesto, asbesto-cemento, productos industriales residuales de asbesto-cemento que contienen asbesto, se hace en especial en espacios de almacenamiento y manipulación para residuos peligrosos. Se calcula que el asbesto-cemento representa aproximadamente 70% de la cantidad de residuos almacenados de  
25 asbesto peligrosos. Siendo el tiempo de vida del asbesto-cemento de aproximadamente 50-70 años, se considera que la degradación inducida por el hombre y la naturaleza en las placas de asbesto-cemento, produce la dispersión en el aire de fibras de asbesto y es un problema para la salud de los organismos vivos. Se han establecido estándares internacionales para la manipulación y almacenamiento tanto de asbesto residual como de materiales que contienen asbesto.

30 Con el tiempo, han aumentado los sitios de almacenamiento de materiales residuales peligrosos que contienen asbesto. Actualmente hay asignadas en todo el mundo grandes zonas de hectáreas de terreno para el almacenamiento de cantidades impresionantes de materiales peligrosos que contienen asbesto. Dicho terreno que sirve como espacio de almacenamiento de residuos no se puede integrar en los circuitos económicos.

Hay diferentes métodos conocidos para la neutralización del asbesto-cemento.

35 Estudios antiguos del reciclado del asbesto-cemento proponían aislar tejados hechos de placas de asbesto-cemento con espuma de poliuretano, con el fin de evitar la demolición de edificios y el transporte del residuo a sitios de recogida especiales. Esta solución es cara y difícil debido a los estándares impuestos por las autoridades medioambientales.

40 Otro método para eliminar el residuo del asbesto-cemento es su transformación inducida por calor (a una temperatura de 1200°C) en minerales no peligrosos. Esta solución implica costes altos y consume mucha energía.

Otro método conocido para neutralizar los materiales residuales que contienen asbesto lo propone el propietario de Aton-HT SA de Polonia en la patente nº P-377957. Dicha patente describe el tratamiento térmico con microondas para la neutralización de los materiales que contienen asbesto. El método propuesto implica reactores especiales para la neutralización de una amplia variedad de residuos peligrosos a altas temperaturas. Mediante este método se  
45 trituran diferentes tipos de residuos que contienen asbesto (en un triturador especialmente diseñado, herméticamente cerrado), que después se mezclan con pequeñas cantidades de adyuvante, y se ponen en una cámara de microondas del reactor. A temperaturas de 900°C-1100°C la estructura cristalina de las fibras de asbesto cambiaba a un estado amorfo. Este método es complicado y requiere mucha energía y espacios de trabajo grandes. La eficacia de este método no se ha demostrado suficientemente, siendo aplicable individualmente por razones económicas, y los productos que resultan tienen utilidad industrial limitada.

50 También se han descrito varias asociaciones de polímeros y asbesto con el fin de obtener materiales compuestos con propiedades mecánicas mejoradas. El material compuesto descrito en el documento US3773705 incluye fibras de asbesto para mejorar la resistencia a la tracción de materiales compuestos de matriz de polímero. La desventaja de esta tecnología es que el uso de asbesto ya no está permitido porque se considera que es una sustancia

peligrosa.

El documento EP-A-581094 describe el uso de poliisobutileno para la eliminación de materiales peligrosos, incluyendo materiales que contienen asbesto.

5 El objetivo de la presente invención es resolver el problema de los residuos de asbesto-cemento mediante su reciclado, insertándolo en una matriz plástica, preferiblemente en una proporción de hasta 20% en peso, preferiblemente 12-20% en peso, más preferiblemente 20% en peso, y con un tamaño de partículas de 2-5 micrómetros. Se mostró que el material así obtenido sella completamente las fibras de asbesto del asbesto-cemento que ya no son liberadas al medio ambiente, incluso después de un periodo de tiempo largo. El material así obtenido es muy resistente, fácilmente explotable con buenas propiedades mecánicas y se puede usar para materiales de construcción.

10 Se introducen grandes cantidades de residuos de asbesto en el ciclo económico, proporcionando un nuevo material compuesto que tiene la propiedad inesperada de sellar las fibras de asbesto en una matriz de material plástico, y por lo tanto, representa una alternativa a los materiales que contienen asbesto. Los beneficios medioambientales son evidentes, debido al hecho de que el procesado y neutralización de grandes cantidades de asbesto residual, principalmente asbesto-cemento, de forma más precisa su impacto negativo en el medio ambiente, disminuye sustancialmente. Otra ventaja es que los materiales compuestos pueden sustituir con éxito materiales actualmente considerados peligrosos para los organismos vivos.

15 El material compuesto de acuerdo con la presente invención comprende lo siguiente: una matriz de material plástico (polímero termoplástico) y asbesto-cemento triturado como carga, preferiblemente asbesto-cemento residual, en donde la concentración óptima de asbesto-cemento es de 20% en peso. El tamaño de partículas del asbesto-cemento triturado es entre 2 micrómetros y 0,4 mm, preferiblemente 2-5 micrómetros. El polímero termoplástico es residuos de PET, de modo que el coste de las materiales es bajo. La invención también se refiere a una composición que comprende el material compuesto de acuerdo con la invención junto con uno o más adhesivos. El material compuesto puede comprender asbesto adicional, preferiblemente crisotilo. El material compuesto puede contener también alúmina ( $Al_2O_3$ ).

20 El material compuesto de acuerdo con la invención también se puede usar para la fabricación de algunos productos industriales, porque tiene propiedades mecánicas que permiten una buena trabajabilidad, es impermeable, resistente a la corrosión, aislante de sonido, amortiguador de choques y tiene una buena elasticidad. Los productos hechos de dicho material compuesto se pueden usar para obtener diferentes piezas para la industria, y los productos obtenidos son reciclables.

30 La memoria descriptiva describe un procedimiento para obtener un material compuesto que consiste en proporcionar una mezcla homogénea de plásticos (polímero termoplástico) y asbesto-cemento triturado, seguido de moldeo por inyección, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- a) triturar los materiales plásticos (polímero termoplástico),
- 35 b) triturar el asbesto-cemento,
- c) plastificar los gránulos fundidos del material plástico a una temperatura de 170°C a 280°C,
- d) insertar el asbesto-cemento triturado obtenido en la etapa b), preferiblemente en una proporción de hasta 20% en la fase plástica continua,
- 40 e) inyectar la mezcla formada en una hilera a una presión de 2490-2500 bar, preferiblemente a una velocidad de 25 a 45 mm/s,
- f) compactar la mezcla en la hilera a una presión de mantenimiento, preferiblemente de 600-800 bar, formando una cola/amortiguación de material con el fin de compensar la contracción de la hilera,
- g) enfriar el fundido en la hilera en un periodo de tiempo de 100 a 130 segundos/pieza.

45 Para obtener el material compuesto, se proporciona un procedimiento de moldeo por inyección con amortiguación/cola de material.

50 El procedimiento para producir material compuesto puede lograr el reciclado simultáneo de residuos de asbesto y residuos plásticos (polímeros termoplásticos) por inyección en una hilera. El procedimiento consiste en las siguientes etapas: triturar el material plástico, preferiblemente obtenido de residuos plásticos, triturar el asbesto-cemento al tamaño de partículas deseado, plastificar el material plástico triturado fundido a una temperatura preferiblemente comprendida entre 170°C y 280°C, que incluye una cantidad del asbesto-cemento triturado obtenido previamente en la fase de plástico continua, que es preferiblemente hasta 20% en peso, inyectar en una hilera la mezcla formada a una presión que es preferiblemente de 2490-2500 bar con una velocidad de 25 a 45 mm/s, y mantener a una presión de compactación de 600-800 bar para formar una amortiguación/cola de material para compensar la contracción en la hilera, y enfriar el fundido en la hilera durante un periodo de tiempo de 100 a 130 segundos/pieza. El tamaño de

## ES 2 547 319 T3

partículas del asbesto-cemento usado puede estar comprendido en el intervalo de 2 micrómetros a 0,4 mm, preferiblemente 2-5 micrómetros. El plástico residual usado es PET.

En una realización, durante la etapa de trituración del asbesto-cemento se puede añadir alúmina ( $Al_2O_3$ ), como un óxido estable y duro.

- 5 En otra realización, el asbesto-cemento se puede triturar junto con fibras de asbesto, preferiblemente crisotilo, para proporcionar sus características al material compuesto: morfología de fibra, resistencia a la tracción alta, resistencia al calor y la corrosión, baja conductividad eléctrica, coeficiente de rozamiento alto.

El procedimiento de preparación de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

- suministrar plásticos (dispensación)
- 10 - calentar y fundir el material en el cilindro
- introducir el asbesto-cemento triturado
- cerrar la hilera
- introducir el material fundido en la hilera,
- cerrar la hilera;
- 15 - introducir el material fundido a presión en la hilera,
- solidificar y enfriar el material en la hilera
- abrir la hilera
- retirar la pieza inyectada.

20 La inyección del material compuesto se lleva a cabo de acuerdo con el esquema proporcionado en la figura 3, e implica lo siguiente:

- a) inyección del material en la hilera,
- b) solidificación y enfriamiento del material fundido,
- c) abertura de la hilera y descarte de la pieza obtenida de la hilera.

25 Se han usado las siguientes materias primas: materiales plásticos granulares y asbesto-cemento triturado, siendo ambos preferiblemente forma reciclada de materiales residuales

Los gránulos de material prima, en particular plástico (PET) y asbesto-cemento triturado se someten a las siguientes etapas para obtener el material compuesto:

- introducción de las materias primas en el embudo (8) de donde caen por gravedad en el cilindro de inyección (5)
- 30 - transporte del material plástico desde el cilindro de inyección por el tornillo (7), por movimiento de rotación, hacia el frente del cilindro, donde está la boquilla de inyección (4). El movimiento de rotación se realiza usando un sistema dirigido por tornillo (9).
- calentamiento del cilindro por los calentadores (6) y procesamiento de los gránulos de polímero fundidos; contribuyendo también el rozamiento que se produce en el cilindro de inyección a la fusión de los materiales plásticos, y,
- alimentación del asbesto-cemento triturado en el cilindro de inyección.

35 La homogeneidad del producto obtenido depende del tamaño de las partículas de asbesto-cemento y por lo tanto de sus propiedades fisicoquímicas. Es importante añadir el asbesto-cemento al procedimiento de inyección cuando el material plástico es fluido para que pueda incorporar completamente las partículas de asbesto-cemento, para obtener así un producto final de alta homogeneidad;

- 40 - la inyección de los plásticos fundidos en la hilera (2) mediante el tornillo (7) como resultado de la presión del impulsor (10);
- solidificación y enfriamiento del material en la hilera, retirada del lado móvil del semimolde (1) del dispositivos de inyección de la parte fija del semimolde (3). Por lo tanto, la hilera está abierta y después de la acción del sistema de rechazo, se retira la pieza prevista (11) de la hilera.

El procedimiento de inyección depende de los parámetros de trabajo correctos de la máquina de inyección en

conformidad con las materias primas que se usan.

5 El fundido de material termoplástico (plásticos) se hace transfiriendo el calor de la pared de cilindro calentado al material sometido a la inyección, y convirtiendo la energía mecánica en calor por rozamiento. Cuanto más alta es la temperatura del material plástico (material termoplástico) mayor es su fluidez, y más fácil el llenado de la hilera y se reduce el tiempo de inyección. La temperatura de la hilera es el parámetro principal de la etapa de enfriamiento/solidificación de la pieza.

10 La presión en la hilera y la temperatura del material cuando se sellan se determinan por la temperatura en la hilera. Cuanto menor es la temperatura en la hilera, el sellado del material se produce a temperatura y presión mayores. Por lo tanto, la presión recomendada será mayor y por lo tanto, una temperatura menor de la hilera compensará parcialmente el efecto de la dilatación térmica.

El procedimiento completo tiene lugar a través de las siguientes etapas:

- plastificación
- llenado de la hilera
- compactación
- 15 - enfriamiento y separación

20 La plastificación de los plásticos triturados (polímeros termodinámicos) en estado fundido se lleva a cabo calentando a temperaturas altas (temperaturas de fusión). La plastificación se hace transfiriendo calor desde la pared del cilindro de la máquina de inyección de plástico, así como a través del calor de rozamiento desde el interior del material. La cizalladura del conducto del tornillo produce tanto calentamiento intenso como mezclamiento del material sometido a plastificación. Esto aumenta la eficacia de la transferencia de calor desde la pared del cilindro a la masa, mediante convección forzada. El objetivo de la plastificación es proporcionar un fundido reológica y térmicamente homogéneo, de una viscosidad suficientemente baja para permitir la transferencia de presión y el fenómeno de flujo. Debido al rozamiento con la pared del cilindro, se previene que el material plástico situado en el conducto del tornillo forme parte de la rotación del tornillo y por lo tanto se mueva axialmente hacia la parte superior del tornillo. Cuanto más fuerte es el frenado del movimiento axial del material, más intensa es la cizalladura del material entre las dos capas marginales, que se considera que se adhieren a la pared del cilindro y la parte inferior del canal del tornillo, respectivamente. Aunque en la zona de alimentación los gránulos entran en el conducto del tornillo, se acumula el material fundido en el extremo superior del tornillo. El llenado progresivo del espacio de almacenamiento produce movimiento axial durante la rotación del tornillo. El ajuste hidráulico se hace de modo que el movimiento hacia atrás del tornillo solo está permitido después de superar una contrapresión ajustable llamada contrapresión de dosificación o contrapresión plastificante. La rotación del tornillo y por lo tanto el movimiento axial se detienen cuando se alcanza un interruptor de final de recorrido ajustable. El tornillo y el material plástico permanecen en un estado estacionario hasta que empieza el movimiento axial del tornillo para el siguiente ciclo de llenado de la hilera. Durante el tiempo estacionario, el material plástico en el espacio de almacenamiento y el conducto del tornillo están bajo transferencia de calor continua con la pared del cilindro. Si la capacidad plastificante de una máquina de inyección es demasiado pequeña y la fase de laminado es demasiado corta, puede haber un fundido heterogéneo o incompleto de los gránulos. La elección del punto de funcionamiento en términos de laminación, significa adaptar los parámetros de plastificación a las necesidades de viscosidad baja y homogeneidad correspondientes, sin superar el tiempo de rotación máximo permitido para reducir el periodo de tiempo del ciclo de inyección a un mínimo.

40 Cuando se llena la hilera, el material plástico entra en la cavidad de la hilera y el avance del frente del flujo de material tiene una forma de parábola. Las partes exteriores del material plástico fundido (material termoplástico) en contacto con las paredes frías de la hilera, solidifican en la hilera formando así una capa aislante marginal. El canal de flujo del material bajo presión, no se forma por la propia hilera, sino por la capa marginal endurecida. La capa, como efecto de la temperatura de la pared de la hilera, tiene una velocidad de cizalladura que es menor que la capa interior que tiene mayores velocidades de cizalladura. Por lo tanto, entre las capas interior y exterior hay diferentes velocidades de deformación que producen un frente como una parábola (efecto fuente). La capa marginal en la hilera es más espesa en el punto de observación ya que la ganancia de calor es menor, respectivamente ya que el calor que proviene de la cizalladura es menor. Puesto que el flujo de fundido pierde parte del calor por el camino del flujo, en los puntos que están más distantes del soporte de inyección, la entrada de calor por unidad de tiempo es menor y la capa marginal más espesa de lo que es más cerca del soporte de inyección. Para la solidificación del material fundido el trayecto no es crítico, en cambio el tiempo es vital; de modo que un aumento del espesor de la capa marginal que está alejada del soporte, ralentiza el flujo. En las piezas moldeadas de pared muy fina hay un aumento significativo de la resistencia al llenado de la hilera para el llenado a baja velocidad. Para un buen flujo del material termoplástico a través de canales pequeños de la red y llenado de la cavidad de la hilera tan pronto como sea posible, es necesario aumentar la presión de inyección. La viscosidad aumenta con la presión creciente, lo que disminuye la tasa de deformación. Debido a la mayor viscosidad que previene el flujo turbulento, el material fundido tiene un flujo laminar para presiones altas también. El llenado de la hilera requiere solo 5% del tiempo del ciclo de inyección. Para lograr un llenado suave de la hilera, la máquina de inyección debe cumplir los siguientes requisitos:

- usar la capacidad hidráulica y control completos;

- debido a la especificidad y características no estacionarias del proceso de flujo, la velocidad del tornillo aumentaba al inicio de la alimentación desde cero hasta una velocidad final ya que tiene que volver a 0 en el momento en el que el frente de flujo alcance el extremo de la trayectoria del flujo;

5 - la presión alta del fundido en la cabeza del tornillo, necesaria para el proceso de flujo, puede no comportarse como presión estática interna después de completarse el llenado de la hilera, porque produciría una sobrecarga o una suprainyección de la pieza;

10 - cuanto menor es la velocidad de inyección, menor es la eficacia de transporte del tornillo (flujo inverso en el canal del fundido, pérdida por los laterales). Por lo tanto, para una pieza dada, cada velocidad de inyección requiere el ajuste de la carrera del tornillo de dosificación.

Las propiedades de llenado de la hilera determinan las características de la pieza hecha del material compuesto de acuerdo con la invención, como sigue:

- determinan la orientación macromolecular;

- determinan la temperatura del fundido, en especial en zonas que están lejos del sitio de inyección;

15 - determinan indirectamente la compactación y las características de la pieza, debido al efecto de compactación que es incluso más fuerte cuando el tiempo de llenado de la hilera es más corto.

Después de la etapa de llenado de la hilera, el material fundido debe compactarse, porque los materiales termoplásticos tienen un volumen específicamente significativamente menor a la temperatura de procesamiento que a temperatura ambiente. Si la inyección tuviera lugar sin compactación, el volumen de la pieza enfriada sería diferente del de la cavidad de la hilera. La contracción dependiendo de la configuración de la pieza y del procedimiento de enfriamiento crearía objetivos en la pieza. Estos se contrarrestan por compactación del fundido. La etapa de compactación se optimiza debido al hecho de que todos los materiales plásticos tienen alta compresibilidad.

25 Para la inyección del material de cola/amortiguación, con el fin de lograr el proceso de compactación, el recorrido del pistón del tornillo de dosificación se ajusta de modo que no todo el material dosificado sea empujado en la hilera en el punto de cierre, sino que quede un resto llamado material de cola/amortiguación. De lo contrario, debido a las fluctuaciones, la punta del tornillo llega a su posición final antes del final del punto de cierre, terminando de forma prematura la compensación de la contracción de la pieza.

30 Alternativamente, para la inyección sin cola/amortiguación de material, la presión dentro de la hilera a volumen constante se logra mediante el tornillo de pistón, colocado durante todo el periodo de la siguiente presión, en la posición final del camino de inyección. Para esto es necesario limitar la dosificación y lograr la presión hidráulica máxima de la máquina de inyección. La presión hidráulica durante el procedimiento es responsable de mantener la posición límite del pistón del tornillo en el punto de cierre, es decir, para prevenir un retorno del fundido en la hilera.

35 En enfriamiento y separación requieren refrigeración de la pieza inyectada a la máxima temperatura del material plástico (durante el llenado de la hilera), a temperatura ambiente, debido a la conductividad del material termoplástico, un tiempo relativamente largo. Después de abrir la hilera, el procedimiento de enfriamiento continúa fuera de la hilera. El tiempo de enfriamiento característico para el procedimiento de enfriamiento es la parte más larga del tiempo del ciclo de inyección, representando aproximadamente 68% del periodo total del ciclo. Con el fin de lograr un ciclo corto, de productividad alta, deben tomarse medidas para reducir el tiempo de enfriamiento.

40 Como etapa del procedimiento, se considera que el enfriamiento es el periodo del procedimiento que tiene lugar en la hilera.

En el procedimiento de fabricación es importante seguir los siguientes aspectos:

- uniformidad de los gránulos

45 - el contenido de humedad en los gránulos, el material compuesto granular puede absorber más o menos humedad dependiendo del material usado como soporte (PVC, PP, PE o PET), así como de la proporción del asbesto-cemento triturado del producto. La absorción de agua influye en la trabajabilidad del material, inconveniente resuelto por el operador procesando los gránulos antes de enviarlos a la inyección, en secadoras durante periodos de tiempo y temperatura prescritos para cada tipo de material;

50 - la estabilidad térmica y química - durante el procesamiento en el tambor y la hilera de inyección de la máquina, el material plástico se somete a altas presiones y temperaturas, a lo largo de un periodo de tiempo más largo, cuando no debe degradarse o descomponerse térmicamente. Además, los agentes químicos en el entorno o en el funcionamiento (ácidos, bases, disolventes, adhesivos, pinturas) atacan los materiales plásticos de acuerdo con un proceso de degradación irreversible.

Otras características y ventajas de la invención se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción que muestra realizaciones preferidas de la invención, dadas a modo de ejemplo, y sin ninguna limitación de la invención.

La figura 1 muestra la fotomicrografía de SEM de trozos de material compuesto, de matriz de PVC y 20% de carga de asbesto-cemento PVC-A20: (a). 250x, (b).1250 x (c). 5000x.

5 La figura 2 muestra los diagramas de espectros de muestras de material compuesto frente a diagramas de espectros del control.

La figura 3 muestra el esquema de la máquina de moldeo por inyección.

Se dan a continuación varios ejemplos para ilustrar la invención.

Ejemplo 1 (solo el ejemplo con PET está dentro del alcance de la invención)

10 Preparación de un material compuesto que tiene matriz de polímero termoplástico (plásticos) y carga de asbesto-cemento, en donde las fibras de asbesto se sellan en la matriz plástica:

Para obtener dichos materiales compuestos, se usaron las siguientes materias primas:

- plásticos residuales: PVC, PP, PE o PET. El material plástico se procesó previamente por métodos convencionales de reciclado de plásticos, y está en forma de gránulos de tamaño de partículas de 200-300 micrómetros.

15 - residuos de asbesto-cemento triturados. Bloques de asbesto-cemento se trituraron en molinos de bolas, de acuerdo con las normas para la manipulación de residuos peligrosos. Dependiendo del tiempo de trituración (4 h, 16 h, 32 h, etc.) se obtuvieron muestras de asbesto-cemento triturado que tenían un tamaño de partículas comprendido en el intervalo de 0,2 micrómetros a 0,4 mm.

20 A. Determinación del tamaño de partículas del asbesto-cemento triturado para obtener una pieza terminada por extrusión.

Materias primas usadas para obtener materiales compuestos: PVC y asbesto-cemento triturado.

25 Procesado: Se mezclaron consecutivamente los gránulos de PVC, con el 10-30% en peso de asbesto-cemento triturado a un tamaño de partículas de entre 2 micrómetros y 0,4 milímetros, como se ha mencionado antes, de acuerdo con los tiempos de trituración. La mezcla se lleva a la temperatura de fusión del material plástico y se lleva a cabo la homogeneización de la mezcla fundida. El material fundido se vierte en la hilera y el fundido se enfría. La mezcla obtenida se somete a un procedimiento de extrusión para obtener una muestra.

Las mezclas que contienen de 10 a 30% de asbesto-cemento triturado de tamaño de partículas superior a 5 micrómetros no se pueden procesar por extrusión porque generan un aumento repentino de la presión en el fundido.

30 B. Ensayo de las propiedades mecánicas del material compuesto de acuerdo con la cantidad de asbesto-cemento triturado que tiene un tamaño de partículas de 2-5 micrómetros, en la matriz de material plástico (polímero).

Mediante extrusión de un material compuesto hecho de matriz de material plástico y la carga de asbesto-cemento triturado a un tamaño de partículas de 2-5 micrómetros, se obtuvo una muestra de 125 x 12,5 x 3 mm de tamaño.

Las características de la resistencia a la tracción de muestras hechas de matriz de PVC usando diferentes cantidades de asbesto-cemento triturado se muestran en la siguiente tabla:

35 Tabla 1

Matriz de polímero: PVC	Carga: asbesto-cemento (% en peso), tamaño de partículas 2-5 µm	Fuerza media [N]	Alargamiento medio [mm]	Deformación específica media [%]
Muestra 1	10	662,50	14,4	20,5
Muestra 2	20	460,00	5,29	7,55
Muestra 3	30	346,63	3,23	4,62

40 Se encuentra que el material compuesto que tiene buenas propiedades mecánicas es el que comprende la proporción óptima de asbesto-cemento reciclado en la matriz de polímero que es de hasta 20% en peso, preferiblemente 12-20%. Siendo el objetivo de la invención reciclar una cantidad mayor de asbesto-cemento, resulta que el material compuesto que contiene una proporción de 20% en peso de asbesto-cemento es el más preferido. El material compuesto que contiene más de 20% de asbesto-cemento triturado, aunque incorpora más asbesto-cemento, tiene las características de estiramiento y deformación específicas peores.

La mejora de las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la tracción) de la pieza acabada que contiene asbesto-cemento se puede hacer añadiendo asbesto tal como fibra de crisotilo, logrando lo siguiente: morfología de fibra, resistencia a la tracción alta, resistencia al calor y la corrosión, conductividad eléctrica baja, coeficiente de rozamiento alto. La adición de alúmina  $Al_2O_3$  como óxido estable y duro también conduce a propiedades físicas mejoradas de la pieza acabada obtenida.

5

C. Ensayos para probar el efecto de sellado inesperado del asbesto

Estos ensayos se hicieron en muestras de material compuesto de contenido óptimo de 20% de asbesto-cemento que tiene el tamaño de partículas en el intervalo de 2-5  $\mu m$ . La capacidad de sellar el asbesto se ensayó sometiendo la muestra de material compuesto a los siguientes ensayos:

10 1. Procesado mecánico: Se llevó a cabo el maquinado de la muestra. Se verificó si después del procesado mecánico se podía identificar una separación de formaciones de fibras de asbestos de la muestra de material compuesto. Se estableció por microscopía que las fibras de asbestos en la muestra están selladas por la matriz de plástico. Las microfotografías se muestran en la figura 1, SEM (microscopía electrónica de barrido) de los fragmentos de material compuesto de acuerdo con la invención (matriz de PVC cargada con 20% de asbesto-cemento, PVC-A20). En la superficie no se observaron fibras de asbesto libres.

15

2. Ensayo de desgaste por erosión:

Ensayo de desgaste por erosión - contacto en un punto.

Para estudiar el comportamiento frente al desgaste por erosión del material compuesto de acuerdo con la invención frente a material plástico sin carga de asbesto-cemento, se prepararon 6 muestras:

20 - 3 muestras de control: PVC, PP y PET;

- 3 muestras de material compuesto (matriz de PVC, PP y PET cargada con 20% de asbesto-cemento con tamaño de partículas en el intervalo de 2-5 micrómetros); se llevó a cabo el ensayo de abrasión en las muestras usando una bola de acero que se desliza sobre la muestra. En el área de contacto se aplica una pasta de SiC. Después de 1 hora se mide el acero desgastado. El material residual y el SiC se recogen y se analiza la presencia de asbesto en la cantidad de material erosionado.

25

Los parámetros de ensayo medidos se muestran en la siguiente tabla 2:

Tabla 2

Muestra	Diámetro de la mancha de desgaste [mm $10^{-3}$ ]	Volumen de material residual [mm <sup>3</sup> ]	Tiempo de erosión para 10 mm <sup>3</sup> de material (horas)	Intensidad de energía del desgaste (MATCHAD14) [mm <sup>3</sup> /J]
PVC control	2,85	0,256	5,770 x10 <sup>3</sup>	330 746
Material compuesto (PVC + 20% de asbesto-cemento PVC-A20)	3,45	0,551	2,684 x10 <sup>3</sup>	711 624
PP control	4,85	2,165	0,683 x10 <sup>3</sup>	2,796 x10 <sup>3</sup>
Material compuesto (PP + 20% de asbesto-cemento PP-A20)	4,03	1,028	1,438 x10 <sup>3</sup>	1,328 x 10 <sup>3</sup>
PET control	3,56	0,625	2,360 x10 <sup>3</sup>	807,42
Material compuesto (PET + 20% de asbesto-cemento PET-A20)	3,75	0,77	1,920 x10 <sup>3</sup>	994,47

30 A partir de los datos mostrados en la tabla 2, se puede concluir que algunos materiales compuestos tienen mejor resistencia a la abrasión que el control. Se observa en particular que en el material compuesto de matriz de PP el tiempo de erosión es sustancialmente mayor frente al control.

Se llevó a cabo el análisis de espectros de FT-IR para el material recogido de acuerdo con la invención, de cada muestra sometida al ensayo de desgaste por abrasión, comparado con la muestra de control. Los diagramas de los espectros de las muestras de material compuesto pusieron de manifiesto la ausencia de bandas características del

asbesto (crisotilo o anfíbol). La figura 2 muestra los espectros que eran la base para la comparación.

Ensayo de desgaste por erosión - contacto lineal

Se usó la máquina clásica Amsler de ensayo de desgaste de materiales. El material abrasivo usado era SiC. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

5 Tabla 3

Muestra	Anchura media de la mancha de contacto [m]	Volumen del segmento de cilindro de desgaste [mm <sup>3</sup> ]	Tiempo de erosión necesario para 10 mm <sup>3</sup> de material (h)	Intensidad de energía del desgaste (I <sub>ue</sub> ) [mm <sup>3</sup> /J]
PVC control	11,57 x10 <sup>-3</sup>	37 183	4,720 x10 <sup>3</sup>	404,669
Material compuesto PVC + 20% de asbesto-cemento	19,97 x10 <sup>-3</sup>	194,463	0,902 x10 <sup>3</sup>	2,116 x10 <sup>3</sup>
PP control	15,61 x10 <sup>-3</sup>	91,953	1,908 x10 <sup>3</sup>	1,001 x10 <sup>3</sup>
Material compuesto PP + 20% de asbesto-cemento	15,90 x10 <sup>-3</sup>	97,23	1,805 x10 <sup>3</sup>	1,052 x10 <sup>3</sup>
PET control	10,65	28,963	6,059 x10 <sup>3</sup>	315,206
Material compuesto PET + 20% de asbesto-cemento	8,36 x10 <sup>-3</sup>	13,972	12,560 x10 <sup>3</sup>	152052

La intensidad de la energía de desgaste (I<sub>ue</sub>) es una característica mecánica específica para los contactos de punto/lineal del material.

Conociendo la (I<sub>ue</sub>) se puede determinar el tiempo de erosión necesario de 10 mm<sup>3</sup> de material.

- 10 También a partir de la tabla 3 se puede concluir que la resistencia a la abrasión de los materiales compuestos es mejor que la del control. Se observa que durante la erosión del material compuesto de matriz de PET, se muestra un aumento inesperado frente al control de PET o frente a otras muestras ensayadas.

Los tiempos necesarios para la erosión en condiciones ambientales naturales se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Muestra de material plástico/ matriz de material plástico + 20% de asbesto-cemento	Tiempo de erosión necesario 10 mm <sup>3</sup> [horas]		Tiempo de erosión necesario en condiciones ambientales naturales: viento, polvo [años]
	Contacto de punto	Contacto lineal	
PVC	5,770 x10 <sup>3</sup>	4,72 x10 <sup>3</sup>	26,938
Material compuesto: PVC + 20% de asbesto-cemento	2,683 x10 <sup>3</sup>	0,902 x10 <sup>3</sup>	5,151
PP	0,683 x10 <sup>3</sup>	1,908 x10 <sup>3</sup>	10,893
Material compuesto : PP + 20% de asbesto-cemento	1,438 x10 <sup>3</sup>	1,805 x10 <sup>3</sup>	10,302
PET	2,360 x10 <sup>3</sup>	6,059 x10 <sup>3</sup>	34,584
Material compuesto: PET + 20% de asbesto-cemento	1,92 x10 <sup>3</sup>	12,56 x10 <sup>3</sup>	71,693

5 El ensayo para las condiciones ambientales naturales indicaba que la erosión causada por el medio ambiente en un material compuesto de acuerdo con la invención puede ocurrir en 5 a 71 años dependiendo del tipo de matriz de plástico usada. Se ha encontrado que para un material compuesto que comprende matriz de PET y carga de asbesto-cemento, el tiempo de erosión en condiciones ambientales naturales se duplica.

3. Detección de fibras de asbesto liberadas al aire después del ensayo de erosión, en condiciones ambientales naturales

10 La muestra de material compuesto se sometió a un ensayo que simula el entorno de erosión natural tal como viento, lluvia y abrasión por polvo. Las determinaciones se hicieron sometiendo las muestras de material compuesto a temperaturas de 45°C durante 6 horas/día. Las muestras de aire se recogieron a una velocidad de 2,5 litros/minuto en filtros de éster de celulosa, con diámetro de poros de 8,8 micrómetros, siendo el volumen de aire recogido de 1475-2810 litros. Las muestras de material compuesto se sumergieron en agua a temperatura ambiente durante 23 días. El agua se evaporó hasta sequedad, dando como resultado un residuo seco. El análisis por espectroscopía de infrarrojo de los filtros de aire y del residuo no mostró fibras de asbesto presentes en la muestra analizada.

15 Ejemplo 2 (solo el ejemplo con PET está dentro del alcance de la invención)

Procedimiento para hacer una pieza de material compuesto.

20 El procedimiento de inyección del material compuesto de 20% de asbesto-cemento se llevó a cabo usando una máquina de inyección horizontal de tipo Arburg 320 K, y un secador de grano Moretto. El tamaño de la pieza moldeada era 87x20x24 mm, y el peso de la pieza inyectada de 0,030 kg para una hilera de 2 cavidades. Los materiales usados para inyección eran: PVC y PET. Se hizo una pieza con cada material y dos piezas de material compuesto que contenía 20% de asbesto de acuerdo con la invención con matriz de PVC y PET, respectivamente. Los parámetros técnicos del procedimiento llevado a cabo por inyección se muestran en la tabla 5:

Tabla 5

Tipo de máquina de inyección	Arburg 320 K	Arburg 320 K	Arburg 320 K	Arburg 320 K
Tiempo del ciclo de inyección (s)	45	45	45	45
Nº de cavidades de la hilera	2	2	2	2
Peso de la pieza (kg)	0,03	0,03	0,03	0,03
Materias primas	Gránulos de PVC residual	PVC residual + asbesto-cemento (20%)	Gránulos de PET residual	PET residual + asbesto-cemento (20%)
Temperatura del cilindro - área 1 (°C)	170	180	275	265
Temperatura del cilindro - área 2 (°C)	175	190	280	260
Temperatura del cilindro - área 3 (°C)	180	190	280	260
Temperatura del cilindro - área 4 (°C)	185	195	280	250
Temperatura del cilindro - área 5 (°C)	185	200	275	240
Presión de inyección (bar)	2500	2490	2490	2490

Tipo de máquina de inyección	Arburg 320 K	Arburg 320 K	Arburg 320 K	Arburg 320 K
Velocidad de inyección (mm/s)	25	45	38	38
Presión de mantenimiento (bar)	800	800/600	800/600	800/600
Tiempo de enfriamiento (s)	130	130	100	100

Se obtuvieron muestras de diferentes tamaños con estructura homogénea, de características similares al polímero con asbesto-cemento insertado.

5 El material compuesto tenía alta resistencia a los agentes térmicos y químicos. Tiene propiedades de aislamiento acústico y tenía conductividad térmica y eléctrica baja. Es químicamente estable debido a su matriz plástica, siendo un material ecológico.

10 El material compuesto de acuerdo con la invención se puede usar en la industria para la fabricación de señales de tráfico del tipo postes verticales. El tratamiento del material compuesto con diferentes adhesivos puede conducir a la producción de aglutinantes usados en construcción e ingeniería civil: tejas decorativas para edificios, espaciadores para carreteras, etc. Este material compuesto puede sustituir al acero, compitiendo así con el aluminio, porque es una combinación de material plástico de peso ligero (PVC, polipropileno o polietileno) y resistencia, rigidez específica del acero y aluminio, respectivamente. Por lo tanto, de esta forma se puede obtener una reducción de peso de 50%, para un aumento de espesor de 10% del laminado.

15 Por lo tanto, el material así obtenido tiene buenas propiedades de corrosión y aislamiento térmico, resistencia al calor, productos químicos y de petróleo. La producción de piezas de material compuesto puede ser 2-3 veces más barato que de acero. Analizando las implicaciones de sustituir metales por dichos materiales, debe indicarse que la ventaja no es solo el peso reducido, sino también un funcionamiento igual o superior. El material compuesto de acuerdo con la invención, se puede usar en la fabricación de muchas piezas de peso bajo, piezas específicas del motor, así como de la transmisión y suspensión de vehículos. Para algunos elementos estructurales de los vehículos hay laminados mixtos adecuados de materiales de metal-plástico llamados "sándwich" (una o múltiples capas). En este sector de la ingeniería, el uso del material compuesto, el propio material compuesto proporciona tanto una reducción significativa del coste como aspectos medioambientales importantes y obvios.

20 Mediante la aplicación de la presente invención, se logra un circuito económico de residuos y se resuelven problemas de almacenamiento, por lo tanto el impacto positivo en el medio ambiente es notable.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Material compuesto que comprende: una matriz de plásticos y una carga, caracterizado por que
- 5 - la carga es asbesto-cemento triturado, preferiblemente residuos de asbesto-cemento triturado, en una proporción de hasta 20% en peso, preferiblemente entre 12 y 20% en peso basado en la cantidad total de material compuesto, que tiene un tamaño de partículas entre 2 micrómetros y 0,4 mm, y
- el material plástico es residuos de PET.
- 2.- Material compuesto según la reivindicación 1, en el que el asbesto-cemento triturado tiene un tamaño de partículas entre 2-5 micrómetros.
- 10 3.- Material compuesto según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la proporción de asbesto-cemento triturado es de 20% en peso.
- 4.- Material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que incluye también asbesto, preferiblemente crisotilo.
- 5.- Material compuesto según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende también alúmina  $Al_2O_3$ .
- 15 6.- Composición que comprende el material compuesto de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, y uno o más adhesivos.
- 7.- Uso de material plástico PET para neutralizar asbesto-cemento o residuos de asbesto-cemento.
- 8.- Método para reciclar asbesto-cemento o residuos de asbesto-cemento, que consiste en insertar el asbesto-cemento en una matriz plástica hecha de un material plástico que es PET.

Figura 1

Fotomicrografía SEM de trozos de material compuesto PVC-A20: (a). 250x, (b).1250 x (c). 5000x.

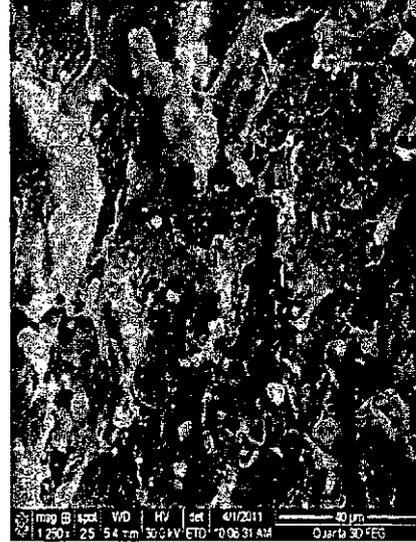


Figura 2

Diagramas de espectros de muestras de material compuesto frente a diagramas de espectros del control.

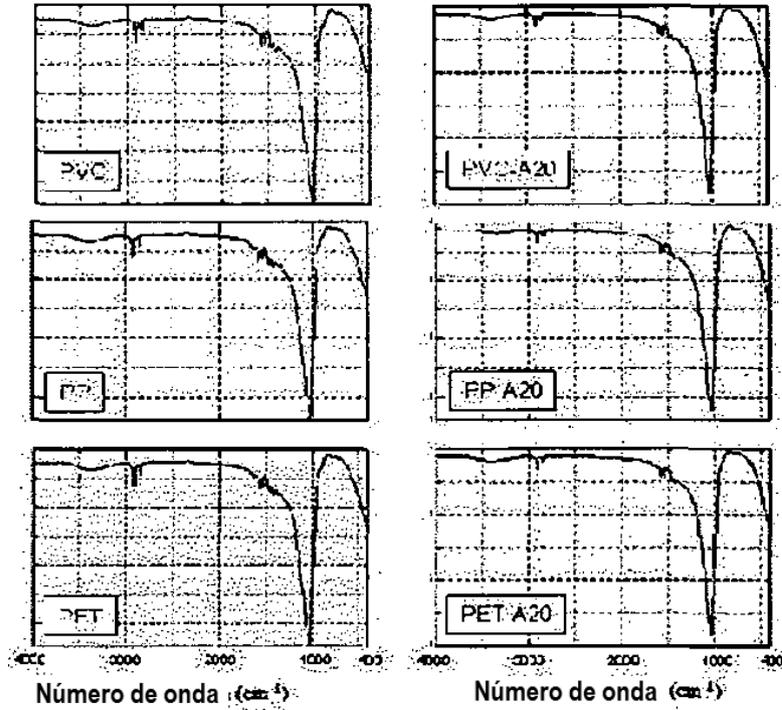


Figura 3

Esquema de la máquina de moldeo por inyección.

