

DISPOSITIVO PARA FUNDIR VIDRIO QUE COMPRENDE UN HORNO, UN CANAL Y UNA BARRERA

La invención se relaciona con un dispositivo para fundir vidrio que comprende un horno eléctrico de corona fría para la
5 preparación de vidrio fundido.

De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende un horno eléctrico provisto con electrodos en contacto con la masa de materiales vitrificables, un canal que conecta el horno a un dispositivo para la transformación del vidrio fundido, y una
10 barrera que se sumerge en el vidrio y evita que el material inicial no fundido y flotante pase a través del canal y llegue al dispositivo para la transformación del vidrio. En este tipo de dispositivo, la barrera normalmente se ubica en el canal. Sin embargo, se ha observado que la barrera puede retener vidrio
15 solidificado para la posterior liberación incontrolada en forma de partículas sólidas en el vidrio fundido. Dicho comportamiento es perjudicial para la calidad del vidrio producido, particularmente cuando este último tiene que alimentar bujes de fibrado. Para abordar este defecto, surgió la idea de colocar la
20 barrera no en el canal, sino más arriba, inmediatamente en la salida del horno. En este lugar, el vidrio está más caliente y es el sitio de corrientes de convección; estos dos factores evitan la formación de vidrio sólido en la barrera. Por lo tanto, de este modo se observa una mejora en la calidad del vidrio.

25 El horno usado en el contexto de la invención es un horno de "corona fría" que permite fundir materiales vitrificables mediante el calor emitido a través del efecto Joule de los electrodos que se sumergen en los materiales vitrificables. La composición sólida de los materiales vitrificables se introduce

mediante la parte superior y forma una capa superior, también conocida como corteza, que cubre completamente el baño de materiales fundidos. De acuerdo con el arte previo, los materiales fundidos se extraen mediante la parte inferior o por el lateral mediante un cuello para atravesar un canal alimentador que alimenta a los dispositivos de fibrado. El fibrado puede ocurrir de forma continua directamente después de la fundición de los materiales vitrificables. Cuando se usa un cuello entre el horno y el canal alimentador se observa un desgaste rápido de los refractarios que delimitan el cuello, particularmente la parte superior de este último. Esto se debe a que, a pesar del uso de sistemas de refrigeración que permiten limitar el ataque a los refractarios por parte de los materiales fundidos a alta temperatura, estos refractarios generalmente deben reemplazarse más rápido que los otros componentes refractarios del horno. Además, dicho reemplazo requiere que se apague el horno. Asimismo, un cuello se encuentra más fácilmente sujeto a la formación de un tapón cuando el horno se coloca en modo de suspensión para mantenimiento o en caso de un corte de energía. Algunas veces, es imposible extraer el tapón de vidrio solidificado y se debe destruir y reconstruir el cuello.

La fabricación de este tipo generalmente opera con extracciones de entre 5 y 100 toneladas por día. Lo que limita la extracción es el paso del vidrio a través de los bujes de fibrado. De esta forma, la conversión en fibras es la etapa determinante del flujo de vidrio a través del proceso completo (extracción). Este tipo de horno con dimensiones relativamente modestas (área de la superficie interna inferior entre 1 m² y 30 m²) es muy flexible y puede apagarse fácilmente, en cualquier

momento, de acuerdo con las circunstancias. Generalmente puede operar de forma continua durante 24 horas a 6 meses, y aún más.

La patente US 6 314 760 enseña un horno circular con electrodos y una parte inferior cónica que alimenta a un canal
5 alimentador, el flujo de vidrio entre el horno y el canal pasa a través de un tubo de molibdeno rodeado por una carcasa mediante la cual pasa agua refrigerante.

La patente US 3 912 488 enseña un horno circular con electrodos y una parte inferior cónica que comprende un orificio
10 para la extracción de los materiales fundidos en el vértice del cono de la parte inferior, dicho orificio se enfría mediante la circulación de agua.

La publicación W02013098504 enseña un proceso para la fabricación de fibras minerales, el flujo del formador de vidrio
15 fundido entre el horno y el canal alimentador pasa por debajo de una barrera de metal regulable en altura que comprende una carcasa refrigerada mediante un líquido refrigerante. Mediante el ajuste de la altura de la barrera, es posible modificar la temperatura del vidrio a fibrar, para llevarlo al rango de
20 viscosidad deseado para el fibrado. La altura de la barrera regula únicamente la temperatura y no el caudal de vidrio.

La patente US2002/0000101 enseña un dispositivo para la fundición de vidrio que comprende un horno circular equipado con una abertura que consta de un tubo de molibdeno.

25 La publicación W02004/052054 enseña un horno equipado con electrodos que comprenden una barrera que se sumerge en el vidrio y se sujeta solo mediante la corona. Esta barrera no es extraíble.

La patente US 2 559 683 enseña una barrera extraíble ubicada en una zona de refinado. La barrera sirve únicamente para retener el material inicial flotante no fundido en el horno. La zona de refinado tiene la misma profundidad que el horno.

5 La patente GB 714 292 enseña una barrera que separa dos zonas de un horno, una zona de fundido y una zona de refinado. El vidrio se calienta en uno de los lados de la barrera y la zona caliente del vidrio se ubica enfrente de la cara de la barrera que mira hacia abajo. La barrera sirve únicamente para retener el
10 material inicial flotante no fundido en el horno.

La invención se relaciona con un dispositivo para la fundición de vidrio que comprende un horno equipado con electrodos en contacto con la masa de materiales vitrificables, el horno en cuestión comprende una abertura lateral conectada a
15 un canal alimentador para el vidrio fundido, y una barrera extraíble que se sumerge en el vidrio dentro del horno. En el canal, y ya desde su paso debajo de la barrera, el vidrio preferentemente se encuentra en flujo de tapón, sin regresar a la corriente de convección. El canal es lo suficientemente poco
20 profundo como para evitar las corrientes de retorno. La barrera se sumerge en el vidrio lo suficiente como para que el vidrio que pasó por debajo no participe en una corriente de retorno hacia el horno.

De acuerdo con la invención, la barrera se encuentra cerca
25 de la abertura, en el horno frente a la abertura o en la abertura y, en este caso, inmediatamente en la salida del horno. Si se considera el círculo horizontal más grande que puede estar grabado en el horno, barrera excluida, y ubicado en la parte más alejada hacia abajo, un plano vertical que pasa a través de la

superficie hacia arriba de la barrera toca este círculo. Este círculo se aloja en el plano horizontal que pasa a través del lado más alto de la parte inferior del canal. La barrera no se considera al ubicar este círculo, de allí la expresión "barrera excluida". En particular, la barrera preferentemente se encuentra en el horno y frente a la abertura, sujeta a las paredes laterales del horno en cualquier lado de la abertura. De esta manera, la barrera es más amplia que la abertura del horno. Los refractarios de cualquiera de los lados de la abertura pueden describirse como "marco" y constituyen un buen soporte para la superficie hacia abajo de la barrera. Si la superficie hacia arriba de la barrera no está vertical sino ligeramente inclinada respecto de la vertical, es suficiente que exista al menos un plano vertical que pase a través de la superficie hacia arriba de la barrera y que toque este círculo definido anteriormente para la condición con respecto a la posición de la barrera, de acuerdo con la invención a concretar. Si la barrera está en el horno o en la admisión del canal, es preferible que esté en contacto con las paredes laterales refractarias, en particular, las paredes laterales del horno o las del canal, de manera que el vidrio que pasa por el canal se vea forzado a pasar por debajo de la barrera y no pueda pasar a través de los lados. Esto evita favorablemente el paso del material inicial no fundido al canal. Como se mencionó anteriormente, la barrera se encuentra favorablemente en el horno.

La ubicación de la barrera de acuerdo con la invención es ideal para evitar deposiciones de vidrio no fundido en la barrera como resultado de su proximidad a los electrodos; la barrera mencionada se encuentra en un área más caliente que en el canal y

debido al hecho de que está en movimientos de convección del vidrio fundido en el horno. El uso de la barrera extraíble de acuerdo con la invención permite operar en modo detención-inicio, es decir, es posible apagar el dispositivo y reiniciarlo sin tener que agrietar refractarios para reanudar la operación. El hecho de que la barrera esté en el área de fundición permite el desarrollo de una recirculación de convección entre los electrodos y las paredes del horno, barrera incluida. La simulación mostró que la recirculación de convección no fue suficiente cuando la barrera estaba demasiado alejada en el canal.

La abertura del horno usada para la formación del vidrio mediante el canal es lateral, lo cual significa que ocurre en la pared lateral del horno, dicha pared generalmente es vertical.

La barrera puede ser de acero y refrigerarse con un líquido, como aire o agua. También puede ser de molibdeno, de una aleación de metales refractarios, de cerámica, de platino, de recubrimiento cerámico o refractario con platino, de una aleación de metales refractarios recubiertos con platino o de molibdeno recubierto con platino, sin dejar de comprender que, con estos materiales, puede refrigerarse o no con un flujo interno de un líquido refrigerante, como aire o agua.

La barrera retiene el material inicial flotante no fundido en el horno. La barrera es extraíble al menos de forma vertical. Su capacidad para moverse de forma vertical permite ajustar su altura. Generalmente, se sumerge en el vidrio con una altura h_1 desde la parte inferior de la corteza de la materia prima, h_1 preferentemente es de al menos 150 mm. La corteza de materia prima generalmente tiene un espesor de entre 80 y 350 mm. La

altura h_2 del vidrio debajo de la barrera preferentemente es de al menos 100 mm. Preferentemente, la altura del vidrio h_2 debajo de la barrera no supera la altura h_1 de la barrera en contacto con el vidrio fundido debajo de la corteza de materia prima. Esta
5 posición de la barrera produce un incremento del tiempo de residencia del vidrio fundido en el horno, que es favorable para la reducción, e incluso la desaparición, de las partículas no fundidas mezcladas con el vidrio fundido. La barrera favorablemente se extrae de manera lateral, lo cual facilita el
10 desprendimiento de la misma de la pared lateral del horno contra la que se encuentra en contacto. Su capacidad para moverse de manera lateral permite su desprendimiento de la pared lateral del horno. La posición de la barrera en el horno, sujeta a las paredes laterales del horno en cualquier lado de la abertura,
15 permite la movilidad lateral.

Visto desde la parte superior, el horno puede tener una forma poligonal, en particular cuadrada o rectangular, o puede ser circular. La parte inferior del horno puede ser plana o comprender una superficie inclinada. La superficie inclinada de
20 la parte inferior permite trasladar el formador de vidrio fundido hacia el punto más inferior de la parte inferior al inicio de la fundición. Esto se debe a que es favorable obtener el volumen pequeño del formador de vidrio fundido al inicio del llenado del horno para formar un punto caliente que acumule el calor. Esto
25 permite proceder más rápido al comienzo del llenado y, de alguna forma, iniciar la operación del horno. La superficie inclinada puede ser la de cono invertido, cuyo vértice es el punto más inferior de la parte inferior del horno. También puede ser un plano inclinado, cuya intersección con la pared cilíndrica del

horno constituye una línea curva, que exhibe un punto que es la parte más baja de la parte inferior. Pueden existir otras formas. Preferentemente, los electrodos están cerca del lugar donde se introduce la materia prima. De este modo, si la última puede 5 introducirse de forma gradual en distintos lugares, la provisión se realiza de forma favorable para poder mover los electrodos y hacer que sigan el lugar de introducción de la materia prima.

El interior del horno contiene refractarios que entran en contacto con los materiales vitrificables, tanto en la parte 10 inferior como en la pared lateral. La pared lateral generalmente comprende una carcasa de metal externa en contacto con el aire ambiente. Esta carcasa de metal generalmente comprende dos particiones entre las cuales circula un líquido refrigerante, como el agua refrigerante.

15 Los electrodos entran en contacto con los materiales vitrificables para calentarlos mediante el efecto Joule. Los electrodos pueden llegar al vidrio a través de la parte inferior o pueden sumergirse mediante la parte superior. Estos electrodos generalmente comprenden una parte hecha de molibdeno en contacto 20 con los materiales vitrificables. En el caso de los electrodos inmersos en el vidrio mediante la parte superior, además pueden comprender una parte de acero que no entra en contacto con el vidrio, por encima de los materiales vitrificables, que están conectados a un voltaje eléctrico. La introducción de los 25 electrodos mediante la parte superior exhibe distintas ventajas con respecto a la configuración, de acuerdo con lo que los electrodos pasarían a través de la parte inferior. En particular, el paso a través de la parte inferior requiere la preparación de los bloques de electrodo que forman la conexión entre el

electrodo y la parte inferior; dichos bloques son particularmente problemáticos de preparar debido a que la parte inferior también se refrigera mediante una carcasa de metal. La cantidad de electrodos se ajusta como función del tamaño y la extracción del
5 horno.

El horno está equipado con medios para introducir materiales vitrificables, que incluye el vidrio roto. Estos materiales vitrificables generalmente tienen forma de polvo, incluso gránulos, hasta un diámetro de 10 mm, lo cual significa que más
10 del 90% del peso del formador de vidrio está compuesto por partículas, los dos puntos más distantes de cada partícula son menores 10 mm. Los materiales vitrificables se distribuyen de forma homogénea por encima de toda la superficie interna del horno para formar una corteza que cubre los materiales fundidos.
15 Se podrá usar un cargador de lote, como medio para introducir los materiales vitrificables, que alimente el horno mediante la parte superior. Los materiales vitrificables se eyectan de manera uniforme por toda la superficie del horno. Los materiales vitrificables que aún no se fundieron forman una corteza en la
20 superficie, encima de los materiales vitrificables fundidos. Esta corteza forma un escudo térmico que limita la pérdida de calor mediante la parte superior. Generalmente, el horno no está equipado con medios para agitar los materiales vitrificados (sin agitador mecánico o quemador sumergido), excepto posiblemente del
25 tipo borboteador.

La superficie de vidrio en el horno en contacto con la atmósfera del horno generalmente es de entre 1 y 30 m². En la operación, la profundidad de los materiales vitrificables (fundido+no fundido) generalmente es de entre 200 y 1000 mm, y

preferentemente entre 300 y 800 mm, incluso entre 400 y 600 mm. La extracción en operación del dispositivo generalmente puede ser de entre 5 y 100 toneladas por día.

El canal alimentador puede comprender al menos un orificio
5 en su parte inferior. Puede comprender 2, 3 o más de ellos, de acuerdo con la cantidad de dispositivos de transformación, en particular dispositivos de fibrado, a alimentar de manera simultánea. La línea de materiales vitrificables fundidos que pasa por este orificio posteriormente puede dirigirse hacia una
10 máquina de fibrado. El flujo de vidrio en el canal es laminar.

La transformación en fibras puede llevarla a cabo un dispositivo de "centrifugado interno". Una persona capacitada en la técnica conoce el principio del proceso de centrifugado interno. En resumen, este proceso consiste en introducir una
15 línea de material mineral fundido en un rotámetro, también conocido como plato de fibrado, que gira a alta velocidad y tiene distintos orificios en su periferia a través de los cuales se eyecta el material fundido en forma de filamentos bajo el efecto de la fuerza centrífuga. Estos filamentos luego se someten a la
20 acción de una corriente anular de tracción a alta temperatura y alta velocidad, mientras sujeta la pared del rotámetro, cuya corriente los hace más estrechos y los transforma en fibras. Esta corriente de tracción gaseosa arrastra las fibras formadas a un dispositivo receptor que generalmente consta de un cinturón
25 permeable a gases. Este proceso conocido dio lugar a distintas mejoras, que incluye particularmente a aquellos que se enseñaron en las Solicitudes de Patente Europea EP 0 189 534, EP 0 519 797 y EP 1 087 912.

De acuerdo con la invención, el dispositivo es apto para la fundición de todo tipo de vidrio.

De acuerdo con la invención, el dispositivo en particular puede usarse para fundir vidrio para obtener fibra con las composiciones descritas en uno u otro de los documentos W099/57073, W099/56525, W000/17117, W02005/033032 y W02006/103376. La temperatura de fibrado ideal depende de la composición del material fundido.

Generalmente, se pretende que su viscosidad sea de entre 25 Pa.s y 120 Pa.s.

De este modo, la invención también se relaciona con un proceso para la preparación de vidrio que comprende la fundición de materiales vitrificables mediante el dispositivo, de acuerdo con la invención. De acuerdo con este proceso, el canal del dispositivo puede alimentar un dispositivo de fibrado de lana de vidrio.

El vidrio final puede tener una composición (composición A) que comprenda:

SiO₂: 35 a 80% en peso,

Al₂O₃: 0 a 30% en peso,

CaO+MgO: 5 a 35% en peso,

Na₂O+K₂O: 0 a 20% en peso,

sin dejar de comprender que, en general,

SiO₂+Al₂O₃ se encuentra dentro del rango que va desde el 50 al 80% en peso y que Na₂O+K₂O+B₂O₃ se encuentra dentro del rango que va desde el 5 al 30% en peso.

Los materiales vitrificables introducidos pueden corresponder a la composición de una lana de vidrio (composición B) y puede comprender:

SiO_2 : 50 a 75% en peso,

Al_2O_3 : 0 a 8% en peso,

$\text{CaO}+\text{MgO}$: 5 a 20% en peso,

Óxido de hierro: 0 a 3% en peso,

5 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$: 12 a 20% en peso,

B_2O_3 : 2 a 10% en peso,

Los materiales vitrificables introducidos también pueden corresponder a la composición de una lana de vidrio rica en alúmina (composición C) y puede comprender:

10 SiO_2 : 35 a 50% en peso,

Al_2O_3 : 10 a 30% en peso,

$\text{CaO}+\text{MgO}$: 12 a 35% en peso,

Óxido de hierro: 2 a 10% en peso,

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$: 0 a 20% en peso.

15 El vidrio en el horno generalmente tiene una temperatura superior a los 1200°C . Además, generalmente tiene una temperatura inferior a los 1700°C . Si el vidrio tiene la composición de lana de vidrio rica en alúmina como se mostró recién (composición C), su temperatura en el horno generalmente es de entre 1350 y

20 1700°C . Si el vidrio tiene la composición de una lana de vidrio convencional (composición B), su temperatura en el horno generalmente es de entre 1200 y 1420°C . De acuerdo con la invención, en el dispositivo, la temperatura más alta para el vidrio se encuentra en el horno y nunca después de la barrera. De

25 este modo, el punto más caliente para el vidrio se encuentra en el horno, enfrente de la superficie hacia arriba de la barrera. Esto se debe a que el dispositivo de acuerdo con la invención tiene la eficacia suficiente para fundir el vidrio sin la

necesidad de proporcionar una zona de refinado detrás de la barrera.

La temperatura es lo suficiente y favorablemente alta como para que la viscosidad η en equilibrio con el vidrio a 1 cm de la superficie hacia arriba de la barrera sea $\log_{10} \eta < 2$. Esta temperatura relativa permite dar fluidez al vidrio, que al mismo tiempo permite establecer una corriente de convección fuerte en la salida del horno. Esta corriente fuerte, combinada con la ubicación de la superficie hacia arriba de la barrera justo en la corriente de convección, evita la formación de vidrio sólido en la superficie hacia arriba de la barrera, y elimina la liberación de partículas no controladas y no deseadas durante la fabricación. Esta viscosidad se considera a una distancia de 1 cm de la superficie hacia arriba de la barrera hacia el interior del horno, a mitad de camino de la anchura de la barrera y a una altura media de la profundidad de la barrera en contacto con el vidrio.

Cuanta más radiación de IR absorbe el formador de vidrio, más se limitan las transferencias de calor y más gradiente de calor significativo se observa desde la parte inferior de la corteza de materia prima que flota sobre el formador de vidrio fundido. Desde hasta 3% en peso de óxido de hierro se considera que el vidrio absorbe poca radiación infrarroja y la temperatura del vidrio es sustancialmente homogénea en el horno. La invención es particularmente apta para la fundición de este tipo de vidrio que tiene un contenido bajo de óxido de hierro. En este caso, la temperatura del vidrio en el horno generalmente es de entre 1200 y 1400°C.

El canal alimentador puede alimentar, en particular, un dispositivo para el fibrado de lana de vidrio o un dispositivo para la fabricación de vidrio hueco, como botellas pequeñas o grandes.

5 La Figura 1 representa un dispositivo de acuerdo con la invención, vista superior.

La Figura 2 representa el mismo dispositivo que el de la Figura 1, vista lateral.

La Figura 3 representa una comparación de la distribución de
10 las temperaturas cuando la barrera está en el canal en a) o en el horno en b).

La Figura 4 representa un horno de acuerdo con W02013/098504 en perspectiva.

Las figuras no están a escala.

15 La Figura 1 representa un dispositivo de acuerdo con la invención, vista superior. Comprende un horno 1, las paredes laterales 2 de las cuales se forma un rectángulo visto desde arriba. El horno comprende una abertura lateral 3. Los electrodos de molibdeno 4 se sumergen en los materiales vitrificables
20 mediante la parte superior para calentar los últimos a través del efecto Joule. Esta abertura está conectada a un canal alimentador 5. Una barrera 6, ubicada en el horno 1, se sumerge en el vidrio mediante la parte superior. Esta barrera tiene una anchura superior a la de la abertura y está sujeta en los marcos 7 y 7'
25 de las paredes. Un escalón hacia arriba 8 al inicio del canal desciende la altura del vidrio en la transición del horno al canal. El escalón está a una distancia d1 detrás de la barrera, d1 preferentemente es mayor a 250 mm. El círculo más grande 9 es la superficie más hacia abajo del horno y está grabado en el

horno visto desde arriba, barrera excluida, representado con guiones. Este círculo virtual toca las paredes laterales y los dos marcos en cada lado de la abertura ya que no se considera la barrera para la ubicación de este círculo. La superficie hacia arriba 10 de la barrera se encuentra dentro del círculo 9. El plano vertical V que pasa a través de la superficie hacia arriba 10 de la barrera de hecho toca este círculo 9, ya que lo divide en dos lugares. La barrera se encuentra en el horno y se apoya en las paredes laterales del horno en cualquier lado de la abertura 10 3.

La Figura 2 representa el mismo dispositivo que el de la Figura 1, vista lateral. Las referencias compartidas con las de la Figura 1 denotan los mismos componentes o características. En el horno 1, una corteza de materia prima 20 que aún no se fundió flota por encima del nivel del vidrio 21. La barrera se sumerge en el vidrio a una profundidad h_1 desde la parte inferior de la corteza de material prima. La altura del vidrio debajo de la barrera es h_2 . La altura h_3 del vidrio en el canal es menor a la altura de vidrio fundido h_1+h_2 en el horno. El círculo 9 de la 20 Figura 1 ocurre en la altura del lateral más alto de la parte inferior del canal 5, es decir, en el plano horizontal H de la Figura 2.

La Figura 3 representa una comparación de la distribución de las temperaturas cuando la barrera está en el canal en a) o en el 25 horno en b). En estas configuraciones a) y b), la abertura lateral del horno se encuentra en el nivel de la superficie hacia abajo de la barrera ubicada de acuerdo con la Figura 3b). En particular, se observa que la superficie de la barrera que se gira hacia el centro del horno (hacia la izquierda en las

figuras) es más caliente en b) que en a). Para estas mediciones, se utilizó un horno con un área de superficie de vidrio de 2.5 m², y se operó con una extracción de 6,2 toneladas por día. El vidrioó comprendió 65,7% de SiO₂, 17,1% de Na₂O+K₂O, 4,5% de B₂O₃, 2,05% de Al₂O₃, 8% de CaO y 2,5% de MgO. La temperatura inferior fue de 1350°C.

La Figura 4 representa un horno de acuerdo con W02013/098504 en perspectiva. Se representa únicamente la fórmula general para mostrar la ubicación de la barrera. El horno 40 es circular y la barrera 41, que es extraíble de manera vertical, se ubica en el canal 42 de manera que el círculo horizontal más grande que puede estar grabado en la superficie más hacia abajo del horno no pueda entrar en contacto con la barrera. El círculo más grande además corresponde a la pared interna circular del horno. De acuerdo con esta disposición, la barrera se encuentra en una región bastante fría y no puede extraerse de forma lateral. Como consecuencia, puede suceder que se bloquee la barrera en el canal y que sea difícil extraerla.