

PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA HORNO DE VIDRIO

La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para preparar y cargar material de partida en un horno de vidrio.

El volumen de laboratorio de los hornos de vidrio de llama se barre con fuertes corrientes de gas capaces de arrastrar, con ellas, una porción del material de partida pulverulento introducido en el horno. Algunos polvos, como arena, piedra caliza o dolomita, tienden a ser particularmente volátiles. En particular, la dolomita se fragmenta bajo el efecto de la temperatura (fenómeno de “crepitación”), dando lugar a más desprendimientos. Estos desprendimientos de material de partida producen las siguientes desventajas:

- el material desprendido se deposita en los conductos para llevar los gases de combustión, como en las cámaras de los quemadores, los regeneradores o recuperadores, lo que produce suciedad, incluso obstrucción, de estos conductos y obliga a desmontarlos y luego limpiarlos, y incluso pueden limitar la vida útil del horno,
- la composición deseada puede, según sea el caso, ser modificada si estos desprendimientos tienen impacto en algunos materiales más que en otros,
- representan una pérdida de material de partida.

Humedecer el material de partida pulverulento es un medio de reducir los desprendimientos durante el transporte mediante el traslado antes del horno y luego en el horno. Sin embargo, este humedecimiento representa una pérdida de energía de calentamiento del horno. El humedecimiento seguido del secado del material de partida antes de la carga es también una solución para producir aglomerados menos sujetos a desprendimientos, en particular mediante la adición de aglutinantes y/o el uso de materiales específicos que favorecen la formación de estos aglomerados. Sin embargo, mientras que las briquetas no se forman intencionalmente mediante un sistema de conformación y mientras se usa la forma convencional de llevar a cabo la mezcla de polvos, el secado de una composición prehumedecida puede tener como resultado la formación de grandes bloques de material de partida que fluyen de manera muy deficiente, que de hecho pueden incluso dar lugar al bloqueo de los precalentadores de material de partida (precalentadores de lotes), en particular aquellos en los que el material fluye al menos parcialmente en la posición vertical. Esto puede llevar a que se detenga la progresión del material de partida con el fin de cargarlo y requerir una intervención manual de los operarios para reiniciar la planta.

El documento US 5 100 840 enseña la formación de briquetas de material de partida a ser cargado. Se pueden citar, como otros documentos del estado de la técnica, los documentos DE102012224139, DE19836869 y US 4 248 616.

Se ha descubierto ahora que se pueden limitar los desprendimientos y se puede acelerar la cinética de fusión si se mantiene un cierto estado de estructuración de la mezcla vitrificable. Este estado se produce mediante la adición de agua y se mantiene después del secado si la mezcla no se agita de manera excesiva y tosca después de este secado. Puede obtenerse mediante una rápida modificación de una planta para la preparación de mezclas vitrificables. Este estado de estructuración, según el cual la mezcla vitrificable comprende aglomerados, debe ser controlado a fin de no provocar el bloqueo hacia el final del secado, y la presencia de casco de vidrio ha parecido beneficiosa con respecto a este punto. Aparentemente la incorporación de casco de vidrio promueve la fragmentación de los aglomerados mas grandes de material de partida o evita la formación de agregados excesivamente grandes, que es favorable para su progresión durante su traslado, en particular en los precalentadores en los que el material circula al menos en forma parcial, verticalmente, incluso de forma continua verticalmente. Los precalentadores en los que el material fluye verticalmente, que son muy adecuados para la presente invención, se describen en DE102012204439, EP 2 138 465 y EP 2 248 773. El hecho de que la superficie de las piezas de casco de vidrio sea suave podría favorecer esta fragmentación debido a la baja adherencia del material de partida a ellos. El tamaño de las piezas de casco de vidrio también sería importante para cizallar el material en movimiento. La masa de materiales vitrificables que se cargan así preparados permanece menos sujeta a los desprendimientos, ya que los agregados más pequeños no se fragmentan. Además, la existencia de agregados también permite acelerar la velocidad de fusión de la mezcla para formar el vidrio.

La invención se refiere a un dispositivo para la preparación y carga de materiales de partida para un horno de vidrio, que comprende:

- 5 o un medio para realizar una mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida, que produce una masa humedecida de material de partida en polvo, que comprende un tanque provisto de un medio de agitación, con una entrada para el material de partida en polvo, con una alimentación de agua líquida y/o de vapor y con una salida para la masa humedecida de material de partida en polvo,
- 10 o un sistema para realizar una mezcla de casco de vidrio con la masa humedecida del material de partida en polvo que ha salido del tanque, con el fin de producir una mezcla de material de partida y de casco de vidrio, conocida como mezcla SM/C,
- o un precalentador de material de partida en el que circula la mezcla SM/C y se calienta y se seca para producir una masa a cargar, luego
- o un sistema para cargar el horno de vidrio con la masa a cargar.

15 La invención permite liberarse del uso de un sistema de conformación del material de partida mediante moldes, que dan como resultado aglomerados escalonados (briquetas, bolas, gránulos, pellets y similares), tales como compactadores aglutinantes. La invención tampoco requiere el uso de una técnica de granulación del material de partida según la cual se hace girar el material (en particular en un tanque de tipo tambor rotatorio), generalmente en presencia de
20 un aglutinante, para dar como resultado gránulos (pellets). Por tanto, la mezcla SM/C que entra en el precalentador no tiene forma y el precalentador tampoco entrega una masa con forma. El precalentador entrega una masa a cargar que comprende aglomerados de forma aleatoria.

25 En el precalentador, la mezcla SM/C fluye al menos en forma parcial verticalmente, es decir, mediante un movimiento que comprende un componente vertical, hasta incluso en forma exclusiva verticalmente. Este flujo tiene lugar bajo el efecto de la gravedad. La masa a cargar sale del precalentador a una altura menor que aquella a la que la mezcla SM/C entró en el precalentador. La salida del precalentador se encuentra incluso generalmente en la posición vertical debajo de su entrada. La mezcla SM/C se calienta y se seca en el precalentador. El
30 dispositivo de acuerdo con la invención puede comprender una tubería que transporta los gases de combustión generados por el horno de vidrio al precalentador, de manera que proporcione a este último la energía térmica para calentar y secar la mezcla SM/C. Los gases de combustión circulan en el precalentador a través de al menos una tubería. Los gases de combustión pueden entrar en contacto directo con la mezcla SM/C. Para reducir los riesgos de desprendimientos, los
35 gases de combustión sólo pueden entrar en contacto parcial o nulo con la mezcla SM/C en el precalentador. La mezcla SM/C y los gases de combustión pueden circular en conductos separados en el precalentador, generalmente en sentido contrario a la corriente. Estos conductos pueden estar separados y pueden comprender orificios de comunicación que permiten que los gases escapen de la mezcla SM/C para mezclarse con los gases de combustión. Esto se debe
40 a que una tubería por la que circula la mezcla SM/C puede tener orificios que se comunican con una tubería por la que circulan los gases de combustión para facilitar la evacuación de los gases que escapen de la mezcla SM/C hacia una tubería en la que el circulan los gases de combustión. Esto se debe a que la mezcla SM/C libera vapor a medida que avanza por el precalentador. Estos gases liberados por la mezcla SM/C se unirán, al menos en parte, a los gases de
45 combustión. El precalentador entrega una masa de materiales vitrificables para cargar. Después del precalentador, esta masa a cargar es transportada al horno, mediante un sistema que puede, por ejemplo, comprender una cinta progresiva hacia adelante, y luego se introduce en el horno mediante un cargador de tornillo o cualquier otro aparato conocido por un persona experta en la técnica. El precalentador puede ser, por ejemplo, del tipo de los descritos en los documentos US
50 5 526 580, CN201458942 o DE3716687.

La invención también se refiere a un horno de vidrio equipado con el dispositivo según la invención. La invención también se refiere a un procedimiento para la fusión de vidrio en un
55 horno, en particular un horno provisto del dispositivo para la preparación y carga de material de partida según la invención, que comprende:

- 60 o la realización, en un tanque, de una mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida, que produce una masa humedecida de material de partida en polvo; dicho tanque está provisto de un medio de agitación, con una entrada para el material de partida en polvo, con una alimentación de agua líquida y/o de vapor y con salida para la masa humedecida de material de partida en polvo, entonces

- o la mezcla de casco de vidrio con la masa humedecida de material de partida en polvo que ha salido del tanque, para producir una mezcla de material de partida y de casco de vidrio, conocida como mezcla SM/C, luego
- o el calentamiento y secado de dicha mezcla SM/C en un precalentador, que produce una masa a cargar, luego
- o la carga al horno de dicha masa a cargar.

En el contexto de la presente invención, el agua complejada en un compuesto, tal como un hidrato, se distingue del agua no complejada, que se dice que es "libre". La expresión "agua líquida" se utiliza para denotar agua libre condensada, que incluye el agua adsorbida en la superficie de los granos. El vapor es agua libre gaseosa, por lo tanto no condensada. También es posible hablar de la masa total de agua presente en la masa humedecida de material de partida en polvo o en la mezcla SM/C o en la masa a cargar y luego se refiere a la suma de la masa de agua libre (es decir, a decir agua líquida) y del agua complejada presente en estas composiciones.

Según la invención, se produce una mezcla de agua líquida y de material de partida en polvo. Este material de partida en polvo puede aportar agua por sí mismo, ya sea en forma de agua líquida (en particular por la arena) o en forma de un hidrato de un compuesto en el que el agua está complejada (ejemplo: un hidrato de carbonato de sodio). Generalmente, si el material de partida en polvo aporta agua, más del 95% de la masa de esta agua es agua líquida (es decir, libre). Generalmente, el material de partida en polvo no contiene hidrato al comienzo. Si el material de partida en polvo aporta agua líquida, esto se tiene en cuenta con el fin de cuantificar la cantidad de agua líquida que se añade a ella con el fin de producir la mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida. Se añade agua líquida al material de partida en polvo de modo que la suma de la masa del agua líquida aportada al principio por el material de partida en polvo y del agua líquida adicionada al material de partida en polvo represente al menos el 0,5% y generalmente al menos 1 % de la masa humedecida de material de partida en polvo y como máximo 10% y generalmente como máximo 3,5% de la masa humedecida de material de partida en polvo.

La mezcla de agua líquida y de material de partida en polvo se produce en un tanque y con agitación. En el tanque, durante el amasado, el contenido de agua en estado líquido (por lo tanto también de agua libre) puede disminuir si se forma un hidrato, el agua a continuación, pasa del estado libre al estado complejado. Generalmente, no se agrega casco de vidrio durante la preparación de esta mezcla. Por tanto, esta mezcla generalmente no contiene casco de vidrio (o menos del 5% en masa de casco de vidrio en base seca) cuando sale del tanque. La presencia de casco de vidrio en un tanque provisto de agitación tendría consecuencias nocivas sobre el desgaste del tanque y requeriría más energía para realizar la agitación.

La mezcla de material de partida en polvo y agua líquida se realiza en un tanque equipado con un medio de agitación. Puede ser, por ejemplo, una amasadora THZ vendida por Teka. En este tanque es posible introducir directamente agua líquida y, si corresponde, también agua en forma de vapor (que también es agua libre pero gaseosa), que se condensa rápidamente en el tanque para dar agua líquida en el espacio libre entre los inyección de vapor y la superficie de los materiales de partida, y también sobre los granos de material de partida. Introducir vapor en un tanque es, por tanto, también un medio de aportar agua líquida para producir la mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida. Además, como el vapor tiene una temperatura generalmente de al menos 100°C, también contribuye a calentar el material de partida en polvo.

Preferiblemente, antes de realizar la mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida, el material de partida en polvo comprende un compuesto capaz de disolverse al menos parcialmente en el agua líquida de la masa humedecida de material de partida en polvo y luego precipitar en forma de hidrato (que comprende más agua complejada que antes de su disolución), comportamiento conocido como "disolución/precipitación". Este compuesto consume agua libre para volverla en complejada. A modo de ejemplo, el carbonato de sodio no hidratado tiene tal comportamiento. El carbonato de sodio no hidratado (que por lo tanto no contiene ningún agua complejada) al menos parcialmente se disuelve en el agua líquida y luego se precipita en forma de carbonato de sodio monohidrato (que de este modo contiene un mol de agua complejada por mol de carbonato de sodio). Este monohidrato es más estable por encima de los 36°C. Este fenómeno de "disolución/precipitación" promueve la formación de puentes entre los granos de material de partida en polvo, lo que contribuye a dar cohesión al material de partida y una

tendencia a formar aglomerados. Este compuesto que presenta este comportamiento de "disolución/precipitación" puede ser en particular carbonato de sodio o carbonato de potasio o sulfato de sodio o sulfato de calcio. Este compuesto está en su forma deshidratada al principio antes de mezclarlo con agua líquida. Por tanto, la masa humedecida de material de partida se calienta preferiblemente a una temperatura (generalmente al menos 36°C) a la que un hidrato del compuesto que tiene un comportamiento de "disolución /precipitación" es estable. Si el material de partida en polvo contiene tal compuesto, en particular carbonato de sodio, ventajosamente, la mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida se calienta hasta al menos 36°C durante esta operación de realizar la mezcla de agua líquida y de material en polvo, para estabilizar el hidrato de este compuesto, en particular carbonato de sodio monohidratado. La masa humedecida de material de partida contiene entonces este hidrato.

A continuación, se mezclan el casco de vidrio y la masa humedecida de material de partida para producir la mezcla SM/C. El casco de vidrio entra así en contacto con el material de partida en polvo después de que este último ya se haya humedecido con agua líquida. La mezcla SM/C se produce mediante un sistema distinto aguas abajo del tanque utilizado para producir la masa humedecida de material de partida en polvo. Este sistema para producir una mezcla de casco de vidrio con la masa humedecida de material de partida en polvo (mezcla SM/C) puede comprender una cinta que avanza sobre la cual la masa humedecida de material de partida en polvo y el casco de vidrio se depositan por separado, es decir uno después del otro en la cinta. Es posible agregar el casco de vidrio a la masa humedecida de material de partida en polvo. Para llevar a cabo esta operación, la masa humedecida de material de partida en polvo puede avanzar, por ejemplo, sobre una cinta y, en un punto fijo por encima de la cinta, se vierte el casco de vidrio sobre el material de partida en polvo. De manera análoga, para producir la mezcla SM/C, es posible añadir la masa humedecida de material de partida en polvo al casco de vidrio. En este caso, es posible hacer que el casco de vidrio avance sobre una cinta en la que se vierte posteriormente la masa humedecida de material de partida en polvo.

En el procedimiento según la invención, una masa humedecida de material de partida en polvo se produce así en primer lugar por un medio para producir esta mezcla que comprende un tanque provisto con un medio de agitación, entonces esta masa humedecida salidas del tanque a través de su salida y es transportada por un medio de transporte a un sistema (distinto del medio para realizar la mezcla anterior) para producir la mezcla SM/C y luego la mezcla SM/C se transporta al precalentador y se introduce en este último para ser calentada y secada en el mismo y convertirse en una masa a cargar.

La mezcla comprende SM/C a partir de material de partida en polvo, casco de vidrio y agua líquida y/o complejada. El material de partida en polvo puede comprender agua complejada (no libre) en un hidrato. La relación de la masa de agua líquida a con respecto a la masa del agua complejada en la mezcla de SM/C puede variar entre el inicio de la preparación de la masa humedecida de material de partida en polvo y la introducción de la mezcla de SM/C en el precalentador debido al fenómeno de disolución/precipitación al que ya se hiciera referencia y que puede reducir la masa de agua líquida en favor del peso del agua complejada.

Después de producir la mezcla SM/C y, en particular, en el momento de su introducción en el precalentador, la mezcla SM/C generalmente comprende al menos el 0,2%, en particular al menos el 0,4%, en masa total de agua (suma del agua complejada y del agua líquida, es decir agua libre) y como máximo un 9%, en particular como máximo un 3,4%, en masa total de agua.

Después de producir la mezcla SM/C y en particular en el momento de su introducción en el precalentador, la mezcla SM/C generalmente comprende al menos 0%, generalmente al menos 0,1% y más generalmente al menos 0,2% en masa de agua líquida y como máximo 9%, generalmente como máximo 6%, en masa de agua líquida. El objetivo es tener tan poca agua como sea posible en la mezcla de SM/C por razones energéticas, pero es necesaria tener suficiente con el fin de estructurar la masa a cargar con el fin de acelerar la fusión y para limitar los desprendimientos. Por tanto, estas proporciones de agua representan un equilibrio.

La mezcla SM/C comprende generalmente al menos 1% y generalmente al menos 5% y más generalmente al menos 10% en masa de casco de vidrio. La mezcla SM/C comprende generalmente como máximo un 60% en masa de casco de vidrio.

- El casco de vidrio puede estar húmedo durante su mezcla con la masa humedecida de material de partida, pero la proporción que se acaba de dar se da, por supuesto, sobre la base de casco de vidrio seco. No hay ninguna ventaja particular en que el casco de vidrio esté húmedo durante la preparación de la mezcla SM/C e incluso se prefiere que esté seco. Si correspondiere, el casco de vidrio se puede secar antes de mezclarlo con la masa humedecida de material de partida en polvo.
- La mezcla SM/C así producida se vierte a continuación en el precalentador. Para el caso en el que el material de partida en polvo contiene un compuesto que exhibe un comportamiento de "disolución/precipitación" mencionado anteriormente, tal como carbonato de sodio, ventajosamente, el casco de vidrio no causa la caída por debajo de 36°C de la temperatura de la masa humedecida de material de partida en polvo dentro de la mezcla SM/C. Si es necesario, antes de mezclarla con el casco de vidrio, la masa humedecida de material de partida en polvo se calienta suficientemente por encima de 36°C para que la mezcla con el casco de vidrio no haga que su temperatura descienda por debajo de 36°C. Por lo tanto, la masa humedecida de material de partida en polvo dentro de la mezcla SM/C, de hecho incluso la mezcla SM/C completa, entra en el precalentador con una temperatura generalmente de entre 36°C y 90°C.
- El dispositivo según la invención se configura generalmente para que la mezcla SM/C circule de forma continua en el precalentador y para que la masa a cargar se cargue de forma continua en el horno.
- La mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida que produce una masa humedecida de material de partida en polvo se puede realizar en un tanque provisto de un medio de agitación, con una entrada para el material de partida en polvo, con una alimentación de agua líquida y/o de vapor y con salida para la masa humedecida de material de partida en polvo. Un tanque de este tipo también se puede conocer como "amasador".
- El dispositivo según la invención se puede configurar para que los medios para realizar una mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida que funcione de forma discontinua (también se utiliza el término "por tandas/lotés"). A continuación, se lleva a cabo de forma discontinua una mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida que produce la masa humedecida de material de partida en polvo. En este caso, la adición de agua líquida se puede realizar con una masa invariable de material de partida en polvo en el tanque. Como el precalentador generalmente funciona de forma continua, los avances de la mezcla SM/C avanza de forma continua en el precalentador (generalmente en la posición vertical). Según el espacio libre en la entrada del precalentador, de forma periódica y discontinua, se produce la mezcla SM/C y se introduce en el precalentador. Así, según el espacio libre en la entrada del precalentador, un sistema de regulación detecta la necesidad de introducir la mezcla SM/C en el precalentador y controla la apertura de la salida del tanque y la preparación de la mezcla SM/C y la introducción de la mezcla SM/C en el precalentador. El sistema de regulación es capaz de detectar el espacio libre en el precalentador y, según el espacio libre detectado, de controlar la preparación de una mezcla de material de partida en polvo, la preparación de la mezcla SM/C y la introducción de la mezcla SM/C en el precalentador.
- El material de partida en polvo comprende los ingredientes que deben participar en la fusión del vidrio, como la sílice, al menos un fundente para la sílice, como el carbonato de sodio, opcionalmente al menos un agente de refinamiento, opcionalmente al menos un agente estabilizante, como una fuente de alúmina (tal como: feldespatos, nefelina, fonolita, alúmina calcinada o hidróxido de aluminio) o una fuente de calcio, tal como piedra caliza, opcionalmente al menos un agente colorante y cualquier compuesto deseado para producir el vidrio final. La sílice es generalmente el compuesto presente en mayor cantidad en el material de partida en polvo.
- Por lo tanto, además de toda el agua líquida, el material de partida en polvo puede comprender:
- del 30% al 99% en peso de SiO_2 ,
 - del 1% al 20% en peso de Na_2CO_3 ,
 - del 0% al 20% en peso de CaCO_3 ,
 - del 0% al 20% en peso de CaCO_3 , MgCO_3 ,
 - del 0% al 5% en peso de fuente de alúmina,
 - del 0% al 1% en peso de Na_2SO_4 ,
 - de 0% a 1% en peso de CaSO_4 .

Generalmente, el tamaño de partícula del material de partida en polvo es tal que su D50 está entre 50 y 500 μm .

- 5 Ventajosamente, al menos el 90% de la masa de casco de vidrio está constituido por partículas con un tamaño de entre 1 mm y 10 μm y generalmente de entre 2 mm y 10 μm y más generalmente con un tamaño de entre 1 μm y 10 μm . El tamaño de una partícula de casco de vidrio es la distancia entre sus dos puntos más distantes.
- 10 El secado de la mezcla de SM/C, en particular por los gases de combustión procedentes del horno, produce una reducción en el contenido total de agua de esta mezcla, es decir la suma del agua libre y del agua complejada, y un aumento de su temperatura. Preferiblemente, la masa a cargar comprende menos del 0,1% de la masa total de agua (suma de la masa de agua líquida y de agua en forma complejada).
- 15 Ventajosamente, la mezcla SM/C se calienta a una temperatura de entre 100°C y 500 °C y preferiblemente entre 200°C y 500°C y preferiblemente entre 250°C y 400°C en el precalentador. La masa a cargar que sale del precalentador se encuentra, por tanto, en este intervalo de temperatura. Se introduce en el horno estando también en este rango de
- 20 temperatura. La transferencia de la mezcla SM/C desde el precalentador al horno se puede llevar a cabo usando una cinta transportadora, un tornillo sin fin y similares. Esta zona de transferencia está preferiblemente aislada térmicamente para que el calor de la mezcla SM/C quede retenido entre el precalentador y el horno.
- 25 Todos los hornos de vidrio están relacionados con la presente invención y, en particular, los hornos de llama transversal (*cross-fired furnace*) y los hornos de fin de carrera (*end-fire furnace*)

EJEMPLOS

30 Influencia del contenido de agua

Las mediciones de la cohesión del material de partida en polvo humedecido como una función del contenido de agua muestran que la cohesión aumenta con el contenido de agua. Se prepararon pellets clasificados de mezclas humedecidas de materiales de partida que contienen la siguiente mezcla de polvos (% expresado en base seca), ninguno de estos componentes era un hidrato:

- 35 - 60,3% en masa de arena
- 4,5% en masa de piedra caliza
- 18,3% en masa de carbonato de sodio
- 40 - 1,1% en masa de feldespato
- 14,9% en masa de dolomita
- 0,9% en masa de sulfato de sodio,

a cuya mezcla se añadió agua líquida en diferentes proporciones (2%, 4%, 6% de agua de la suma de la masa de agua líquida y de polvo). Estos pellets se secaron posteriormente a 150°C durante la noche en el aire. Finalmente, se trituraron con un aparato de medición de compresión uniaxial. Se midió la fuerza máxima en el momento de la rotura, es decir inmediatamente antes del aplastamiento. Los pellets con un 6% en masa de agua introducida inicialmente son más fuertes que los que tienen un 4% de agua, que son a su vez más fuertes que los que tienen un 2% en masa de agua. La observación de los agregados con un microscopio electrónico de barrido muestra que estos aumentan de tamaño con el contenido de agua del material de partida en polvo humedecido. Cuando aumenta el contenido de agua, los granos se conectan mejor entre sí mediante puentes, los agregados formados son más grandes y más compactos. Generalmente, no se observan agregados con un tamaño superior a 2 cm. El tamaño de un agregado es la distancia entre sus dos puntos más distantes.

55 Influencia del tamaño de partícula del casco de vidrio

Se prepara una mezcla de material de partida en polvo y de agua líquida en un contenedor para producir una masa humedecida de material de partida en polvo en una proporción del 3,6% de agua adicionada con respecto a la masa humedecida de material de partida (mezcla de arena, sodio carbonato, piedra caliza, feldespato, sulfato de sodio, coque). Para ello, se prepara previamente la mezcla de polvos secos y se calienta en un horno de secado a 60°C, luego se

agrega el agua y luego se agita la mezcla en un mezclador dinámico 3D durante 5 minutos. Esta mezcla finalmente tiene una temperatura de al menos 36°C. Se detiene la agitación, luego se agrega el casco de vidrio y el frasco se agita a mano durante 1 minuto. La cantidad de casco de vidrio fue del 40% en masa de la mezcla SM/C. El contenido del contenedor se transfiere posteriormente a un molde con forma de cilindro en el que se empuja suavemente hacia abajo manualmente para que su superficie se vuelva plana. El molde se coloca en un horno de secado a 120°C durante 20 horas. El bloque formado se retira del molde y luego se evalúa su resistencia a la compresión uniaxial. El bloque y la prueba de compresión simulan la resistencia de un agregado formado en el procedimiento según la invención. Los resultados que dan las fuerzas máximas logradas antes de la falla del bloque en función del tamaño de partícula del casco de vidrio se recopilan en la siguiente tabla.

Ejemplo	Tamaño de casco	Fuerza máxima media (N)
1	<1 mm	420
2	4-8 mm	100
3	8-16 mm	96

La columna de "Tamaño de casco" indica el rango de tamaño de las partículas de casco de vidrio por 100% de su masa. Se puede ver que los bloques de los ejemplos 2 y 3 se fracturan bajo una fuerza menor que la del ejemplo 1, lo que favorece el desbloqueo de los materiales que fluyen en el precalentador ya que los grandes bloques que posiblemente se formen en este último se romperán más fácilmente.

La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo según la invención. Los diferentes compuestos 1, 2 y similares, que participan en la composición del material de partida pulverulento 3 (arena, carbonato de sodio, y similares) se depositan en capas sucesivas una tras otra sobre una cinta 4 que avanza. El material de partida en polvo se vierte posteriormente en el tanque de una amasadora 5 provista de un agitador de paletas 6 y en el que se introducen agua líquida y vapor (que se condensa para dar agua líquida en el tanque). En esta amasadora, la masa humedecida de material de partida en polvo generalmente se calienta a al menos 36°C. La operación de amasado se realiza de forma discontinua ("por lotes"), es decir con una cantidad determinada de material, se cierra la puerta de salida 8 y se abre periódicamente para entregar la masa humedecida de material de partida en polvo 9 a una cinta 10 que avanza. El casco de vidrio 11 se deposita posteriormente en un punto fijo 12 sobre esta masa humedecida en progresión hacia adelante para constituir la mezcla SM/C 13. Esta mezcla SM/C alimenta la entrada 15 de un precalentador de materiales de partida 14. En este precalentador, el SM/C mezcla descende verticalmente en compartimentos de acero paralelepípedos. Los gases de combustión calientes 17, cuya temperatura es de aproximadamente 800°C, que se originan en el horno de vidrio 16 son transportados por una tubería y se introducen en 18 en una parte inferior del precalentador. Estos gases circulan en forma de bobina en el precalentador alrededor de los compartimentos paralelepípedos para calentar la mezcla SM/C que contienen. En general, estos gases circulan en sentido contrario a la mezcla SM/C. Estos gases salen posteriormente en 19 en una parte superior del precalentador. El calentamiento de la mezcla SM/C produce vapor. Se trata de agua libre de la mezcla SM/C y, dado el caso, agua procedente de la deshidratación de un hidrato, como el carbonato sódico hidratado, presente en la mezcla SM/C. Este vapor se puede eliminar durante el descenso de la mezcla SM/C mediante orificios en los compartimentos paralelepípedos, en cuyo caso este vapor se mezcla con los gases de combustión que circulan alrededor de los compartimentos paralelepípedos. La mezcla SM/C seca y caliente sale en la parte inferior del precalentador y constituye entonces la masa a cargar 20. Esta última se carga posteriormente en 21 al horno 16 que contiene un baño de vidrio 22. Una cinta que avanza 24 transporta esta masa a cargar 20 hasta un rebajo 21 para la introducción de materiales de partida vitrificables. El descenso de la mezcla SM/C es continuo en el precalentador 14 y la alimentación del horno con la masa a cargar también es continua. La alimentación en 15 del precalentador con mezcla SM/C puede ser periódica (semicontinua) según el descenso del material en el precalentador. Según el espacio libre en el precalentador, un sistema de regulación activa la apertura de la salida 8 del tanque 5, la preparación de la mezcla SM/C en la cinta 10 y la introducción de la mezcla SM/C en el precalentador. La protección 23 rodea la mezcla SM/C entre el precalentador y el horno para limitar su pérdida de calor.