

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 010**

51 Int. Cl.:

C03B 1/00 (2006.01)
C03C 1/00 (2006.01)
C03C 1/02 (2006.01)
C03C 6/02 (2006.01)
C03B 3/00 (2006.01)
C03C 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2021** **PCT/FR2021/051638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022** **WO22064150**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2021** **E 21798411 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025** **EP 4185557**

54 Título: **Preparación de una composición de materias primas**

30 Prioridad:

23.09.2020 FR 2009691

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
14.05.2025

73 Titular/es:

SAINT-GOBAIN ISOVER (100.00%)
Tour Saint-Gobain, 12 Place de l'Iris
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

DUPEUX, GUILLAUME;
MARTIN, ALEXANDRE y
BARBA ROSSA, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 018 010 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

Preparación de una composición de materias primas

La presente invención se refiere a un método para la preparación de una composición de materia prima adecuada para la cocción en un horno de vidrio. La invención también se refiere a la composición de materia prima así obtenida, así como a un método para la fusión de esta composición. Finalmente, la invención se refiere a un método para la producción de vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil y/o vidrio plano, o vidrio hueco (frascos, matraces, etc.) o que sigue dicho método de fusión.

Más particularmente, una composición de materia prima según la invención se obtiene a partir de una mezcla de lana mineral. En el sentido de la invención, una mezcla de lana mineral de este tipo comprende uno o más tipos de fibras minerales que se originan en la producción de dichas fibras (residuos de fábrica), en sitios de construcción (residuos de sitios de construcción o residuos de sitios de demolición) y/o en canales de reciclado que permiten la recuperación de tales fibras de los productos finales, se hayan usado o no. De hecho, las diversas etapas de producción de lana mineral generan una cierta cantidad de residuos que entran en la composición de dicha mezcla de lana mineral. Estos residuos pueden provenir del corte de productos (y/o productos desechados), por ejemplo, y entonces contener grandes cantidades de materiales orgánicos, tales como resinas denominadas “aglutinantes” y destinadas a garantizar la cohesión mecánica de las esteras fibrosas. Se pueden combinar otros tipos de materiales con fibras minerales, por ejemplo, películas de papel, aluminio o bituminosas, o piezas de palés de madera. Tales fibras minerales pueden consistir, en particular, en vidrio y/o roca. Se conocen entonces como lana de vidrio y lana de roca, respectivamente. Estas fibras minerales usualmente se combinan con aglutinantes orgánicos y otros materiales metálicos y/u orgánicos.

En este contexto, y como se describe en el texto de la patente EP1771391B1, se conoce como “reciclar” una mezcla de lana mineral de este tipo fundirla en un horno de vidrio, para producir vidrio de desecho o, en otras palabras, un material mineral adecuado para usar como materia prima vitrificable en un proceso de fusión de vidrio posterior. Entre las muchas ventajas de un reciclado de residuos de lana mineral de este tipo está la mejora de la eficiencia energética del horno de vidrio, ya que la mezcla de lana mineral recolectada y/o el vidrio de desecho resultante de su fusión son más fáciles de fundir que una composición de materia prima “convencional” que comprende, entre otras cosas, grandes cantidades de sílice.

A pesar de estas ventajas, los inventores han descubierto que, en la práctica, una mezcla de lana mineral de este tipo ocupa un volumen considerable cuando se introduce en el horno, por ejemplo, mediante un alimentador de tornillo. Con un volumen de alimentación constante, en comparación con una composición de materia prima denominada “tradicional”, el uso de una composición de materia prima que consiste en una mezcla de lana mineral de este tipo tiende a reducir significativamente la masa de materia prima introducida en el horno por unidad de tiempo. En otras palabras, el uso de una mezcla de lana mineral de este tipo como materia prima reduce por tanto la velocidad de alimentación del horno y, por lo tanto, la eficiencia del mismo, lo que, en un contexto industrial, puede resultar un inconveniente prohibitivo.

Una solución natural a este problema técnico es aumentar la capacidad de los medios de alimentación de la materia prima, por ejemplo, mediante el uso de un alimentador de tornillo más grande. Sin embargo, esta solución no está exenta de inconvenientes, ya que implica una modificación estructural del alimentador y, más generalmente, hace que su tamaño dependa de la naturaleza de la composición que se está alimentando.

La invención reivindicada está destinada a proporcionar una solución técnica a los inconvenientes descritos anteriormente. Más particularmente, en al menos una realización, la técnica propuesta se refiere a un método para la preparación de una composición de materia prima adaptada para ser introducida en la cámara de fusión de una instalación adaptada para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco según la reivindicación 1, estando caracterizado dicho método por que comprende al menos una etapa de trituración de una mezcla de lana mineral adaptada para entrar en la composición de la materia prima, de tal manera que la mezcla granular obtenida después de la trituración tiene una densidad aparente mayor o igual a 30 kg/m³.

La patente US4678493 y la solicitud WO2006040135 describen procesos que implican la trituración de fibras minerales, pero no mencionan ninguna información sobre la densidad aparente del material triturado.

En toda la descripción, el término “densidad aparente” se refiere a la masa de la mezcla molida por unidad de volumen total, que incluye los espacios intersticiales que separan los agregados (granos) que componen esta mezcla. Para los fines de la invención, esta densidad aparente se mide según un procedimiento descrito en la descripción, o mediante cualquier procedimiento que permita obtener resultados equivalentes.

La mezcla de lana mineral que se tritura comprende uno o más tipos de fibras minerales que originan en la producción de dichas fibras, en obras de construcción (construcción o demolición) y/o en canales de reciclado que permiten la recuperación de tales fibras de los productos finales, se hayan usado o no. Tales fibras minerales pueden consistir, en particular, en vidrio y/o roca. Se conocen entonces como lana de vidrio y lana de roca, respectivamente.

- Un método de preparación según la invención permite aumentar la densidad aparente de la mezcla de lana mineral mediante trituración y, por lo tanto, obtener una mezcla granular que se puede cocer en un horno de vidrio denominado “tradicional” a una velocidad de alimentación satisfactoria. Como se detalla en la descripción, el uso de una mezcla granular de este tipo hace posible, en particular, en condiciones de alimentación estándar por debajo del nivel de la masa fundida de vidrio, alcanzar valores de velocidad de alimentación iguales o superiores a 5 toneladas por día. La elección de un valor mínimo de densidad aparente de este tipo tiene en cuenta, en particular, la diferencia observada empíricamente entre el valor teórico de la velocidad de alimentación y el valor real de dicha velocidad medida en condiciones de funcionamiento estándar.
- Según una realización particular, la mezcla granular obtenida tiene una densidad aparente mayor o igual a 50 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 70 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 90 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 100 kg/m³.
- El aumento de la densidad aparente de la mezcla granular aumenta la velocidad de alimentación del horno y, por lo tanto, la productividad del horno.
- La mezcla granular obtenida después de la trituración tiene una densidad aparente inferior o igual a 500 kg/m³.
- Como se detalla en la descripción, la implementación de una campaña de pruebas de fusión en un horno de quemador sumergido reveló que, por encima de un cierto valor de densidad aparente, parte de la composición de materia prima introducida tiende, debido a su alta volatilidad, a ser expulsada con los gases de escape, lo que complica el trabajo de tratamiento de esos gases, reduce la productividad del horno y, por consiguiente, representa un importante inconveniente industrial. A este respecto, y como se detalla en la descripción, el uso de una mezcla granular con una densidad aparente inferior o igual a 500 kg/m³ permite mantener una velocidad de pérdida de gases de escape de la mezcla granular aceptable, ya que el porcentaje es inferior al 3 %.
- Según una realización particular, la mezcla granular obtenida tiene una densidad aparente inferior o igual a 400 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 300 kg/m³, más preferiblemente inferior o igual a 220 kg/m³.
- La limitación de la densidad aparente de la mezcla granular permite reducir el porcentaje de pérdida de gases de escape de las materias primas, facilitando por lo tanto el tratamiento de los gases de escape.
- Según una realización particular, la proporción en masa de dicha mezcla granular con respecto a la masa total de dicha composición de materia prima es mayor o igual al 5 %, preferiblemente mayor o igual al 20 %, preferiblemente mayor o igual al 40 %, preferiblemente mayor o igual al 60 %, preferiblemente mayor o igual al 70 %, preferiblemente mayor o igual al 80 %, preferiblemente mayor o igual al 90 %, preferiblemente mayor o igual al 95 %, preferiblemente mayor o igual al 99 %.
- Según una realización particular, el método de preparación comprende una etapa de añadir el material de vidrio de desecho a dicha mezcla granular, siendo la masa del vidrio de desecho mayor o igual al 1 % de la masa total de la mezcla granular.
- Los inventores han observado que la adición de vidrio de desecho a la mezcla granular, es decir, después de la trituración, tiende a modificar su comportamiento reológico y, por lo tanto, a facilitar su transporte, en particular durante la alimentación de las materias primas. Esto se denomina “fluidización” de la mezcla granular. La proporción mínima del 1 % corresponde al umbral mínimo para notar este efecto de fluidización de la mezcla granular.
- La introducción de vidrio de desecho tiene la ventaja adicional de permitir su tratamiento para su uso posterior, por ejemplo, eliminando los compuestos químicos no deseables en un horno de quemador sumergido.
- Según una realización particular, la masa de vidrio de desecho es inferior o igual al 20 % de la masa total de la mezcla granular.
- Como el vidrio de desecho se produce en sí mismo fundiendo materias primas, con un coste energético significativo, la adición y, por lo tanto, la fusión del vidrio de desecho en proporciones superiores al 20 % de la masa total de la mezcla granular tendería a reducir la eficiencia energética del proceso en su conjunto en grados inaceptables.
- Según una realización particular, dicho vidrio de desecho añadido tiene una granularidad de entre 1 y 5 mm.
- En este texto, “granularidad” significa el tamaño del agregado como se determinó mediante tamizado. La elección de un intervalo de granularidad del vidrio de desecho de entre 1 y 10 mm optimiza la fluidización de la mezcla granular por parte del vidrio de desecho.
- Según una realización particular, el método de preparación comprende una etapa preliminar para determinar un valor de densidad aparente deseado de la mezcla granular triturada, en función de las características dimensionales de un alimentador que se va a usar y/o de un valor de velocidad de alimentación deseado.

- Mediante determinación previa y teniendo en cuenta posteriormente un valor de densidad deseado, el método de preparación de la composición de materia prima se puede ajustar para lograr una velocidad de alimentación objetivo, mediante el uso de un alimentador con características dimensionales conocidas.
- 5 Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral tiene un contenido de humedad superior al 1 % de la masa total de dicha mezcla.
- 10 Como se detalla en la descripción, una campaña de pruebas en una máquina trituradora ha confirmado que el aumento del contenido de humedad de la mezcla de lana mineral permite aumentar adicionalmente la densidad aparente de la mezcla granular obtenida después de la trituración, independientemente del suministro de masa vinculado a la adición de agua. De hecho, el agua actúa como aglutinante al crear puentes capilares entre las fibras, lo que permite que estas últimas se aglutinen mejor.
- 15 En una realización particular, el agua se suministra antes y/o durante la trituración, por ejemplo mediante atomización.
- Una ventaja adicional de la humidificación de la mezcla de lana mineral durante el proceso de trituración es que se reducen las emisiones de polvo.
- 20 Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral tiene un contenido de humedad superior al 2 %, preferiblemente superior al 3 %.
- 25 El aumento del contenido de humedad aumenta adicionalmente la densidad aparente de la mezcla granular. En el caso de transportar la mezcla granular en una cinta, un límite superior del 25 % corresponde al umbral por encima del cual la mezcla granular tiende a adherirse a la cinta transportadora y, por lo tanto, bloquearla y/o dañarla.
- Según una realización particular, el método de preparación usa al menos una trituradora equipada con un tamiz cuyo tamaño de malla es inferior a 20 mm.
- 30 La elección de un tamaño de malla de este tipo permite obtener una mezcla granular con una densidad aparente mayor o igual a 30 kg/m³.
- Según una realización particular, el tamaño de malla de dicho tamiz es inferior a 20 mm, preferiblemente inferior a 15 mm, preferiblemente inferior a 10 mm.
- 35 La elección de un tamaño de malla cada vez más pequeño conduce a una mezcla granular con una densidad cada vez mayor.
- 40 Según una realización particular, la trituradora está adaptada para girar a una velocidad superior a 150 rpm, preferiblemente superior a 175 rpm, más preferiblemente superior a 200 rpm.
- El rendimiento de la trituradora tiende a aumentar con la velocidad de rotación de su tambor.
- 45 Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral triturada comprende, excluyendo el encolado:
- SiO₂: del 30 al 75 % en peso,
- CaO+MgO: del 5 al 40 % en peso,
- 50 Al₂O₃: del 0 al 30 % en peso,
- Na₂O+K₂O: del 0 al 20 % en peso,
- Óxido de hierro: del 0 al 15 % en peso.
- 55 Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral molida consiste en una lana de roca (también denominada “vidrio negro” por el experto en la técnica) que comprende, excluyendo el encolado:
- SiO₂: del 30 al 50 % en peso,
- 60 Al₂O₃: del 10 al 22 % en peso,
- CaO+MgO: del 20 al 40 % en peso,
- 65 Óxido de hierro: del 3 al 15 % en peso,

ES 3 018 010 T3

Na₂O+K₂O: del 1 al 10 % en peso.

Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral triturada consiste en una lana de vidrio que comprende, excluyendo el encolado:

SiO₂: del 50 al 75 % en peso,

Al₂O₃: del 0 al 8 % en peso,

CaO+MgO: del 5 al 20 % en peso,

Óxido de hierro: del 0 al 3 % en peso,

Na₂O+K₂O: del 12 al 20 % en peso,

B₂O₃: del 2 al 10 % en peso.

Según una realización particular, dicha mezcla de lana mineral triturada comprende, excluyendo el encolado:

SiO₂: del 39 al 44 % en peso,

Al₂O₃: del 16 al 27 % en peso,

CaO: del 6 al 20 % en peso,

MgO: del 1 al 5 % en peso,

Na₂O: del 0 al 15 % en peso,

K₂O: del 0 al 15 % en peso,

Na₂O+K₂O: del 12 al 20 % en peso,

P₂O₅: del 0 al 3 % en peso,

Fe₂O₃: del 1,5 al 15 % en peso

B₂O₃: del 0 al 2 % en peso,

TiO₂: del 0 al 2 % en peso.

La invención también se refiere a una composición de materia prima adaptada para ser alimentada en la cámara de fusión de una instalación adaptada para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco según la reivindicación 7, obtenida preferiblemente mediante un método de preparación de este tipo, caracterizado por que comprende una mezcla granular cuya densidad aparente es mayor o igual a 30 kg/m³.

Según una realización particular, la mezcla granular tiene una densidad aparente mayor o igual a 50 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 70 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 90 kg/m³, preferiblemente mayor o igual a 110 kg/m³.

La mezcla granular tiene una densidad aparente inferior o igual a 500 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 400 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 300 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 200 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 160 kg/m³, preferiblemente inferior o igual a 140 kg/m³.

Según una realización particular, la composición de materia prima comprende al menos el 30 % en peso de la mezcla granular, preferiblemente al menos el 60 % en peso, aún con más preferencia al menos el 80 % en peso, aún con más preferencia al menos el 90 % en peso, aún con más preferencia al menos el 95 % en peso, aún con más preferencia al menos el 98 % en peso de la mezcla granular.

Según una realización particular, la composición de materia prima comprende una masa de vidrio de desecho de al menos el 1 % de la masa total de la mezcla granular.

Según una realización particular, la masa de vidrio de desecho es inferior o igual al 20 % de la masa total de la mezcla granular.

La invención también se refiere a un proceso para fundir una composición de materia prima de este tipo, para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil y/o vidrio plano/vidrio hueco.

5 Según una realización particular, dicha composición de materia prima se alimenta por medio de un husillo de alimentación, preferiblemente desde un silo amortiguador que contiene dicha composición de materia prima.

En comparación con un pistón, que funciona en ciclos de alimentación, un tornillo sin fin permite una alimentación continua, lo que es particularmente útil cuando se alimenta por debajo del nivel de la masa fundida de vidrio.

10 El uso de un silo amortiguador, preferiblemente equipado con una báscula en la salida, permite regular con precisión la masa que se alimenta en la máquina de alimentación.

15 Según una realización particular, dicha composición de materia prima se alimenta a una velocidad de alimentación mayor o igual a 5 toneladas por día.

Según una realización particular, dicha composición de materia prima se alimenta a una velocidad de alimentación mayor o igual a 7 toneladas por día, preferiblemente mayor o igual a 9 toneladas por día, preferiblemente mayor o igual a 10 toneladas por día.

20 El rendimiento total del horno aumenta con su velocidad de alimentación, de ahí el interés en aumentarlo. El uso de una composición de materia prima según una de las reivindicaciones 7 y 8 facilita la consecución de tales valores de velocidad de alimentación.

25 Según una realización particular, la densidad aparente de la mezcla granular se mide de forma periódica, manual y/o automática.

Según una realización particular, la densidad aparente de la mezcla granular se ajusta manual y/o automáticamente, dependiendo de las velocidades de alimentación deseadas.

30 Según una realización particular, dicha composición de materia prima se alimenta por debajo del nivel de la masa fundida de vidrio, y preferiblemente en el sentido de que dicho método de fusión emplea una cámara de fusión equipada con quemadores sumergidos.

35 En la descripción, los términos “vidrio líquido” y “masa fundida de vidrio” se refieren al producto de la fusión de estos materiales vitrificables introducidos en el horno de vidrio. Para los fines de la invención, los “quemadores sumergidos” son quemadores configurados de manera que las llamas que generan y/o los gases de combustión producidos se desarrollan dentro de la propia masa fundida de vidrio. Generalmente, están dispuestos de manera que queden al ras del fondo para que la llama se desarrolle dentro de la masa de materiales vitrificables que se licuan (funden). Por lo tanto, pueden pasar a través de sus paredes laterales, la pared inferior y/o suspenderse desde arriba, colgándolos de la bóveda o de cualquier superestructura adecuada. Estos quemadores pueden ser tales que sus líneas de suministro de gas estén alineadas con la pared a través de la cual pasan. Puede ser preferible que estos conductos “entren” al menos parcialmente en la masa de los materiales vitrificables, para evitar que las llamas estén demasiado cerca de las paredes y provoquen un desgaste prematuro de los materiales refractarios. También es posible elegir inyectar solo los gases de combustión, llevándose a cabo las combustiones fuera de la propia cámara de fusión.

45 El uso de un horno de quemador sumergido permite un aumento considerable del rendimiento de producción en comparación con la fusión “convencional”. De hecho, la fusión por quemadores sumergidos crea una mezcla convectiva dentro de los materiales vitrificables que se licuan. Esta mezcla de materiales que aún no están licuados y aquellos que ya están fundidos es muy eficiente y permite que la fusión tenga lugar, con materiales vitrificables de composición química idéntica, a una temperatura inferior y/o mucho más rápida que con los medios de calentamiento tradicionales. Por lo tanto, se consiguen las características muy favorables de una masa fundida “agitada”, sin tener que recurrir a medios de agitación mecánica poco fiables y/o de rápido desgaste. Esto es muy interesante por la reducción del coste energético del horno, pero también por la elección de los materiales refractarios utilizados en la fabricación de las instalaciones: al calentarse menos, se corroen con menos rapidez.

50 Según una realización particular, dicha composición de materia prima se alimenta por encima del nivel de la masa fundida de vidrio, y preferiblemente en el sentido de que dicho método de fusión emplea una cámara de fusión equipada con quemadores de llama dispuestos por encima del nivel de la masa fundida de vidrio.

60 La ventaja de alimentar dicha composición de materia prima por encima del nivel de la masa fundida de vidrio es que las sustancias orgánicas presentes en dicha composición pueden quemarse antes de introducirse en la masa fundida de vidrio, por lo tanto haciendo uso de la fuente de energía adicional que constituyen estas sustancias orgánicas, al tiempo que se limita la contaminación de la masa fundida de vidrio.

65 En este contexto, la reducción del espesor del lote alimentado sobre la superficie de la masa fundida de vidrio facilita su fusión al tiempo que limita el riesgo de que las partículas salgan volando por la (s) chimenea (s). Por lo tanto, una

composición según la invención es particularmente adecuada, ya que tiene un volumen reducido y, por lo tanto, un espesor reducido, para una masa equivalente.

5 La invención también se refiere a un método para la fabricación de vidrio de desecho, lana de vidrio y/o roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco, que comprende un método de fusión de este tipo.

Como se describe en este texto, la implementación de un método de fusión de este tipo permite lograr rendimientos de fabricación particularmente ventajosos.

10 Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones particulares, dadas únicamente como ejemplos ilustrativos y no limitativos, y de la figura 1 adjunta [fig. 1], que es un diagrama de flujo que ilustra un método para la fabricación de vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco, según una realización particular de la invención.

15 A lo largo de la descripción, incluida la figura 1, los números de referencia que son idénticos representan elementos similares o idénticos, salvo que se indique lo contrario.

Se entiende además que la presente invención no está limitada de ninguna manera por las realizaciones particulares descritas y/o representadas, y que otras realizaciones son perfectamente posibles.

20 La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método para la fabricación de un producto de vidrio (5), según una realización particular de la invención. De manera convencional, las materias primas (4) obtenidas al menos en parte de una mezcla de lana mineral (1) se introducen (etapa S3) en un horno de vidrio para fundirse (etapa S4) y posteriormente procesarse en un producto de vidrio (5).

25 Según métodos conocidos, la mezcla fundida puede alternativamente enfriarse y fragmentarse para obtener vidrio de desecho, conformarse en fibras para obtener lana de vidrio o lana de roca, hilarse en hilos de vidrio textil y/o verterse en un flotador de estaño para obtener vidrio plano, denominándose cada una de estas aplicaciones industriales con la expresión "producto de vidrio (5)" en toda la descripción.

30 Según una realización particular de la invención, un método de fabricación de este tipo comprende fundir una composición de materia prima (4) obtenida al menos en parte a partir de una mezcla granular (2) cuya densidad aparente es mayor o igual a 30 kg/m³.

35 Según un procedimiento fácilmente reproducible para medir la densidad aparente de la mezcla granular (2), esta última se vierte primero en un recipiente, por ejemplo un balde, de masa y volumen conocidos. El recipiente debe tener un tamaño de al menos 20 litros para tener la precisión suficiente y respetar una relación dimensional que limite la precipitación de la mezcla, cumpliendo la fórmula:

40 [Mat. 1]

$$L_{\max} \leq 2\sqrt[3]{V}$$

45 En donde $L_{\max}$ es la extensión máxima del recipiente en una dirección dada, por analogía con el diámetro de Féret de una partícula, y V es el volumen de dicho recipiente.

50 También es importante asegurarse de que la mezcla se vierte suavemente, sin ningún movimiento del balde ni compresión mecánica de la mezcla, para minimizar la precipitación de la mezcla. A continuación, se pesa el balde lleno para determinar la masa de la mezcla vertida. La densidad aparente es la relación entre la masa de la mezcla medida y el volumen del balde.

55 Cabe señalar que un método de este tipo para caracterizar la densidad aparente es significativamente más exacto y riguroso que cualquier método alternativo que simplemente estime el tamaño de un aglomerado de fibras, también conocido como "escama". De hecho, cualquier mezcla de lana mineral (1) puede verse como un aglomerado de fibras minerales, de volumen expansible o compresible, que a su vez puede dividirse en una pluralidad de aglomerados de fibras más pequeñas y/o de menor densidad. En ausencia de información adicional, el tamaño de un aglomerado de fibras minerales no es, por lo tanto, utilizable como dato para caracterizar un producto y/o comparar dos productos.

60 Para estimar con mayor precisión el valor de la velocidad de alimentación del vidrio en función de las variaciones de diversos parámetros operativos de un horno y de la densidad aparente de la composición cargada, los inventores llevaron a cabo una campaña de pruebas para transportar dos lotes de residuos de lana de vidrio con densidades aparentes de 20 kg/m³ y 110 kg/m³, respectivamente.

65 Se implementaron dos tipos de pruebas:

- pruebas “en frío”, en las que un alimentador de tornillo se alimenta durante un dado período con residuos de lana de vidrio que luego se recolectan a la salida del alimentador y se pesan, para deducir el caudal másico del alimentador.

- las denominadas pruebas “en caliente”, para las que se dispone el mismo cargador de lotes a la entrada de un horno de fusión en funcionamiento. Se alimenta una masa conocida de residuos y se registra el tiempo necesario para alimentar la cantidad total para calcular la velocidad de alimentación.

Para ambas pruebas, el husillo de alimentación sin fin tiene un diámetro y un paso de 30 cm. La velocidad de llenado es del 100 %, y la tolva de carga por tornillo se llena para garantizar una alimentación constante.

Paralelamente a estas dos pruebas industriales, los valores teóricos de la velocidad de alimentación se calculan en las mismas condiciones operativas y basándose en la siguiente fórmula, que proporciona una aproximación de la velocidad de alimentación Q transportada por el tornillo (en kg/s):

$$Q = r * d * V * \pi * R^2 * H,$$

donde r es la velocidad de llenado del tornillo, d es la densidad de la mezcla alimentada (en kg/s), V es la velocidad de rotación del tornillo sin fin (en s⁻¹); 10 rpm en condiciones de alimentación estándar), R es el radio del tornillo (en m) y H es el valor del paso del tornillo (en m).

La tabla 1 [Tabla 1] siguiente muestra los resultados obtenidos para cuatro muestras de lana de vidrio con diferentes densidades aparentes. Estas cuatro muestras se alimentan en el horno a través del tornillo sin fin a diferentes velocidades de rotación del tornillo.

Número de muestra	Densidad aparente en kg/m ³	Velocidad del tornillo en rpm	Velocidad de alimentación en kg/h			Relación Caliente/ Teoría en %
			Teoría	Pruebas en frío	Pruebas en caliente	
1	20	10	232	216	150	65
2	110	2	248	254	147	59
3	110	3	372	360	283	76
4	110	4	495	492	383	77

Tabla 1 - Variación de la velocidad de alimentación en función de los diferentes parámetros operativos de un horno y la densidad aparente de la composición que se alimenta

Al comparar los valores teóricos de la velocidad de alimentación y los resultados obtenidos con las pruebas en frío, se observa una diferencia insignificante. Por lo tanto, la teoría del transporte por tornillo (valores teóricos) puede dar una estimación relativamente exacta de los resultados en frío.

Por otro lado, al comparar los valores teóricos de la velocidad de alimentación y los resultados obtenidos con las pruebas llevadas a cabo en condiciones en caliente, se observa sorprendentemente una reducción significativa de la velocidad de alimentación, de entre el 20 % y el 40 % del valor teórico. Varias hipótesis podrían justificar tal diferencia de valores, observada empíricamente, que incluye la presión ejercida por la masa fundida de vidrio sobre la mezcla que se va a cargar y/o el aumento de los gases de combustión del horno, que ocupan entonces parte del espacio disponible en el tornillo.

La contabilización de una discrepancia de este tipo tiene una aplicación directa en la realidad industrial. Por ejemplo, se acepta comúnmente que, por razones de rentabilidad del horno de fusión, la velocidad mínima de alimentación de las materias primas al horno debe ser de 5 toneladas por día, o 208 kg/h. Si una persona experta en la técnica se atiene a la teoría o a los resultados obtenidos en las pruebas en frío, es decir, en las pruebas que son significativamente más fáciles de llevar a cabo que las pruebas en caliente, llegará a la conclusión de que, en condiciones de carga estándar, el uso de residuos de lana de vidrio con una densidad aparente de 20 kg/m³ es suficiente para obtener una velocidad de carga de 232 kg/h, es decir, una velocidad satisfactoria.

Sin embargo, este no es el caso. Los ensayos en caliente llevados a cabo en la muestra número 1 (véase la Tabla 1) muestran que la velocidad de alimentación realmente obtenida es de 150 kg/m³, es decir, un caudal muy por debajo del criterio establecido.

Para condiciones operativas equivalentes, y teniendo en cuenta una desviación máxima del 40 %, la densidad aparente necesaria para obtener una velocidad de alimentación de 208,8 kg/m³, es decir, un valor casi igual al umbral mínimo establecido, es de hecho de 30 kg/m³.

La obtención de este valor umbral de densidad aparente no es obvia, ya que es el resultado de una serie de pruebas complejas (en caliente) llevadas a cabo por los inventores.

Para aumentar la densidad aparente de la mezcla granular, los inventores usaron una trituradora de fabricación industrial estándar y llevaron a cabo una campaña de pruebas durante la cual se trituraron tres lotes de residuos de lana de vidrio antes de medir la densidad aparente de las mezclas granulares obtenidas para cada uno de estos lotes. El objetivo de esta campaña era, en particular, evaluar la influencia de los diversos parámetros de la trituradora y la tasa de humectación en la densidad aparente de la mezcla de lana mineral triturada.

Un primer lote consistía únicamente en paneles de lana de vidrio estándar.

Un segundo lote corresponde a este primer lote al que se añadieron 8,8 kg de residuos de lana de vidrio humedecidos.

Un tercer lote corresponde a este segundo lote al que se añadieron 6,4 kg de residuos de lana de vidrio humedecidos.

Sobre la base de estos tres lotes, se implementaron cinco (5) pruebas. Las pruebas 1 a 3 se llevan a cabo con el primer lote, variando los ajustes de la trituradora. La prueba número 4 se implementó con el segundo lote y la prueba número 5 se implementó con el tercer lote.

La tabla 2 [Tabla 2] siguiente presenta los resultados obtenidos para cada una de estas pruebas. A falta de aclaraciones adicionales, todos los parámetros no especificados en esta tabla son los mismos entre cada una de estas pruebas.

Número de prueba	Tamaño de malla en mm	Velocidad en rpm	Capacidad en kg/h	Densidad aparente en kg/m ³
1	10	150	288	110
2	15	150	414	64
3	15	210	454	68
4	10	210	554	142
2	10	210	776	223

Tabla 2 - Variación de la densidad aparente de los residuos de lana de vidrio triturados en función de los parámetros operativos de la trituradora y la velocidad de humectación de la mezcla triturada.

Al comparar los resultados de las pruebas 1 y 2, se observa que la reducción del tamaño de malla de la criba de la trituradora de 15 mm a 10 mm aumenta la densidad aparente de la mezcla granular obtenida en un 72 %, así como la capacidad de la trituradora en un 9,6 %.

Al comparar los resultados de las pruebas 2 y 3, se puede observar que el aumento de la velocidad de rotación del tambor de 150 a 210 rotaciones por minuto (rpm) aumenta la densidad aparente de la mezcla granular resultante en un 6,5 %.

Al comparar los resultados de las pruebas 1 y 4, se puede observar que la adición de material residual humedecido a la mezcla de lana de vidrio triturada aumenta la densidad aparente de la mezcla granular resultante y la capacidad de la trituradora. Esto se confirma mediante la comparación de las pruebas 4 y 5, donde se observa que el aumento de la proporción de residuos húmedos aumenta adicionalmente la densidad aparente de la mezcla triturada y la capacidad de la trituradora.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una composición de materia prima adaptada para ser introducida en la cámara de fusión de una instalación adaptada para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco, estando caracterizado dicho método por que comprende al menos una etapa de trituración de una mezcla de lana mineral adaptada para entrar en la composición de la materia prima, de tal manera que la mezcla granular obtenida después de la trituración tiene una densidad aparente mayor o igual a 30 kg/m3 e inferior o igual a 500 kg/m3.
2. Un método de preparación según la reivindicación 1, caracterizado por que la proporción en masa de dicha mezcla granular con respecto a la masa total de dicha composición de materia prima es mayor o igual al 5 %, preferiblemente mayor o igual al 20 %, preferiblemente mayor o igual al 40 %, preferiblemente mayor o igual al 60 %, preferiblemente mayor o igual al 70 %, preferiblemente mayor o igual al 80 %, preferiblemente mayor o igual al 90 %, preferiblemente mayor o igual al 95 %, preferiblemente mayor o igual al 99 %.
3. Un método de preparación según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que comprende una etapa de añadir el material de vidrio de desecho a dicha mezcla granular, siendo la masa de vidrio de desecho mayor o igual al 1 % de la masa total de la mezcla granular.
4. Un método de preparación según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el método de preparación comprende una etapa previa para determinar un valor de densidad deseado de la mezcla granular triturada, en función de las características dimensionales de un alimentador que se va a usar y/o de un valor de velocidad de alimentación deseado.
5. Un método de preparación según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dicha mezcla de lana mineral tiene un contenido de humedad superior al 1 % de la masa total de dicha mezcla.
6. Un método de preparación según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el método de preparación usa al menos una trituradora equipada con un tamiz cuyo tamaño de malla es inferior a 20 mm.
7. Una composición de materia prima (4) adecuada para ser introducida en la cámara de fusión de una instalación adecuada para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco, obtenida preferiblemente mediante un método de preparación según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que comprende una mezcla granular (2) cuya densidad aparente es mayor o igual a 30 kg/m3 e inferior o igual a 500 kg/m3.
8. Una composición de materia prima (4) según la reivindicación 7, caracterizada por que comprende una masa de vidrio de desecho de al menos el 1 % de la masa total de la mezcla granular.
9. Un método para la fusión de una composición de materia prima según una de las reivindicaciones 7 y 8, para obtener vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil y/o vidrio plano/vidrio hueco.
10. Un método de fusión según la reivindicación 9, caracterizado por que dicha composición de materia prima se alimenta por medio de un alimentador de tornillo, preferiblemente desde un silo amortiguador que contiene dicha composición de materia prima.
11. Un método de fusión según una de las reivindicaciones 9 y 10, caracterizado por que dicha composición de materia prima se alimenta a una velocidad de alimentación mayor o igual a 5 toneladas por día.
12. Un método de fusión según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que dicha composición de materia prima se alimenta por debajo del nivel de la masa fundida de vidrio, y preferiblemente por que dicho método de fusión emplea una cámara de fusión equipada con quemadores sumergidos.
13. Un método de fusión según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que dicha composición de materia prima se alimenta por encima del nivel de la masa fundida de vidrio, y preferiblemente por que dicho método de fusión emplea una cámara de fusión equipada con quemadores dispuestos por encima del nivel de la masa fundida de vidrio.
14. Un método para fabricar vidrio de desecho, lana de vidrio y/o lana de roca, hilos de vidrio textil, vidrio plano y/o vidrio hueco, que comprende un método de fusión según una de las reivindicaciones 9 a 13.

Figura 1

