

HORNO HÍBRIDO DE FABRICACIÓN DE VIDRIO CON FUSIÓN ELÉCTRICA PARA ALIMENTACIÓN DE UNIDAD DE FLOTADOR

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5

[0001] Esta invención se relaciona con un horno híbrido de fabricación de vidrio con fusión eléctrica para alimentación de unidad de flotador.

10 [0002] La invención se refiere más particularmente a un horno híbrido de fabricación de vidrio con fusión eléctrica para alimentar una unidad de flotación, que comprende además una zona de fusión eléctrica con una tapa fría para fundir una mezcla vitriificable que está conectada, a través de un primer cuello de tanque, a un refinador y zona de homogeneización con tapa caliente compuesta por dos bucles de convección de vidrio para obtener, en
15 la cantidad adecuada, un vidrio de gran calidad.

[0003] El horno híbrido de fabricación de vidrio según la invención no solo es capaz de producir un vidrio de gran calidad que tiene menos de 0,1 burbujas por litro, sino que también es capaz de producir dicho vidrio con una tasa de
20 extracción de al menos 400 toneladas por día para suministro de una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido destinada a la fabricación de vidrio plano.

ANTECEDENTES TÉCNICOS

25

[0004] Del estado de la técnica se conocen diferentes diseños ejemplares de hornos para la fabricación de vidrio, que dependen en particular del producto a fabricar, es decir de la conformación final del vidrio.

30 [0005] Así, se distinguen diferentes diseños de hornos dependiendo de si la producción prevista se refiere a fibras de vidrio, vidrio hueco industrial o vidrio plano.

5 [0006] Uno de los retos industriales en el diseño de hornos de vidrio es poder obtener un vidrio cuyos requisitos de calidad dependan del producto. En este sentido, la producción de vidrio plano es comparativamente una de las más exigentes.

10 [0007] Producido en grandes cantidades, el vidrio plano se utiliza en una amplia gama de aplicaciones gracias a su versatilidad. Es muy utilizado en los sectores de la electrónica (pantallas planas), la construcción y la automoción, donde puede procesarse mediante una gran variedad de técnicas (plegado, templado, etc.), lo que lo convierte en el vidrio base de toda una gama de productos de vidrio.

15 [0008] En vista de las cuestiones de calidad y cantidad involucradas, la presente invención está particularmente dirigida a la fabricación de vidrio para la conformación industrial de dicho vidrio plano, que se obtiene convencionalmente mediante una unidad de flotación de vidrio sobre un baño de metal fundido, generalmente estaño, por lo que este tipo de vidrio plano todavía se llama vidrio flotado.

20 [0009] Para la fabricación de vidrio plano, se espera poder alimentar la unidad de flotador con vidrio de gran calidad, es decir, vidrio que contenga la menor cantidad de burbujas posible, es decir, generalmente vidrio con menos de 0,5 burbujas/litro.

25 [0010] La calidad del vidrio está determinada en particular, pero no exclusivamente, por el número de burbujas presentes en el vaso, expresado en "burbujas por litro". Cuanto menor sea el número de burbujas por litro en un vaso, mayor se considera su calidad.

30 [0011] También hay que recordar que la presencia de burbujas (o defectos gaseosos) en el vidrio es inherente al proceso de elaboración del vidrio, donde

generalmente existen tres etapas o fases sucesivas: fusión, refinado y homogeneización, y acondicionamiento térmico del vidrio.

[0012] La presencia de burbujas en el vidrio da como resultado la etapa de fusión durante la cual se funde una mezcla vitrificable, también llamada "lote" (composición). La mezcla vitrificable está constituida por materias primas que comprenden, por ejemplo, una mezcla de arena, piedra caliza (carbonato de calcio), carbonato de sodio y dolomita para la fabricación de vidrio sodocálcico (el vidrio más utilizado para la fabricación de vidrio plano), para al que se añade ventajosamente casco de vidrio, compuesto de vidrios rotos para favorecer la fusión.

[0013] La mezcla vitrificable se transforma en una masa líquida en la que incluso las partículas menos miscibles, es decir, se disuelven las más ricas en dióxido de silicio o sílice (SiO_2) y bajas en óxido de sodio (Na_2O).

[0014] El carbonato de sodio (Na_2CO_3) comienza a reaccionar con granos de arena a 775°C , liberando burbujas de dióxido de carbono (CO_2) en un líquido que se vuelve cada vez más viscoso a medida que el carbonato se transforma en silicato. Asimismo, la transformación de los granos de caliza en cal y la descomposición de la dolomita también provocan la emisión de dióxido de carbono (CO_2).

[0015] La etapa de fusión finaliza cuando ya no quedan partículas sólidas en el líquido del vidrio fundido, que se ha vuelto muy viscoso y, en esta etapa del proceso de fabricación, está lleno de burbujas de aire y gas.

[0016] La etapa de refinado y homogeneización permite entonces eliminar las burbujas presentes en el vidrio fundido. Como es bien sabido, en esta etapa se utilizan ventajosamente "agentes refinadores", es decir sustancias en baja concentración que, al descomponerse a la temperatura de fusión del baño,

suministran gases que hacen que las burbujas se hinchen, acelerando así su ascenso a la superficie del vidrio.

5 [0017] La etapa de acondicionamiento térmico del proceso de fabricación permite entonces bajar la temperatura del vidrio ya que, al inicio de la operación de conformación, la viscosidad del vidrio debe ser generalmente al menos diez veces mayor que durante el refinado.

10 [0018] Cada una de las etapas de fabricación del vidrio que se acaban de describir corresponde naturalmente a la estructura de un horno utilizado para realizarlas.

15 [0019] Normalmente, un horno de vidrio de este tipo comprende una zona de fusión en la que el lote de vidrio se funde para formar un baño de vidrio, seguido de una zona de refinación y homogeneización para eliminar las burbujas de vidrio, y finalmente una zona de acondicionamiento térmico para enfriar el vidrio hasta su temperatura de formación, que es muy inferior a las temperaturas que experimenta el vidrio durante su elaboración.

20 [0020] Del proceso de fabricación de vidrio mencionado anteriormente, podemos ver que la etapa de fusión va acompañada de la emisión de dióxido de carbono (CO_2), uno de los principales gases de efecto invernadero implicados en el cambio climático.

25 [0021] Por este motivo, se está intentando utilizar una proporción cada vez mayor de vidrio desecho para reducir estas emisiones directas de dióxido de carbono (CO_2), así como las emisiones indirectas de dióxido de carbono (CO_2) asociadas a las materias primas utilizadas en la mezcla vitrificable.

30 [0022] De hecho, además de la fabricación de un vidrio de gran calidad, así como los desafíos industriales de alta productividad con el menor costo posible de construcción y operación del horno, uno de los otros grandes

desafíos actuales que la industria del vidrio debe afrontar es ecológico, es decir, la necesidad de para encontrar soluciones para reducir la huella de carbono (o huella de CO₂) del proceso de producción del vidrio.

- 5 [0023] Para lograr la neutralidad de carbono, se prefiere un enfoque global del proceso, buscando actuar de múltiples maneras para reducir tanto las emisiones directas durante la fabricación como las emisiones indirectas, así como las emisiones ascendentes y descendentes en la cadena de valor, por ejemplo las relacionadas con el transporte de materiales aguas arriba y del
10 producto aguas abajo.

[0024] Por lo tanto, estas múltiples formas incluyen el diseño de productos y la composición de materiales, mejorar la eficiencia energética de los procesos industriales, utilizar energías renovables y descarbonizadas, trabajar con
15 proveedores y transportistas de materias primas para reducir sus emisiones y, finalmente, explorar tecnologías para capturar y secuestrar emisiones residuales.

[0025] Además de las emisiones directas inherentes al proceso de fabricación
20 de vidrio mencionado anteriormente, el tipo de energía utilizada, particularmente para la etapa de fusión a alta temperatura (más de 1500 °C), representa la mayor parte de la huella de carbono del proceso de fabricación de vidrio, ya que por lo general se trata de combustibles fósiles, en la mayoría de los casos gas natural o incluso productos derivados del petróleo como el
25 fueloil.

[0026] En consecuencia, la investigación sobre nuevos diseños de hornos no solo debe abordar los desafíos industriales asociados con la calidad del vidrio, sino también reducir la huella de carbono del proceso de fabricación del vidrio,
30 tanto en términos de emisiones directas como indirectas de dióxido de carbono (CO₂), en particular reduciendo el uso de combustibles fósiles.

[0027] La fabricación de vidrio se lleva a cabo en hornos que han evolucionado constantemente desde los primeros hornos de crisol, pasando por el horno Siemens, que generalmente se considera el antepasado de los grandes hornos de vidrio de fusión continua actuales, como los hornos de fuego cruzado que pueden producir hasta 1.200 toneladas de vidrio flotado por día.

[0028] La elección de la energía utilizada para la masa fundida conduce así a dos diseños comunes de grandes hornos para la fabricación de vidrio: hornos de llama y hornos eléctricos.

10

[0029] Según el primer diseño, los hornos de llama utilizan generalmente combustibles fósiles, en particular gas natural para los quemadores; la energía térmica se transmite así al vidrio mediante el intercambio de calor entre las llamas y la superficie del baño de vidrio.

15

[0030] Los hornos de fuego cruzado antes mencionados son un ejemplo de horno que sigue este primer diseño y se utilizan ampliamente para suministrar vidrio fundido a una unidad de flotación destinada a fabricar vidrio plano.

20 [0031] Según el segundo diseño, los hornos eléctricos son aquellos en los que la energía térmica se produce por el efecto Joule dentro de la masa del vidrio fundido.

25 [0032] En efecto, al ser una sustancia aislante a temperatura ambiente, el vidrio se vuelve conductor de electricidad a alta temperatura, por lo que se puede prever utilizar el efecto Joule en el interior de los vidrios fundidos para calentarlos.

30 [0033] Sin embargo, los hornos eléctricos se utilizan, por ejemplo, para la producción de determinados vidrios, como por ejemplo vidrio opalino con cristal de flúor o de plomo, o se utilizan habitualmente para la fabricación de fibras de vidrio para aislamiento térmico.

[0034] De hecho, un experto en la materia acepta comúnmente que dichos hornos eléctricos no son capaces de suministrar vidrio en cantidad o calidad suficiente (como recordatorio, menos de 0,5 burbujas por litro) a una unidad
5 de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido destinado a la fabricación de vidrio plano.

[0035] Los hornos eléctricos de la técnica anterior conocidos por el solicitante son capaces como máximo de suministrar una tasa de extracción de 200 a
10 250 toneladas por día de un vidrio que tiene, en el mejor de los casos, unos pocos cientos de burbujas por litro, más generalmente unos pocos miles, que posiblemente pueden ser adecuado para formar vasos huecos, normalmente botellas, pero no es en modo alguno el caso para la fabricación de vidrio plano y, en consecuencia, para suministrar una unidad de flotación.

15

[0036] Esta es la razón por la que los hornos de llama (como los hornos de fuego cruzado) siguen siendo hoy en día solo los hornos capaces de alimentar una unidad de vidrio flotado de este tipo.

20 [0037] Sin embargo, los hornos de llama dependen del uso de combustibles fósiles, fundamentalmente gas natural, por lo que su huella de carbono difícilmente es compatible con los objetivos de reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), es decir, la huella de carbono del proceso de producción de vidrio.

25

[0038] Para completar la descripción de los diseños de hornos para la fabricación de vidrio según la técnica anterior, se mencionará un "tercer diseño" de horno, del que se han conocido cambios recientemente para
30 afrontar en particular la cuestión ecológica de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

[0039] Este tercer diseño de horno se basa en un horno de llama, pero utiliza un calentamiento de refuerzo eléctrico, en particular para aumentar momentáneamente la producción del horno o mejorar la calidad del vidrio.

- 5 [0040] Por lo tanto, estos hornos también se denominan “hornos de llama con funcionamiento eléctrico”.

[0041] Los hornos según este tercer diseño combinan varias fuentes de energía, respectivamente combustibles fósiles y electricidad, por lo que
10 también se denominan hornos "híbridos".

[0042] La adición de calentamiento de refuerzo eléctrico permite mejorar la capacidad de fusión de los hornos de llama, que está limitada por la transferencia de calor que se produce entre la llama y la superficie del baño
15 de vidrio.

[0043] Sin embargo, el funcionamiento de un horno híbrido de este tipo siempre se basa principalmente en el uso de un combustible fósil, normalmente gas, de modo que el impacto final obtenido en la mejora de la
20 huella de carbono del proceso de producción de vidrio sigue siendo limitado.

[0044] De hecho, aquí la electricidad se utiliza solo como refuerzo, por lo que su impacto es proporcional. Además, para mejorar eficazmente la huella de carbono, la electricidad utilizada debe seguir siendo la llamada electricidad
25 “ecológica”, es decir, una electricidad producida a partir de fuentes de energía renovables y descarbonizadas.

[0045] El objetivo de la invención es, en particular, proponer un nuevo diseño de horno para la fabricación de vidrio capaz de proporcionar un vidrio de gran
30 calidad y de suministrar una unidad de vidrio flotado para la fabricación de vidrio plano, con un nivel de consumo energético que permita obtener una

reducción significativa de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) derivados del proceso de elaboración del vidrio.

COMPENDIO DE LA INVENCION

5

[0046] A tal efecto, la invención propone un horno híbrido de fabricación de vidrio para suministrar una unidad de flotación del vidrio sobre un baño de metal fundido, y dicho horno híbrido, desde aguas arriba hasta aguas abajo, comprende:

- 10 - una zona de fusión eléctrica con tapa fría que comprende electrodos para fundir una mezcla vitrificable para obtener un baño de vidrio;
- una zona de refinado y homogeneización con tapa caliente, que comprende un primer bucle de convección y un segundo bucle de convección; y
- una zona de enfriamiento del vidrio formada por un tanque de acondicionamiento que, al ser atravesado por dicho segundo bucle de convección, está conectado a al menos un canal de flujo,
- 15 caracterizado porque el horno híbrido comprende al menos un cuello de tanque que, denominado primer cuello de tanque comprende un piso y conecta la zona de fusión eléctrica con la zona de refinado y homogeneización del vidrio y porque dicho horno híbrido comprende un dispositivo de separación "antirretorno" que, colocado en dicho primer cuello del tanque, está diseñado para evitar que el vidrio fundido en la zona de refinado y homogeneización regrese a la zona de fusión.
- 20
- 25 [0047] Ventajosamente, dicho primer cuello de cuba del horno híbrido, asociado al dispositivo de separación, participa en el control de la temperatura del vidrio permitiendo asegurar el enfriamiento del vidrio que fluye desde la zona de fusión eléctrica a la zona de refinado y homogeneización del vidrio, mediante lo cual se obtiene un control del primer bucle de convección y del
- 30 segundo bucle de convección, con el beneficio final de fabricar la cantidad deseada de vidrio de gran calidad.

[0048] Ventajosamente, el horno híbrido comprende medios para enfriar el vidrio que son capaces de enfriar selectivamente el vidrio en el primer cuello del tanque. Preferiblemente, el horno híbrido comprende un dispositivo de enfriamiento por circulación de aire.

5

[0049] Ventajosamente, los medios de refrigeración del vidrio pueden garantizar una refrigeración variable, es decir regulable, en particular determinada en función de la temperatura del vidrio.

10 [0050] El horno híbrido según la invención permite combinar, por una parte, una masa fundida de mezcla vitrificable de alto rendimiento en la zona de fusión y, por otra parte, un control de la temperatura del vidrio introducido en la zona de refinado y de homogeneización, en particular para obtener un flujo del vidrio en su interior, respectivamente con un primer bucle de convección y
15 un segundo bucle de convección con lo que se obtiene en particular un vidrio de gran calidad.

[0051] De hecho, el dispositivo de separación limita la cantidad de vidrio fundido que fluye aguas abajo de la zona de fusión, promoviendo así el
20 enfriamiento del vidrio en el primer cuello del tanque y la razón por la que existe sinergia entre el dispositivo de separación y el primer cuello del tanque.

[0052] Además, el dispositivo de separación también evita que el vidrio regrese al primer cuello del tanque, desde la zona de refinado y
25 homogeneización a la zona de fusión, por lo que el vidrio fundido es capaz de enfriarse en el primer cuello del tanque y luego refinarse en la zona de refinado y homogeneización, que comprende un primer bucle de convección y un segundo bucle de convección.

30 [0053] Ventajosamente, el dispositivo de separación que garantiza la función de impedir el retorno del vidrio a la zona de fusión eléctrica comprende una

presa o al menos una elevación del fondo del primer cuello del tanque según las formas de realización.

5 [0054] Según la invención, la configuración general del horno híbrido con una zona de fusión eléctrica y una zona de refinado con dos circuitos de convección, así como el primer cuello de cuba que los une y el dispositivo de separación permiten juntos, es decir, en combinación, obtener no solo un vidrio de gran calidad, es decir que tenga menos de 0,1 burbujas por litro, sino también entregar una cantidad de este vidrio con una tasa de extracción superior o igual a 400 toneladas por día para, en particular, poder para
10 alimentar una unidad de flotador.

[0055] Así, el horno híbrido según la invención es capaz de proporcionar al vidrio una zona de formación constituida por una unidad de vidrio flotado sobre
15 un baño de metal fundido destinado a la fabricación de vidrio plano.

[0056] Ventajosamente y en contra de las suposiciones del experto en la materia, el horno híbrido según la invención permite por tanto combinar vidrio de gran calidad y grandes cantidades, haciéndolo con una zona de fusión eléctrica con tapa fría (y no con una zona de fusión de llama).
20

[0057] En la presente invención, la electricidad representa así más del 60 %, o incluso el 80 % e incluso más, de la energía total utilizada en el horno híbrido para el proceso de fabricación del vidrio.
25

[0058] El horno según la invención se denomina "híbrido" por analogía con el tercer diseño de horno descrito anteriormente, por lo que se utiliza el término "híbrido" para calificarlo como resultado del uso de dos fuentes de energía diferentes, respectivamente energía eléctrica y energía del combustible.
30

[0059] Sin embargo, la analogía con la presente invención no va más allá, ya que la energía eléctrica es la única fuente de energía utilizada para fundir el

vidrio durante su fabricación, y por lo tanto la energía combustible, un combustible fósil o equivalente, sólo se utiliza en el horno para afinar y homogeneizar el vidrio.

- 5 [0060] Ventajosamente, el horno híbrido según la invención combina, por un lado, una zona de fusión eléctrica con una tapa fría y, por otro lado, una zona de refinado y homogeneización del vidrio mediante llama, es decir, por combustión, preferentemente con un impulso eléctrico, y dicha zona de fusión y zona de refinado están separadas por el llamado dispositivo de separación
- 10 "antirretorno" que mantiene el vidrio alejado de la zona de fusión.

- [0061] Gracias a dicha combinación, en particular al dispositivo de separación y de control de la temperatura del vidrio que entra en la zona de refinado y de homogeneización, el horno híbrido según la invención permite obtener un
- 15 vidrio de gran calidad, es decir que comprende menos de 0,1 burbuja por litro, pudiéndose suministrar al mismo tiempo en grandes cantidades, de modo que este vidrio sea ventajosamente capaz de abastecer una unidad de vidrio flotado destinada a la fabricación de vidrio plano.

- 20 [0062] Por lo tanto, la presente invención va en contra de las suposiciones de un experto en la materia, que no creería que un horno de fusión eléctrico pueda permitir también obtener un vidrio de tan alta calidad en tales cantidades.

- 25 [0063] En la presente invención, se obtiene en particular un vidrio de gran calidad gracias a la etapa de refinado y de homogeneización que se realiza después de la etapa de fusión eléctrica, y dicha etapa está controlada ventajosamente por el enfriamiento del vidrio que permite el primer cuello del tanque, cuyo enfriamiento participa en la obtención de los dos bucles de
- 30 convección, al controlar el direccionamiento del vidrio.

[0064] Ventajosamente, el vidrio de gran calidad se obtiene también gracias al dispositivo de separación que, dispuesto en el primer cuello del tanque del horno híbrido, está configurado de manera que no hay retorno del vidrio fundido desde la zona de refinado y homogeneización a la zona de fusión.

5

[0065] Gracias al dispositivo de separación, el flujo del vidrio en el primer cuello del tanque es un flujo de “pistón”.

10 [0066] Ventajosamente, el dispositivo de separación está formado por una presa o una elevación del fondo del primer cuello del tanque que pueden, respectivamente, solos o juntos, impedir que el vidrio fundido regrese de la zona de refinado y de homogeneización a la zona de fusión eléctrica de la zona del horno híbrido según la invención.

15 [0067] En un horno híbrido según la invención, mediante dicho dispositivo de separación, no se extiende ningún bucle de convección o bucle de recirculación de vidrio desde la zona de refinado y homogeneización hasta la zona de fusión.

20 [0068] En comparación, una garganta sumergida que conecta una zona de fusión con una zona de refinado no puede garantizar tal función de impedir que el vidrio regrese a un horno. En efecto, en tal garganta sumergida existe una corriente de retorno del vidrio, en particular debido al desgaste de los materiales.

25

[0069] Además, el vidrio que fluye en una garganta sumergida no está en contacto con la atmósfera, por lo que tampoco puede enfriarse de forma controlada y variable en la superficie, en particular mediante un dispositivo de refrigeración por circulación de aire.

30

[0070] En comparación con una garganta sumergida cuya sección está limitada por la construcción, el primer cuello del tanque permite además un

flujo del vidrio con una tasa de tracción que corresponde a la alimentación de una unidad de flotador.

5 [0071] Según la invención, la etapa de refinado y de homogeneización del vidrio se realiza sobre un vidrio que contiene ventajosamente pocas o ninguna parte no fundida, en particular gracias al dispositivo de separación "antirretorno" que permite aumentar el tiempo de residencia del vidrio en la zona de fusión eléctrica.

10 [0072] El horno híbrido según la presente invención consiste en una combinación de características más que en una yuxtaposición, ya que existen interacciones entre las características técnicas, una sinergia, en particular entre la zona de fusión eléctrica y la zona de refinado y homogeneización con dos bucles de convección, gracias al primer cuello del tanque y al dispositivo
15 de separación asociado que son respectivamente capaces de permitir que el vidrio se enfríe y evitar que el vidrio regrese a la zona de fusión.

[0073] Gracias al primer cuello de tanque y al dispositivo de separación, la temperatura del vidrio se puede controlar por separado y con precisión en la
20 zona de fusión eléctrica, por un lado, y en la zona de refinado y homogeneización, por otro lado.

[0074] Preferiblemente, la longitud del primer cuello del tanque está configurada para obtener enfriamiento, bajando la temperatura del vidrio
25 destinado a fluir posteriormente a la zona de refinado y homogeneización.

[0075] De hecho, el vidrio fundido obtenido mediante fusión eléctrica tiene generalmente temperaturas más altas, especialmente en comparación con la fusión a la llama.

30

[0076] A modo de ejemplo, la temperatura del vidrio en la zona de fusión es de aproximadamente 1450 °C, mientras que la temperatura deseada para el

vidrio en la parte aguas abajo del primer cuello del tanque es más del orden de 1300 °C a 1350 °C.

5 [0077] Ventajosamente, el horno híbrido comprende medios de enfriamiento de vidrio dispuestos en el primer cuello del tanque para enfriar selectivamente el vidrio, es decir, controlar el enfriamiento para regular activamente la temperatura del vidrio.

10 [0078] Preferiblemente, los medios de enfriamiento están formados por al menos un dispositivo de enfriamiento por circulación de aire, y el aire introducido en la atmósfera del primer cuello del tanque para entrar en contacto con la superficie del baño de vidrio y extraído para eliminar el calor (calorías) se transmite al aire por el vidrio.

15 [0079] Alternativamente, los medios de enfriamiento están sumergidos en el vidrio que fluye de aguas arriba a aguas abajo a través del primer cuello del tanque para permitir su enfriamiento.

20 [0080] Dichos medios de refrigeración sumergidos en el vidrio están formados, por ejemplo, por la presa que, formando todo o parte del dispositivo de separación, se enfría mediante un circuito de refrigeración con fluido caloportador, en particular un circuito del tipo "camisa de agua".

25 [0081] Según otro modo de realización, los medios de refrigeración están formados por unos pernos verticales dispuestos en el primer cuello del depósito e inmersos en el vidrio que se enfrían mediante un circuito de refrigeración con fluido caloportador para eliminar el calor transmitido por el vidrio.

30 [0082] Según todavía otra realización, los medios de refrigeración son capaces de enfriar la estructura del primer cuello de tanque en contacto con

el vidrio, y el enfriamiento se efectúa desde el exterior de la estructura del primer cuello de tanque.

5 [0083] Por supuesto, los medios de refrigeración asociados al primer cuello del tanque según los diversos ejemplos que se acaban de dar pueden implementarse solos o en combinación.

10 [0084] Ventajosamente, los medios de refrigeración del vidrio asociados al primer cuello del tanque permiten controlar selectivamente la temperatura del vidrio, temperatura que es probable que varíe, en particular cuando varía la tasa de tracción, ya que un aumento en la tasa de tracción provoca un aumento de la temperatura del vidrio.

15 [0085] En comparación con dichos medios para enfriar el vidrio asociados con el primer cuello del tanque, dicho enfriamiento variable del vidrio no sería posible con una garganta sumergida.

20 [0086] Ventajosamente, el horno híbrido según la invención emplea energía eléctrica para la fusión de la mezcla vitrificable y se basa en la disponibilidad cada vez mayor de electricidad "ecológica", obtenida por ejemplo de energía eólica, energía solar, etc., en lugar de combustibles fósiles como, por ejemplo, carbón o petróleo.

25 [0087] Ventajosamente, la energía combustible utilizada en los quemadores de la zona de refinado y homogeneización no es un combustible fósil tal como el gas natural sino otra energía combustible equivalente, preferentemente hidrógeno, o alternativamente biometano.

30 [0088] Por consiguiente, el horno híbrido según la invención es capaz de abordar no solo la cuestión de la gran calidad del vidrio y de la tasa de extracción respectivamente necesarias para alimentar una unidad de flotador,

sino también las cuestiones ecológicas, con el fin de permitir una reducción de la huella de carbono del proceso de elaboración del vidrio.

[0089] Según otras características del horno según la invención:

- 5 - el dispositivo de separación comprende una presa destinada a quedar parcialmente sumergida en el baño de vidrio;
- el dispositivo de separación consiste únicamente en una presa capaz de impedir que el vidrio fundido regrese de la zona de refinado y de homogeneización a la zona de fusión, preferentemente dicha presa está
- 10 situada en el extremo aguas arriba del primer cuello del tanque;
- el dispositivo de separación comprende al menos una elevación del suelo del primer cuello del tanque;
- el dispositivo de separación consiste únicamente en una elevación del suelo capaz de impedir que el vidrio fundido regrese de la zona de refinado y de
- 15 homogeneización a la zona de fusión;
- el dispositivo de separación que garantiza la función de impedir el retorno del vidrio a la zona de fusión comprende una presa o al menos una elevación del suelo;
- el dispositivo de separación que garantiza la función de impedir que el vidrio
- 20 regrese a la zona de fusión comprende una presa combinada con dicha al menos una elevación del suelo;
- dicha al menos una elevación del piso comprende, de aguas arriba a aguas abajo, al menos un tramo ascendente, un tramo superior y un tramo descendente;
- 25 - la presa está dispuesta en el primer cuello del tanque por encima de la sección superior de la elevación del suelo;
- al menos una de dicha sección ascendente y sección descendente de dicha al menos una elevación del piso está inclinada con respecto a la horizontal o comprende una sección superior;
- 30 - dicha al menos una elevación tiene una altura máxima que determina, total o parcialmente, una sección de paso del vidrio fundido en el primer cuello del tanque;

- la presa está montada de manera móvil verticalmente para permitir el ajuste de la profundidad de su inmersión en el baño de vidrio;
- la presa, sola o en combinación con dicha al menos una elevación, determina una sección del paso del vidrio fundido susceptible de variar en función de la
- 5 regulación de la profundidad de dicha presa;
- el embalse es desmontable, es decir desprendible, para permitir en particular su sustitución en caso de desgaste y facilitar el mantenimiento del horno;
- el horno híbrido comprende al menos un medio de separación atmosférica, tal como un tabique vertical, que es capaz de separar la atmósfera de la zona
- 10 de fusión eléctrica con tapa fría y la atmósfera de la zona de refinado y homogeneización con tapa caliente;
- el horno híbrido comprende medios de bloqueo que, dispuestos en el extremo aguas arriba del primer cuello del tanque, son capaces de retener la capa de mezcla vitrificable en la zona de fusión eléctrica de manera que dicha
- 15 mezcla vitrificable presente en la superficie del baño de vidrio no penetre en el primer cuello del tanque;
- los medios para bloquear la capa de mezcla vitrificable están formados por el dique;
- los medios de bloqueo están formados por el medio de separación cuyo
- 20 extremo libre se extiende hasta la superficie del baño, o está sumergido en el baño de vidrio;
- los medios de bloqueo son distintos de dichos medios de separación, y dichos medios de bloqueo están unidos a los medios de separación o alejados de ellos;
- 25 - el horno híbrido comprende medios de refrigeración del vidrio que pueden enfriar el vidrio en el primer cuello del tanque, en particular al menos un dispositivo de refrigeración por circulación de aire;
- el horno híbrido comprende una zona de carga en la que está dispuesto un dispositivo de carga para introducir dicha mezcla vitrificable en la zona de
- 30 fusión eléctrica;

- el dispositivo de carga está configurado para depositar la mezcla vitrificable sobre toda la superficie del baño de vidrio para formar una capa aislante entre el baño de vidrio y la parte superior de la zona de fusión;
- los electrodos están dispuestos en la superficie de manera que se sumergen en la mezcla vitrificable, y dichos electrodos de inmersión se extienden preferiblemente verticalmente;
- los electrodos están dispuestos a través de un fondo de la zona de fusión de manera que queden sumergidos en la mezcla vitrificable, y dichos electrodos ascendentes se extienden preferiblemente verticalmente;
- el horno híbrido comprende electrodos de inmersión o electrodos ascendentes;
- la zona de fusión eléctrica comprende ventajosamente una zona de baja convección, denominada zona tampón, situada entre el extremo libre de los electrodos sumergidos y un suelo de la zona de fusión;
- la zona de fusión está configurada para tener una profundidad determinada para obtener dicha zona tampón de baja convección, preferentemente la profundidad es superior a 600 mm, o incluso preferentemente superior a 800 mm;
- el primer bucle de convección y el segundo bucle de convección están separados por una zona de inversión del bucle determinada por un punto o fuente caliente correspondiente al punto más caliente del vidrio;
- la zona de refinado y homogeneización comprende al menos un quemador que está dispuesto para obtener dicho punto caliente que determina dicha zona de inversión del bucle;
- el horno híbrido comprende una barrera que está dispuesta en dicha zona de inversión del bucle;
- el horno híbrido comprende una variación de la profundidad del suelo con respecto a una superficie del vidrio en la zona de refinado y homogeneización, preferentemente al menos una elevación, o incluso un cambio de nivel, y dicha variación de profundidad está situada en la parte que comprende el primer bucle de convección o en la parte que comprende el segundo bucle de convección;

- el horno híbrido comprende medios de modulación tales como refuerzos eléctricos o burbujeadores que, dispuestos en la zona de refinado y de homogeneización, pueden permitir modular la convección de dichos bucles para facilitar el accionamiento de la fabricación del vidrio;
- 5 - el tanque de acondicionamiento de la zona de enfriamiento comprende, desde aguas arriba hacia abajo, un cuello de tanque, llamado segundo cuello de tanque, luego un extremo de trabajo;
- después del tanque de acondicionamiento, no se produce ninguna corriente de retorno en el canal de flujo destinado a suministrar vidrio de gran calidad a
- 10 una zona de formación que comprende dicha unidad de flotador; es decir, el flujo del vidrio en el canal es un flujo del tipo “pistón”;
- el horno híbrido está configurado para suministrar vidrio a dicha unidad de vidrio flotado destinada a fabricar vidrio plano con una tasa de extracción superior o igual a 400 toneladas por día, preferiblemente entre 600 y 900
- 15 toneladas por día, o incluso 1000 toneladas por día o más, y dicho vidrio de gran calidad tiene menos de 0,1 burbujas por litro, preferiblemente menos de 0,05 burbujas por litro.

[0090] La invención propone además un conjunto para la fabricación de vidrio plano que comprende un horno híbrido de fabricación de vidrio y una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido que, dispuesto aguas abajo, es alimentado con vidrio por dicho horno a través de al menos un canal de flujo.

25 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

- [0091] Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada, para cuya comprensión se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- 30 - la figura 1 es una vista lateral que representa un horno híbrido de fabricación de vidrio según una primera realización de la invención que comprende una zona de fusión eléctrica con una tapa fría conectada por un primer cuello de

tanque a una zona de refinado y homogeneización con una tapa caliente, que comprende un primer bucle de convección y un segundo bucle de convección y luego una zona de enfriamiento atravesada por dicho segundo bucle de convección y que ilustra además una presa que forma un dispositivo de separación "sin retorno" dispuesto en dicho primer cuello de tanque;

5 - la figura 2 es una vista superior que muestra el horno según la figura 1 y que muestra la zona de fusión eléctrica conectada a la zona de refinado y homogeneización por el primer cuello del tanque en el que se dispone la presa, diseñada para evitar que el vidrio fundido regrese de la zona de refinación y homogeneización a la zona de fusión eléctrica;

10 - la figura 3 es una vista lateral que, similar a la figura 1, muestra un horno híbrido según una segunda realización de la invención en el que el dispositivo de separación está formado por una presa y al menos un alzado del suelo del primer cuello del tanque y que muestra la presa asociada a dicho alzado respectivamente configurada para evitar que el vidrio fundido regrese desde

15 la zona de refinado y homogeneización a la zona de fusión eléctrica del horno;

 - la figura 4 es una vista superior que, similar a la figura 2, muestra el horno híbrido según la figura 3 y que muestra la presa preferentemente móvil asociada con la elevación del suelo en el primer cuello del tanque que conecta

20 la zona de fusión con la zona de refinado y homogeneización;

 - la figura 5 es una vista lateral que, similar a las figuras 1 y 3, muestra un horno híbrido según una tercera realización de la invención en el que el dispositivo de separación está formado únicamente por una elevación del suelo del primer cuello del tanque y que así ilustra una elevación que, al tener

25 una altura mayor que en el segundo modo, está configurada para impedir un retorno del vidrio fundido, sin dique,

 - la figura 6 es una vista lateral que muestra en detalle la parte del horno híbrido según la figura 5 y que muestra una variante de realización del alzado del suelo del primer cuello del tanque que comprende un tramo descendente,

30 formando un plano inclinado, capaz de asegurar una variación gradual en la profundidad del vidrio fundido hacia la zona de refinado y homogeneización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0092] En el resto de la descripción, las direcciones longitudinal, vertical y transversal se utilizarán sin limitación en referencia al sistema de ejes (L, V, T) mostrado en las figuras 1 a 6.

[0093] También se hará uso, sin limitación, de los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" cuando se refieran a la dirección longitudinal, así como "superior" e "inferior" o "arriba" y "abajo" cuando se refieran a la dirección vertical y finalmente "izquierda" y "derecha" cuando se refiere a la dirección transversal.

[0094] En la presente descripción, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" corresponden a la dirección de flujo del vidrio en el horno, y el vidrio fluye de aguas arriba a aguas abajo a lo largo de un eje medio longitudinal A-A' del horno híbrido (aguas arriba de A, aguas abajo de A') como se muestra en la Figura 2 and 4.

[0095] Además, el término "bucle" se utiliza aquí en relación con la recirculación del vidrio en el horno, algo que el experto conoce bien, al igual que los conceptos de "tapa fría" y "tapa caliente" para un horno de fabricación de vidrio.

[0096] Las figuras 1 y 2 son respectivamente vistas lateral y superior (que no están a escala) de un horno híbrido de fabricación de vidrio 10 que muestra una primera realización de la presente invención.

[0097] Como se indicó anteriormente, por analogía con el diseño del tercer horno descrito anteriormente, el término "híbrido" se utiliza aquí para referirse al horno según la invención debido al uso de dos fuentes de energía diferentes, respectivamente energía eléctrica y energía de combustible, durante el proceso de fabricación de vidrio en el horno.

[0098] Sin embargo, la analogía con la presente invención no va más allá, ya que, por un lado, la energía eléctrica (que constituye la primera fuente) es la única fuente de energía utilizada para obtener la fusión del vidrio y, por otro
5 lado, la energía combustible (que constituye la segunda fuente), de tipo fósil o equivalente, se utiliza únicamente para refinar y homogeneizar el vidrio.

[0099] El horno híbrido 10 según la invención está destinado en particular a alimentar una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido,
10 generalmente estaño, para la fabricación de vidrio plano.

[0100] Como se muestra en las Figuras 1 y 2, el horno híbrido 10 comprende sucesivamente desde aguas arriba hasta aguas abajo, a lo largo de dicho eje medio longitudinal A-A' del horno, al menos una zona de fusión eléctrica 100,
15 una zona de refinado y homogeneización 200 y una zona de enfriamiento de vidrio 300.

[0101] Según una primera característica del horno híbrido 10 según la invención, la zona de fusión 100 del horno híbrido 10 es eléctrica.

20

[0102] Ventajosamente, la zona de fusión eléctrica 100 es del tipo "tapa fría".

[0103] Ventajosamente, la etapa de fusión del vidrio se obtiene utilizando únicamente energía eléctrica durante la fabricación del vidrio, en comparación
25 con los hornos híbridos de la técnica anterior en los que la etapa de fusión se obtiene mediante energía de combustible, y como refuerzo, energía eléctrica.

[0104] La zona de fusión eléctrica 100 comprende electrodos 110 para fundir una mezcla vitrificable (o "lote") que consiste en las materias primas y el vidrio
30 desecho para obtener un baño de vidrio 130.

[0105] De manera conocida, el casco está formado por restos de vidrio que, obtenidos mediante el reciclaje del vidrio, se muelen y se limpian antes de ser añadidos posteriormente a las materias primas para volver a producir vidrio.

- 5 [0106] Ventajosamente, el vidrio desecho favorece la fusión, es decir la transformación por fusión de la mezcla de vidrio vitrificable.

- 10 [0107] Además, el vidrio reciclado permite mejorar el vidrio utilizado reciclándolo (el vidrio es reciclable hasta el infinito), reduciendo así las cantidades de materias primas necesarias para fabricar el vidrio y contribuyendo a reducir la huella de carbono del proceso de fabricación del vidrio.

- 15 [0108] El horno híbrido 10 comprende una zona de carga 120 en la que está dispuesto un dispositivo de carga 12 (también llamado cargador por lotes) que está destinado a introducir la mezcla vitrificable en la zona de fusión eléctrica 100, y esquemáticamente dicho dispositivo de carga 12 se muestra mediante una flecha en la figura 1.

- 20 [0109] Ventajosamente, el dispositivo de carga 12 está configurado para depositar la mezcla vitrificable sobre toda la superficie del baño de vidrio 130 para formar una capa aislante 112 entre el baño de vidrio 130 y una parte superior 140 de la zona de fusión eléctrica 100, razón por la cual este último se denomina “tapa fría”.

- 25 [0110] Preferiblemente, el baño de vidrio 130 está cubierto uniformemente con una capa 112 que consiste en una mezcla vitrificable, por ejemplo de 10 a 40 cm de espesor, debajo de la cual tienen lugar las reacciones químicas complejas que, como se describe en el preámbulo de la solicitud, conducen a
30 que se obtenga vidrio fundido.

[0111] En la zona de fusión eléctrica con tapa fría 100, la potencia disipada alrededor de los electrodos 110 genera una zona de alta convección 132 que comprende en particular corrientes ascendentes muy intensas que proporcionan las calorías necesarias en el límite entre el hierro fundido y la
5 mezcla vitrificable que forma dicha capa de mezcla vitrificable 112.

[0112] En el proceso de fabricación de vidrio según la técnica anterior, además del dióxido de carbono (CO_2), la descomposición de las materias primas y el uso de energía fósil como combustible para la etapa de fusión son también
10 fuente de emisiones contaminantes compuestas esencialmente de óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), halógenos y polvo.

[0113] Ventajosamente, la ausencia de combustión (llamas) en la zona de fusión eléctrica de tapa fría 100 del horno híbrido 10 según la invención da
15 como resultado que la tasa de contaminación por NO_x y SO_x sea comparativamente muy baja.

[0114] Además, aunque permeable al dióxido de carbono (CO_2), la capa de mezcla vitrificable 112 presente sobre la superficie del baño 130 permite
20 ventajosamente atrapar por condensación o por reacciones químicas los vapores, a veces tóxicos según la composición, emitidos por el vidrio fundido.

[0115] Ventajosamente, los electrodos 110 están dispuestos en la superficie para sumergirse en el baño de vidrio 130, a través de la capa 112 que cubre
25 la superficie del baño 130 como se muestra en la Figura 1.

[0116] Preferiblemente, los electrodos de buceo 110 se extienden verticalmente. Alternativamente, los electrodos de buceo 110 se extienden oblicuamente, es decir, están inclinados para tener un ángulo determinado
30 con respecto a la orientación vertical.

[0117] Alternativamente, los electrodos 110 están dispuestos a través de un suelo 150 de la zona de fusión eléctrica 100 para sumergirse en el baño 130, y los electrodos ascendentes (a diferencia de los electrodos de inmersión) se extienden preferiblemente verticalmente, alternativamente oblicuamente.

5

[0118] En comparación con los electrodos dispuestos a través del suelo 150, los electrodos de inmersión 110 también permiten un control más fácil de su estado de desgaste y conducen a una disipación de la energía eléctrica, ventajosamente más cerca de la interfaz de fusión, de la capa 112 de mezcla vitrificable.

10

[0119] Ventajosamente, los electrodos sumergibles 110 permiten, en comparación con los electrodos ascendentes, mantener un fondo 150 de la zona de fusión eléctrica 100 libre de aberturas.

15

[0120] Preferiblemente, el piso 150 de la zona de fusión eléctrica 100 es plano como se muestra en la Figura 1.

20

[0121] Como variante, el suelo 150 comprende al menos una variación de profundidad con respecto a la superficie de la bañera 130 de vidrio, y dicha variación comprende al menos una elevación o al menos un cambio de nivel.

25

[0122] Preferiblemente, los electrodos de fusión 110 están distribuidos uniformemente en el baño 130. Además, el número de nueve electrodos 110 que se muestra aquí en las Figuras 1 y 2 es solo un ejemplo ilustrativo y, por lo tanto, no es limitativo en modo alguno.

30

[0123] Alternativamente, la zona de fusión eléctrica 100 podría comprender de forma acumulativa los electrodos sumergidos y los electrodos ascendentes.

[0124] Según otra disposición alternativa, los electrodos 110 atraviesan al menos una pared lateral que delimita dicha zona de fusión eléctrica 100, y entonces dichos electrodos 110 se extienden horizontal u oblicuamente.

5 [0125] Ventajosamente, los electrodos 110 están hechos de molibdeno, metal refractario que resiste temperaturas de 1700 °C, y es especialmente adecuado para fundir vidrio mediante el efecto Joule, ya que el vidrio solo se vuelve conductor a altas temperaturas.

10 [0126] Ventajosamente, la zona de fusión eléctrica 100 comprende una zona de baja convección, denominada zona tampón 134, que está situada entre el extremo libre de los electrodos de inmersión 110 y el suelo 150.

[0127] La zona de fusión eléctrica 100 está así configurada para presentar,
15 debajo de los electrodos de inmersión 110, una profundidad (P) determinada para obtener dicha zona tampón 134 de baja convección.

[0128] Preferiblemente, la profundidad (P) entre el extremo libre de los electrodos de buceo 110 y el suelo 150 es mayor que 600 mm, preferiblemente
20 mayor que 800 mm.

[0129] Dicha zona de amortiguamiento de baja convección 134 constituye otra razón para preferir los electrodos de buceo 110 con respecto a los electrodos ascendentes que pasan a través del suelo 150.

25

[0130] Ventajosamente, la presencia de una zona tampón de baja convección 134 participa directamente en la obtención de un vidrio de gran calidad promoviendo un mayor tiempo de residencia del vidrio en la zona de fusión 100.

30

[0131] Ventajosamente, la zona de fusión eléctrica 100 y la zona 200 de refinado y homogeneización del vidrio están conectadas entre sí mediante un

primer cuello de tanque 160, es decir una zona de anchura reducida, como se muestra en la figura 2.

5 [0132] Ventajosamente, dicho primer cuello de cuba 160 del horno híbrido permite asegurar el enfriamiento del vidrio cuando éste fluye desde la zona de fusión eléctrica 100 a la zona 200 de refinado y homogeneización del vidrio.

10 [0133] El enfriamiento del vidrio será tanto más significativo cuanto que el primer cuello del tanque tendrá una longitud importante, y el vidrio procedente de la zona de fusión 100 se enfría de forma natural durante su flujo de aguas arriba a aguas abajo a través del primer cuello del tanque 160.

15 [0134] Ventajosamente, el horno híbrido 10 comprende medios 500 para enfriar el vidrio capaces de enfriar selectivamente el vidrio en el primer cuello 160 del tanque.

20 [0135] Además del enfriamiento del vidrio durante su flujo a través del primer cuello de tanque 160 que conecta la zona de fusión 100 con la zona de refinado 200, dichos medios de enfriamiento 500 permiten aumentar aún más el enfriamiento y especialmente variar este enfriamiento en virtud de lo cual se obtiene entonces ventajosamente una regulación de la temperatura del vidrio.

25 [0136] Preferiblemente, los medios 500 para enfriar el vidrio en el primer cuello 160 del tanque comprenden al menos un dispositivo 510 de enfriamiento por circulación de aire.

30 [0137] A continuación se describe una realización ejemplar de un dispositivo de refrigeración 510 tal como se muestra más particularmente esquemáticamente en las figuras 3 y 4, que muestra una segunda realización y en las figuras 5 y 6 respectivamente una tercera realización y una variante, de modo que se hará referencia ventajosamente a dichas Figuras.

[0138] Un dispositivo de refrigeración por aire de este tipo 510 para el vidrio comprende, por ejemplo, al menos medios de admisión 512 para introducir aire de refrigeración en la atmósfera de dicho primer cuello de tanque 160 del
5 horno híbrido 10.

[0139] Preferiblemente, el dispositivo 510 para enfriar el vidrio comprende medios de descarga 514 dispuestos en el primer cuello 160 del tanque para descargar el aire caliente y asegurar su renovación por aire fresco de
10 enfriamiento.

[0140] Alternativamente, los medios de descarga están formados por medios de extracción (no mostrados) que, situados aguas abajo del primer cuello del tanque 160, están destinados a extraer los humos. Ventajosamente, el aire
15 caliente se evacua a continuación con los humos mediante dichos medios de extracción sin que el horno híbrido 10 tenga que estar equipado con medios adicionales.

[0141] Los medios de admisión 512 y los medios de descarga de aire 514 del
20 dispositivo de enfriamiento de vidrio 510 están formados, por ejemplo, por una o más aberturas que emergen en las paredes laterales que sostienen la parte superior del primer cuello del tanque 160.

[0142] Dicha al menos una abertura de entrada y dicha al menos una abertura
25 de descarga mostradas esquemáticamente en las Figuras 3 y anteriores están situadas, por ejemplo, longitudinalmente opuestas entre sí, estando dispuestas la(s) abertura(s) de entrada en la parte aguas arriba del primer cuello 160 del tanque mientras que la(s) abertura(s) de descarga están dispuestas en la parte aguas abajo del primer cuello 160 del tanque.

30
[0143] Los medios de admisión 512 y los medios de descarga de aire 514 están dispuestos, por ejemplo, transversalmente a cada lado del primer cuello

de tanque 160, alternativamente en solo uno de los lados del primer cuello de tanque 160.

5 [0144] Ventajosamente, la temperatura del aire de refrigeración introducido en el primer cuello de depósito 160 es inferior a la temperatura del aire caliente situado en el interior de dicho primer cuello de depósito 160, y el aire de refrigeración circulado forma un fluido caloportador.

10 [0145] Preferiblemente, el aire de refrigeración utilizado es aire atmosférico tomado fuera del horno híbrido 10, o incluso fuera del recinto del edificio en el que está instalado dicho horno híbrido 10, alimentando una unidad de flotador.

15 [0146] Ventajosamente, la temperatura del aire atmosférico utilizado se controla de manera que pueda regularse. Por ejemplo, el aire se puede preenfriar o recalentar antes de introducirlo para controlar su temperatura.

20 [0147] El enfriamiento del vidrio se logra principalmente por convección, y el aire de enfriamiento introducido se calienta al entrar en contacto con la superficie del vidrio, antes de ser eliminado junto con el calor (calorías) transmitido por el vidrio.

25 [0148] Ventajosamente, la circulación de aire puede controlarse mediante medios de soplado de aire (no mostrados), tales como ventiladores que, asociados con dichos medios de admisión o descarga, pueden controlarse para variar el caudal de aire que circula.

[0149] Según otra realización, los medios 500 para enfriar el vidrio están sumergidos en el vidrio que fluye de aguas arriba a aguas abajo a través de dicho primer cuello de tanque 160 para permitir su enfriamiento.

30

[0150] Dichos medios de refrigeración están formados, por ejemplo, por montantes verticales sumergidos en el vidrio que se enfrían mediante un

circuito de refrigeración con fluido caloportador para evacuar el calor transmitido a los montantes por el vidrio.

5 [0151] Según otra realización más, los medios de refrigeración 500 son capaces de enfriar la estructura del primer cuello de tanque 160 en contacto con el vidrio, y el enfriamiento se realiza desde el exterior de la estructura del primer cuello de tanque 160.

10 [0152] Por supuesto, los medios de refrigeración 500 asociados con el primer cuello de tanque 160, como los según los diversos ejemplos que se acaban de describir, pueden implementarse solos o en combinación.

15 [0153] Ventajosamente, los medios 500 para enfriar el vidrio asociados con el primer cuello de tanque 160 permiten controlar selectivamente la temperatura del vidrio, temperatura que es probable que varíe, en particular cuando varía la tasa de tracción, a medida que el aumento en la fuerza de tracción provoca un aumento en la temperatura del vidrio.

20 [0154] La Figura 2 muestra una realización ejemplar del primer cuello de tanque 160 que conecta la zona de fusión eléctrica 100 con la zona de refinado y homogeneización 200.

25 [0155] El paso desde la zona de fusión eléctrica 100 al primer cuello del tanque 160 implica un estrechamiento abrupto de la anchura y de la sección de paso del vidrio, por ejemplo aquí mediante las paredes 162 y 163 que forman un ángulo de 90° con el eje medio longitudinal A-A' del horno.

30 [0156] El paso desde el primer cuello de tanque 160 a la zona 200 de refinamiento y homogeneización del vidrio implica un ensanchamiento abrupto de la sección de paso del vidrio, por ejemplo aquí mediante las paredes 262 y 263 que forman un ángulo de 90° con el eje medio longitudinal A-A' del horno.

[0157] Alternativamente, el ángulo en la entrada del primer cuello 160 del tanque podría tener un valor mayor que 90° de manera que el estrechamiento del ancho sea menos abrupto y más gradual, y de igual manera el valor del
5 ángulo en la salida del primer cuello del tanque 160 podría elegirse de manera que el ensanchamiento sea también menos abrupto y más gradual a lo largo del eje longitudinal medio A-A' del horno.

[0158] Ventajosamente, el vidrio fundido que fluye desde aguas arriba hacia
10 aguas abajo a través del primer cuello de tanque 160 se toma de la parte inferior de la zona de fusión eléctrica 100, o desde el fondo, y el vidrio allí es en comparación "más frío" que en la zona de alta convección 132 ubicada entre los electrodos 110.

15 [0159] En esta primera realización, el primer cuello de tanque 160 comprende un piso (no referenciado) que es preferiblemente plano de modo que dicho piso del primer cuello de tanque 160 se extienda horizontalmente en la extensión del piso plano 150 de la zona de fusión eléctrica 100.

20 [0160] Según la invención, el horno híbrido 10 comprende un dispositivo de separación "sin retorno" 170 que, colocado en dicho primer cuello de tanque 160, está configurado para evitar que el vidrio fundido regrese de la zona de refinado y homogeneización 200 a la zona de fusión 100.

25 [0161] El dispositivo de separación 170 según la primera realización del horno híbrido 10 mostrado en las Figuras 1 y 2 se describirá con más detalle más adelante.

[0162] Según una segunda característica del horno híbrido 10 según la
30 invención y a diferencia de la zona de fusión eléctrica 100 con tapa fría, la zona de refinado y homogeneización 200 del horno híbrido 10 es de tipo "tapa caliente".

[0163] La zona de refinado y homogeneización 200 del horno híbrido 10 está configurada para eliminar las burbujas (o defectos gaseosos) presentes en el vidrio fundido procedente de la zona de fusión eléctrica 100 con el fin de
5 obtener un vidrio que sea de gran calidad, y esto especialmente hace posible suministrar una unidad de vidrio flotado.

[0164] Para ello, la zona de refinado y homogeneización 200 comprende un primer bucle de convección 210, denominado bucle de recirculación aguas
10 arriba, y un segundo bucle de convección 220, denominado bucle de recirculación aguas abajo.

[0165] Preferiblemente, el primer bucle de convección 210, denominado bucle de recirculación aguas arriba, es longitudinalmente más corto que el segundo
15 bucle de convección 220 como se muestra en la Figura 1.

[0166] Ventajosamente, las corrientes de convección en el vidrio correspondientes a dichos bucles 210, 220 agitan el vidrio, eliminando burbujas y aumentando el tiempo de residencia del vidrio en la zona de
20 refinado y homogeneización 200, ayudando así a obtener vidrio de gran calidad.

[0167] El primer bucle de convección 210 y el segundo bucle de convección 220 están separados por una zona de inversión 230 de los bucles 210, 220
25 que está determinada por un punto caliente (también llamado "punto fuente") que corresponde al punto más caliente del vidrio en la zona de refinado y homogeneización 200, generalmente a una temperatura superior a 1500 °C.

[0168] La zona de refinado y homogeneización 200 comprende al menos un quemador 215, preferiblemente aquí dos quemadores aéreos 215 que están
30 dispuestos bajo un arco 240 para obtener dicho punto caliente que determina la zona de inversión 230 de dichos bucles 210, 220.

[0169] En la zona de refinado y homogeneización 200, una parte de la energía térmica liberada por la combustión se transmite directamente al vidrio por radiación y convección, otra parte se transmite por el arco 240 que la devuelve al vidrio por radiación, y que en particular para esta razón se llama “tapa caliente”.

[0170] Preferiblemente, los quemadores 215 de la zona de refinado y homogeneización 200 son quemadores de fuego cruzado mostrados esquemáticamente en la Figura 2.

[0171] Así, el calentamiento del vidrio en la zona de refinado y homogeneización 200 se obtiene mediante las llamas de los quemadores 215 que se desarrollan por combustión sobre la superficie S del vidrio.

[0172] En un horno híbrido 10 según la invención, después de su uso para la fabricación, la etapa de fusión del vidrio realizada en la zona de fusión 100 se obtiene únicamente con energía eléctrica.

[0173] Ventajosamente, el calentamiento del vidrio en la superficie producido por la combustión de una energía fósil o combustible equivalente en dicha zona 200 está destinado, por tanto, únicamente a realizar la etapa de refinar y homogeneizar el vidrio extraído de dicha zona de fusión 100.

[0174] En comparación, en particular con un horno híbrido según el tercer diseño descrito anteriormente, la energía fósil equivalente o el combustible utilizado por los quemadores 215 para la combustión no participa en la etapa de fusión, de modo que esta energía combustible se utiliza en la invención como "refuerzo" en relación con la energía eléctrica utilizada adicionalmente para la fusión.

[0175] Por lo tanto, un horno híbrido 10 según la invención permite reducir significativamente la proporción de energía del combustible con respecto a la energía eléctrica en el proceso de fabricación de vidrio, convirtiéndose la energía eléctrica en la energía principal y la energía del combustible en la energía secundaria o auxiliar.

10

[0176] Ventajosamente, la electricidad representa más del 60 %, o incluso el 80 % e incluso más, de la energía total utilizada en el horno híbrido para el proceso de fabricación del vidrio.

15

[0177] Por tanto, se entenderá que el diseño del horno híbrido 10 según la invención es particularmente ventajoso para reducir la huella de carbono cuando, por un lado, la energía combustible es una energía fósil como el gas y, por otro lado, la energía eléctrica es total o parcialmente una electricidad “ecológica” obtenida a partir de energías renovables y descarbonizadas.

20

[0178] La zona de refinado y homogeneización 200 puede comprender más de dos quemadores 215, en particular quemadores aguas arriba o aguas abajo de dicha zona de inversión 230 que, también colocados por encima de la superficie S del vidrio, son capaces de calentar dicha superficie S del vidrio en para perfeccionar el refinado y la homogeneización del vidrio eliminando las burbujas (o defectos gaseosos) presentes en el vidrio fundido.

25

[0179] De hecho, ajustando la potencia de los quemadores 215, es posible ajustar la distribución longitudinal de las temperaturas y por tanto la posición del punto caliente, que es un parámetro importante para el funcionamiento del horno.

30

[0180] Los quemadores 215 producen una llama por combustión que se puede obtener de manera conocida combinando diferentes tipos de combustible y oxidante pero cuya elección también tiene consecuencias directas en la huella de carbono de la fabricación de vidrio, o en las emisiones directas e indirectas

de gases de efecto invernadero que son vinculados a la fabricación del producto, en particular las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

5 [0181] Para la combustión por los quemadores 215 en la zona de refinado y homogeneización 200, generalmente se utiliza como oxidante el oxígeno presente en el aire, que puede enriquecerse con oxígeno para obtener aire sobreoxigenado, o incluso se utiliza oxígeno prácticamente puro en el caso particular de oxicomustión.

10 [0182] Generalmente el combustible utilizado es gas natural. Sin embargo, para mejorar aún más el equilibrio de carbono, se utilizará ventajosamente un biocombustible, en particular un "biogás", es decir un gas compuesto esencialmente de metano y dióxido de carbono que se produce por metanización, es decir, por fermentación de materiales orgánicos en ausencia
15 de oxígeno, o incluso preferentemente "biometano" (CH₄).

[0183] Más preferentemente, se utilizará combustible de hidrógeno (H₂) que ventajosamente no contiene carbono en comparación con el biogás.

20 [0184] Ventajosamente, el horno híbrido de fabricación de vidrio 10 según la invención puede comprender regeneradores de materiales refractarios que funcionan (por ejemplo por parejas y en inversión) o intercambiadores de metales aire/humos (también denominados recuperadores) que aprovechan respectivamente el calor contenido en los gases de combustión resultantes de
25 la fabricación para precalentar los gases y así mejorar la combustión.

[0185] Como se indicó anteriormente, el horno híbrido 10 según la invención comprende un dispositivo de separación 170 que está configurado para evitar que el vidrio fundido regrese desde la zona de refinado y homogeneización
30 200 a la zona de fusión 100.

[0186] El dispositivo de separación 170 está colocado en el primer cuello del tanque 160, es decir entre la zona de refinado y homogeneización 200 y la zona de fusión 100, para asegurar la función de "antirretorno" del vidrio desde el primer bucle de convección 210 del vidrio.

5

[0187] En esta primera realización, el dispositivo de separación 170 comprende una presa 172 que está destinada a quedar parcialmente sumergida en el baño 130 de vidrio fundido como se muestra en las Figuras 1 y 2.

10

[0188] Más específicamente, el dispositivo de separación 170 según la primera realización está constituido únicamente por la presa 172, que es ventajosamente capaz de impedir que el vidrio fundido regrese de la zona de refinado y homogeneización 200 a la zona de fusión 100.

15

[0189] Preferiblemente, la presa 172 está situada en el extremo aguas arriba del primer cuello 160 del tanque.

20

[0190] Ventajosamente, el dique 172 que forma dicho dispositivo de separación 170 permite aumentar el tiempo de residencia del vidrio en la zona de fusión eléctrica 100, lo que contribuye a obtener un vidrio de gran calidad.

25

[0191] Preferiblemente, la presa 172 se extiende transversalmente sobre todo el ancho del primer cuello 160 del tanque como se muestra en la Figura 2.

30

[0192] Ventajosamente, la presa 172 está montada para moverse verticalmente para permitir ajustar la profundidad de inmersión en el baño de vidrio 130 de modo que la sección 180 del paso del vidrio fundido situada debajo sea capaz de variar en función del ajuste de la profundidad de la presa 172.

[0193] Alternativamente, el dique 172 se fija de manera que la sección 180 del paso del vidrio fundido sea entonces constante, es decir, determinada por la profundidad de inmersión de dicho dique 172 en el baño de vidrio 130.

- 5 [0194] Ventajosamente, la presa 172 dispuesta aguas arriba del primer cuello de tanque 160 garantiza una inmovilización de la capa 112 de mezcla vitrificable que recubre el baño 130 de vidrio en la zona de fusión eléctrica 100 con tapa fría con respecto a la zona 200 de refinado y homogeneización con tapa caliente.

10

[0195] Preferiblemente, la delimitación de la capa de mezcla vitrificable 112 queda así asegurada por el dique 172 que se extiende hasta este extremo verticalmente sobre la superficie del baño de vidrio 130 como se muestra en la Figura 1.

15

[0196] Preferiblemente, la presa 172 es desmontable, es decir desprendible, de modo que dicha presa 172 puede ser cambiada o reparada, en particular debido al desgaste que se produce en contacto con el vidrio, facilitando así el mantenimiento del horno híbrido 10.

20

[0197] La presa 172 está realizada, por ejemplo, de metal o de aleación no refractaria, y entonces dicha presa 172 puede ser refrigerada mediante un circuito de refrigeración de fluido refrigerante (no representado), en particular un circuito del tipo camisa de agua.

25

[0198] Ventajosamente, la presa 172 ayuda a enfriar el vidrio en el primer cuello de tanque 160 limitando el flujo en el primer cuello de tanque 160 y gracias al circuito de refrigeración del fluido refrigerante con camisa de agua, que elimina parte del calor (calorías) transmitido por el vidrio a la presa 172.

30

[0199] Alternativamente, el dique 172 está hecho de material refractario, típicamente cerámico, por ejemplo un refractario electrofundido "AZS"

(acrónimo de Alúmina-Circón-Sílice) o un metal refractario tal como molibdeno.

5 [0200] El horno híbrido 10 comprende además al menos un medio de separación 174 para separar la atmósfera de la zona de fusión eléctrica con tapa fría 100 y la atmósfera de la zona de refinado y homogeneización con tapa caliente 200 que comprende en particular humos.

10 [0201] Ventajosamente, dicho medio de separación 174 permite aislar la atmósfera del primer cuello de tanque 160 de la de la zona de fusión 100, en particular cuando se implementa un dispositivo de refrigeración por aire como medio para enfriar el vidrio en el primer cuello de tanque 160.

15 [0202] Preferiblemente, el medio de separación 174 está formado por un tabique (o una cortina) que constituye un elemento unido a la superestructura del horno híbrido 10.

20 [0203] Al conjunto de bloques en contacto con el vidrio se le denomina convencionalmente “subestructura”, y “superestructura” son todos los materiales dispuestos encima de la subestructura.

25 [0204] Dado que el material de superestructura, que se encuentra encima de los bloques de tanques de la subestructura y no está en contacto con el vidrio sino con la atmósfera dentro del horno, es generalmente de una naturaleza diferente a la de los bloques de tanques de la subestructura.

[0205] Incluso si el material utilizado para la superestructura es idéntico al de la subestructura, por ejemplo en el caso de una tapa caliente, estas dos partes de la estructura de un horno generalmente se distinguen entre sí.

30

[0206] Alternativamente, los medios de separación 174 consisten en una parte de la superestructura, por ejemplo una partición doble en forma de U que se abre hacia afuera.

- 5 [0207] Ventajosamente, el dique 172 se monta entonces entre las dos alas de la "U" del tabique, o en la parte de fondo hueca que las une.

[0208] Preferiblemente, la presa 172 y la partición atmosférica 174 son en esta primera realización elementos independientes, estructuralmente distintos.

10

[0209] Preferiblemente, el tabique 174 no está en contacto con la superficie del vidrio sino con el dique 172 para establecer dicha separación.

- 15 [0210] Ventajosamente, la partición 174 está situada, por ejemplo, detrás como se muestra en la Figura 1, es decir, aguas abajo de la presa.

[0211] Alternativamente, la partición 174 está situada delante, es decir, aguas arriba de la presa 172 o situada en el mismo plano vertical.

- 20 [0212] Alternativamente, la presa 172 y el tabique 174 están hechos de una sola pieza, asegurando así una doble función, por un lado la primera función de separar el vidrio entre la zona de fusión 100 y la zona de refinado y homogeneización 200 y, por el otro por un lado, una función de separar la atmósfera de la zona de fusión 100 con una tapa fría 140 y la atmósfera de la
25 zona de refinado y homogeneización 200 con una tapa caliente 240.

- [0213] Alternativamente (no mostrado), si la presa 172 no está dispuesta aguas arriba del primer cuello 160 del tanque como se muestra en la Figura 1, el horno híbrido 10 comprende entonces ventajosamente medios de
30 bloqueo, también llamados "desnatado", que son capaces de retener la capa de mezcla vitrificable 112 en la zona de fusión eléctrica 100.

[0214] Preferiblemente y al igual que la presa 172, los medios de bloqueo están dispuestos en el extremo aguas arriba del primer cuello del tanque 160 de manera que dicha mezcla vitrificable presente en la superficie del baño de vidrio 130 no penetre en el primer cuello del tanque 160.

5

[0215] En la primera realización, además de la función antirretorno del vidrio, el dique 172 también asegura la función de dichos medios de bloqueo reteniendo ventajosamente la capa de mezcla vitrificable 112 en la zona de fusión eléctrica 100.

10

[0216] Una realización ejemplar de dichos medios de bloqueo se describirá con más detalle a continuación, bajo la referencia 176, en la segunda realización mostrada en las Figuras 3 y 4 y la tercera realización mostrada en la Figura 5.

15

[0217] En la primera realización mostrada en las Figuras 1 y 2, el horno híbrido 10 comprende ventajosamente una barrera 260 o pared de vertedero que está dispuesta en dicha zona de inversión del bucle 230.

20

[0218] Preferiblemente, la barrera 260 se extiende verticalmente desde el piso 250 de la zona de refinado y homogeneización 200.

25

[0219] Como se muestra en la Figura 1, la barrera 260 comprende una parte de meseta que, sumergida debajo de la superficie S del vidrio, determina el paso del vidrio desde el primer bucle de convección 210, llamado bucle de recirculación aguas arriba, hacia el segundo bucle de convección 220, llamado circuito de recirculación aguas abajo.

30

[0220] Preferiblemente, el horno híbrido 10 comprende medios de modulación (no mostrados) tales como refuerzo eléctrico o burbujeadores que, dispuestos en la zona de refinado y homogeneización 200, son capaces de permitir

modular la convección de dichos bucles 210, 220 para facilitar el proceso de elaboración del vidrio.

5 [0221] Ventajosamente, los medios de modulación comprenden por lo tanto un refuerzo eléctrico, es decir, medios de calentamiento eléctrico adicional que comprenden electrodos o burbujeadores, es decir, un sistema para inyectar al menos un gas, tal como aire o nitrógeno, en el suelo, cuyas burbujas crean entonces una movimiento ascendente del vidrio.

10 [0222] Preferiblemente, el horno híbrido 10 comprende al menos una variación 270 de la profundidad, con respecto a la superficie S del vidrio, de un suelo 250 situado en la zona de refinado y homogeneización 200.

15 [0223] La variación de profundidad 270 está ubicada en la parte que comprende el primer bucle de convección 210 o en la parte que comprende el segundo bucle de convección 220.

20 [0224] Ventajosamente, la variación de profundidad 270 del vidrio está constituida, por ejemplo, por al menos una elevación del suelo 250, o incluso aquí varias elevaciones que se muestran en la Figura 1. Alternativamente, la variación de profundidad 270 está constituida por al menos una diferencia de nivel del suelo 250.

25 [0225] La elevación del suelo 250 que forma la variación de profundidad 270, es decir, en este caso una reducción de la profundidad está constituida por ejemplo por al menos un escalón 272, o incluso dos escalones.

30 [0226] La variación de profundidad 270 puede ser más o menos gradual, por ejemplo a través de una sección recta 274 en el caso de los dos escalones 272 ubicados aguas arriba de la barrera 260, o alternativamente a través de una sección inclinada 276 como se muestra, por ejemplo, en el caso del paso

322 ubicado aguas abajo de la barrera 260, en la unión de la zona de refinado y homogeneización 200 y la zona de enfriamiento de vidrio 300.

5 [0227] Preferiblemente, la zona de enfriamiento 300 también comprende por lo tanto una variación 370 de profundidad que está formada por una elevación.

10 [0228] Como se muestra en la Figura 1, la variación 370 de profundidad en la zona de enfriamiento 300 comprende, por ejemplo, el escalón 322, ubicado en el segundo cuello 320 del tanque, al que conduce la unión inclinada 276 desde el piso 250, y otro escalón 332, que está ubicado en el extremo de trabajo 330, aguas abajo del paso 322.

15 [0229] El escalón 322 también está conectado gradualmente al otro escalón 332 mediante una porción inclinada 376 que está situada en la unión entre el segundo cuello del tanque 320 y el extremo de trabajo 330.

20 [0230] Alternativamente, las partes respectivamente recta e inclinada que se acaban de describir con referencia a la Figura 1 podrían invertirse entre los escalones 272 por un lado y los escalones 322, 332 por el otro, o bien solo de uno y el mismo tipo, es decir, recto o inclinado.

25 [0231] Como se muestra en la Figura 1 y como se acaba de describir con los pasos sucesivos 322 y 332, la zona de enfriamiento 300 comprende un piso 350 que está configurado de manera que la profundidad relativa a la superficie de vidrio S disminuye gradualmente desde aguas arriba hasta aguas abajo, desde la barrera 260.

30 [0232] Según una tercera característica de la invención, el horno híbrido 10 comprende, aguas abajo de la zona de refinado y de homogeneización 200, dicha zona 300 de enfriamiento del vidrio atravesada por el segundo bucle de convección 220, denominado bucle de recirculación aguas abajo.

[0233] La zona de enfriamiento 300 está formada por un tanque de acondicionamiento 310 que comunica con al menos un canal de flujo 400 destinado a suministrar vidrio de gran calidad, una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido (no mostrado) ubicado aguas abajo y que
5 forma una zona de formación.

[0234] Ventajosamente, el tanque de acondicionamiento 310 de la zona de enfriamiento 300 comprende, desde aguas arriba hasta aguas abajo, un segundo cuello de tanque 320 y luego un extremo de trabajo 330.
10

[0235] Ventajosamente, la atmósfera de la zona de refinado y homogeneización 200 y la atmósfera más fría de la zona de enfriamiento 300 están separadas entre sí por una pantalla térmica 360 que se extiende verticalmente desde una parte superior 340 hasta las proximidades de la
15 superficie S del vidrio, preferiblemente sin templar en el vidrio.

[0236] Ventajosamente, en cualquier plano vertical transversal al eje medio longitudinal A-A' del horno, existen en el tanque de acondicionamiento 310 puntos en el vidrio que tienen un componente de velocidad longitudinal que
20 va desde aguas abajo hacia aguas arriba.

[0237] Después del tanque de acondicionamiento 310, no tiene lugar ninguna corriente de retorno en el canal de flujo 400 destinado a suministrar vidrio a la zona de formación; en otras palabras, el flujo del vidrio en el canal 400 es un
25 flujo de "pistón".

[0238] Ventajosamente, el horno híbrido 10 según la invención es capaz de suministrar un vidrio de gran calidad que tiene menos de 0,1 burbujas por litro, preferiblemente menos de 0,05 burbujas por litro, y dicho vidrio de gran
30 calidad es adecuado más particularmente para suministrar una unidad de vidrio flotado en un baño de metal fundido.

[0239] Ventajosamente, el horno híbrido 10 es capaz de suministrar una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido con una tasa de extracción superior o igual a 400 toneladas por día, preferiblemente entre 600 y 900 toneladas por día, o incluso 1000 toneladas por día o más, y un vidrio de gran calidad tiene menos de 0,1 burbujas por litro.

[0240] Ventajosamente, un horno híbrido 10 según la invención es capaz de proporcionar una tasa de tracción análoga a la de un horno de llama, con o sin refuerzo eléctrico, gracias a lo cual una unidad de flotador puede alimentarse con vidrio de gran calidad.

[0241] El horno híbrido 10 para la fabricación de vidrio según la invención alimenta, a través del canal de flujo 400, una unidad de vidrio flotado sobre un baño de metal fundido, por ejemplo de estaño, destinado a la fabricación de vidrio plano.

[0242] Ventajosamente, el método para fabricar vidrio en un horno híbrido 10 del tipo que se acaba de describir con referencia a las Figuras 1 y 2 comprende sucesivamente las etapas de:

- (a) - fundir una mezcla vitrificable en una zona de fusión eléctrica con tapa fría para obtener vidrio fundido;
- (b) - recoger el vidrio fundido que fluye a través de un primer cuello de tanque provisto de un dispositivo de separación desde la zona de fusión hasta la zona de refinado y homogeneización;
- (c) - refinar y homogeneizar dicho vidrio fundido en una zona de refinación y homogeneización con una tapa caliente que comprende un primer bucle de convección (llamado bucle de recirculación aguas arriba) y un segundo bucle de convección (llamado bucle de recirculación aguas abajo);
- (d) - enfriar el vidrio en una zona de enfriamiento que, formada por un tanque de acondicionamiento, es atravesada por el segundo bucle de convección.

[0243] Ventajosamente, la temperatura del vidrio fundido recogido en la zona de fusión 100 se reduce durante el paso a través del primer cuello de tanque 160 que comprende el dispositivo de separación 170 formado por la presa 172 o la elevación 161 del suelo 165.

5

[0244] Ventajosamente y según las realizaciones, el método comprende una etapa de ajuste (e) que consiste en ajustar la profundidad de la presa móvil 172 que, sumergida en el vidrio, está dispuesta en un primer cuello de tanque 160 que conecta la zona de fusión eléctrica 100 a la zona de refinación y de

10 homogeneización 200, para controlar el caudal de vidrio fundido recogido en la zona de fusión 100.

[0245] Ventajosamente, la etapa de ajuste (e) permite variar la cantidad de vidrio fundido que pasa desde la zona de fusión eléctrica 100 a la zona de refinado y homogeneización 200, por ejemplo en función de la velocidad de extracción.

15

[0246] Después de la etapa de enfriamiento (d) en el tanque de acondicionamiento 310, el vidrio fluye hacia el canal de flujo 400 destinado a

20 suministrar vidrio de gran calidad a la unidad de vidrio flotado.

[0247] Ventajosamente, el método comprende una etapa de regular el enfriamiento del vidrio en el primer cuello de tanque 160, en particular controlando selectivamente los medios 500 para enfriar el vidrio, tales como

25 al menos un dispositivo de enfriamiento de aire 510.

[0248] Ventajosamente, la cantidad de aire de refrigeración introducida en el primer cuello de depósito 160 por los medios de aspiración 512 del dispositivo de refrigeración de aire 510 se controla en particular en función de la

30 temperatura del vidrio.

[0249] Lo siguiente es una descripción, en comparación con la primera realización, de una segunda realización de un horno híbrido 10 mostrado en las Figuras 3 y 4.

5 [0250] De hecho, el horno híbrido 10 según esta segunda realización es similar al descrito anteriormente con referencia a las Figuras 1 y 2, de modo que la descripción proporcionada por ellas también se aplica a esta segunda realización con la excepción de lo que se detalla a continuación.

10 [0251] Una de las diferencias con respecto a la primera realización es que el primer cuello del tanque 160 comprende un piso con referencia 165, cuyo piso 165 no es plano, dicho piso 165 no se extiende en la extensión del piso plano 150 de la zona de fusión eléctrica 100.

15 [0252] De hecho, y como se muestra en la Figura 3, el piso 165 del primer cuello 160 del tanque está configurado para formar al menos una elevación 161.

[0253] Ventajosamente, la elevación 161 se extiende longitudinalmente sobre
20 más de la mitad de la longitud del primer cuello de tanque 160, o incluso más de tres cuartos de dicha longitud.

[0254] En esta segunda realización, el primer cuello de tanque 160 del horno híbrido 10 tiene ventajosamente una longitud mayor que la de la primera
25 realización, como también se puede ver comparando las Figuras 2 y 4.

[0255] Ventajosamente, la longitud del primer cuello de tanque 160 está configurada para enfriar el vidrio destinado a fluir hacia la zona de refinado y
homogeneización 200, ya que el vidrio fundido obtenido mediante fusión
30 eléctrica tiene generalmente temperaturas más elevadas, en particular en comparación con la fusión a la llama.

[0256] A modo de ejemplo, la temperatura del vidrio en la zona de fusión es de aproximadamente 1450 °C, mientras que la temperatura deseada para el vidrio en la parte aguas abajo del primer cuello del tanque es más del orden de 1300 °C a 1350 °C.

5

[0257] Según una característica de la segunda realización, dicha al menos una elevación 161 del suelo 165 del primer cuello 160 del tanque forma parte de dicho dispositivo de separación 170 asegurando la función de impedir que el vidrio regrese a la zona de fusión 100.

10

[0258] Ventajosamente, el dispositivo de separación 170 según esta segunda realización comprende respectivamente una presa 172 que, similar a la de la primera realización, está asociada con dicha al menos una elevación 161 del suelo 165 del primer cuello 160 del tanque.

15

[0259] Sin embargo, la presa 172 no está situada aguas arriba del primer cuello de tanque 160 sino dentro del primer cuello de tanque 160 que comprende dicha al menos una elevación 161 del piso 165, longitudinalmente entre sus extremos aguas arriba y aguas abajo.

20

[0260] Preferiblemente, el dispositivo de separación 170 comprende aquí una única elevación 161 del piso 165.

25

[0261] En comparación con una barrera (o pared de vertedero), dicha elevación 161 está formada directamente por el piso 165 y no está unida al mismo, de modo que la elevación 161 consiste en el material refractario de la subestructura que forma dicho piso 165 del primer cuello 160 del tanque. Además, una barrera es una estructura estrecha, de pequeño espesor, que está sometida a un desgaste importante que no garantiza de forma duradera que el vidrio no volverá a la zona de fusión.

30

[0262] Como se indicó anteriormente, dicha elevación 161 es ancha porque se extiende longitudinalmente sobre la mayor parte de la longitud del primer cuello de tanque 160, y dicha elevación 161 participa ventajosamente en el enfriamiento del vidrio en el primer cuello de tanque 160.

5

[0263] A continuación se describirá más particularmente una realización ejemplar de la elevación 161 del piso 165 como se muestra en la Figura 3.

10 [0264] En la Figura 3, la elevación 161 comprende, sucesivamente desde aguas arriba hasta aguas abajo, al menos una primera sección ascendente 164, una segunda sección superior 166 y una tercera sección descendente 168.

15 [0265] Ventajosamente, la elevación 161 se extiende transversalmente por toda la anchura del primer cuello de tanque 160.

20 [0266] Por supuesto, dicha elevación 161 puede presentar numerosas variantes geométricas en cuanto a su forma general, a sus dimensiones, en particular según la configuración de cada una de las diferentes secciones 164, 166 y 168 que la constituyen.

25 [0267] Preferiblemente, la sección ascendente 164 está inclinada en un ángulo (α) determinado para formar una rampa capaz de hacer que el vidrio fundido se eleve hacia la sección superior 166 de la elevación 161 como se muestra en la Figura 3.

30 [0268] Preferiblemente, la sección ascendente 164 es un plano inclinado, que tiene por ejemplo un ángulo agudo (α) comprendido entre 20° y 70° , y dicho ángulo se denomina (α) (consulte la Figura 6 para mayor legibilidad) como el ángulo entre la sección ascendente 164 de la elevación 161 y la horizontal, tomando aquí como referencia el piso plano 150 de la zona de fusión 100.

[0269] Como variante (no mostrada), la sección ascendente 164 está escalonada, por ejemplo, en forma de escalera con al menos un escalón, o incluso dos o más escalones cuyas dimensiones de altura o longitud pueden ser idénticas o no.

5

[0270] Preferiblemente, la sección superior 166 es plana y forma una meseta horizontal. Ventajosamente, la sección superior 166 se extiende así longitudinalmente sobre una longitud determinada, preferiblemente aquí mayor o igual a la mitad de la longitud total del primer cuello de tanque 160.

10

[0271] La sección superior 166 determina una altura máxima H1 que tiene la elevación 161 y esto también determina, en parte solo debido a la presa 172, la sección 180 del paso del vidrio fundido en el primer cuello 160 del tanque.

15

[0272] Preferiblemente, la sección descendente 168 de la elevación 161 se extiende verticalmente, conectada en ángulo recto al extremo aguas abajo de la sección superior plana 166 que se extiende horizontalmente.

20

[0273] Según otra realización, por ejemplo mostrada en la Figura 6, que se describirá más adelante, la sección descendente 168 está configurada para acompañar gradualmente el flujo del vidrio fundido desde el primer cuello del tanque 160 hasta la zona de refinado y homogeneización 200.

25

[0274] Dicha sección 168 está formada, por ejemplo, por un plano inclinado, que puede estar escalonado o no, en particular hecho en escalones como la descripción dada anteriormente para las realizaciones alternativas de la sección ascendente 164.

30

[0275] Además de dicha al menos una elevación 161 que se acaba de describir, el dispositivo de separación 170 también comprende, en esta segunda realización, al menos una presa 172 como en la primera realización, y dicha presa 172 está parcialmente sumergida en el vidrio fundido.

[0276] La presa 172 y la elevación 161 que forman en combinación el dispositivo de separación 170 son capaces de impedir que el vidrio fundido regrese desde la zona de refinado y homogeneización 200 a la zona de fusión eléctrica 100, es decir un retorno desde el primer bucle de convección 210 del vidrio.

[0277] Ventajosamente, el dique 172 combinado con dicha al menos una elevación 161 permite aumentar conjuntamente el tiempo de residencia del vidrio en la zona de fusión eléctrica 100, lo que ayuda a obtener un vidrio de gran calidad.

[0278] Ventajosamente, la presa 172 puede tener las mismas características que las descritas anteriormente para la primera realización.

[0279] Preferiblemente, la presa 172 es desmontable, es decir desprendible, de modo que dicha presa 172 puede ser cambiada o reparada, en particular debido al desgaste que se produce en contacto con el vidrio, facilitando así el mantenimiento del horno híbrido 10.

[0280] Asimismo, la presa 172 está realizada, por ejemplo, de metal o de aleación no refractaria, y entonces dicha presa 172 puede ser refrigerada mediante un circuito de refrigeración de fluido refrigerante (no representado), en particular un circuito del tipo camisa de agua.

[0281] Alternativamente, el dique 172 está hecho de material refractario, típicamente cerámico, por ejemplo un refractario electrofundido "AZS" (acrónimo de Alúmina-Circón-Sílice) o un metal refractario tal como molibdeno.

[0282] Como se muestra en la Figura 3, dicha al menos una presa 172 está dispuesta longitudinalmente entre los extremos aguas abajo y aguas arriba del primer cuello 160 del tanque.

- 5 [0283] Preferiblemente, la presa 172 está colocada verticalmente por encima de la sección superior 166 de la elevación 161.

[0284] Preferiblemente, la presa 172 se extiende transversalmente sobre todo el ancho del primer cuello 160 del tanque como se muestra en la Figura 4.

10

[0285] Ventajosamente, la presa 172 está montada para moverse verticalmente para hacer posible ajustar la profundidad de inmersión en el baño de vidrio 130 de modo que la sección 180 del paso del vidrio fundido ubicada por encima de la sección superior 166 de la elevación 161, sea capaz
15 de variar en función del ajuste de la profundidad de la presa 172 con respecto a la profundidad P1 del vidrio determinada por la altura H1.

[0286] Ventajosamente, el horno híbrido 10 comprende además al menos un medio de separación 174, tal como un tabique, para separar la atmósfera de
20 la zona de fusión eléctrica 100 y la atmósfera de la zona de refinado y homogeneización 200 que comprende en particular gases de combustión.

[0287] Como se muestra en las Figuras 3 y 4, el medio de separación 174 está dispuesto en el extremo aguas arriba del primer cuello del tanque 160,
25 adyacente a la zona de fusión eléctrica 100.

[0288] En esta segunda realización, el medio de separación 174, formado aquí por un tabique, está en contacto con la superficie del vidrio, o incluso sumergido en su extremo libre, para establecer no solo dicha separación
30 atmosférica sino también para retener la capa de mezcla vitrificable 112 en la zona de fusión eléctrica 100.

[0289] Ventajosamente, el medio de separación 174 proporciona así otra función, a saber, la de bloquear el medio 176 para que la capa 112 de mezcla vitrificable presente en la superficie del baño de vidrio 130 no penetre en el primer cuello del tanque 160.

5

[0290] En esta segunda forma de realización, los medios de bloqueo 176 están formados por lo tanto por el extremo libre del medio de separación 174, que consiste en el tabique que se extiende a tal efecto en la superficie del baño 130, o incluso preferentemente se sumerge en el baño de vidrio 130.

10

[0291] Alternativamente, los medios 176 para bloquear la capa 112 son estructuralmente distintos de los medios de separación 174, y entonces dichos medios de bloqueo 176 pueden ser adyacentes o alejados de dichos medios de separación 174.

15

[0292] Una variante de este tipo también se muestra en las figuras 5 o 6, que representan una tercera realización que se describirá con más detalle más adelante.

20

[0293] El medio de separación 174 está situado, por ejemplo, aguas abajo del medio de bloqueo 176, es decir a cierta distancia de éste. Alternativamente, el medio de separación 174 está unido a dicho medio de bloqueo 176.

25

[0294] Por lo tanto, en comparación con la primera realización, la delimitación de la capa de mezcla vitrificable 112 no está asegurada aquí por el dique 172 sino más bien por el extremo libre del medio de separación 174 en esta segunda realización mostrada en las Figuras 3 y 4, o por medios de bloqueo separado 176 en la tercera realización mostrada en la Figura 5 o 6.

30

[0295] A continuación se describirá una tercera realización que se muestra en la Figura 5 (y la Figura 6 que muestra una realización alternativa del alzado), en comparación con la segunda realización más particularmente.

[0296] En esta tercera realización, el llamado dispositivo de separación "antirretorno" 170 está constituido únicamente por al menos una elevación 161 del piso 165 del primer cuello del tanque 160, en comparación con la segunda
5 realización mostrada en las Figuras 3 y 4 o incluso con la primera forma de realización, de modo que por tanto no existe ningún dique móvil 172.

[0297] Preferiblemente, el horno híbrido 10 comprende una elevación 161 del piso 165 que tiene una altura H2, indicada en la Figura 5 con respecto a la
10 horizontal en el piso plano 150 de la zona de fusión 100 tomada como referencia, y dicha altura H2 es comparativamente mayor que la altura H1 indicada en la Figura 3.

[0298] Ventajosamente, la elevación 161 del piso 165 del primer cuello 160 del
15 tanque tiene una forma idéntica a la descrita anteriormente con referencia a la Figura 3, es decir, consiste sucesivamente en una sección ascendente 164, una sección superior 166 y una sección descendente 168.

[0299] Como se muestra en la Figura 5, la profundidad P2 entre la superficie
20 S del vidrio fundido y la sección superior 166 de la elevación 161 del piso 165 es menor que la profundidad P1.

[0300] En esta tercera realización, la sección de paso 180 del vidrio fundido
25 no está determinada por tanto por la presa 172 ventajosamente montada de forma móvil, sino que solo está determinada por dicha elevación 161 del suelo 165, de modo que dicha sección de paso 180 en particular no puede modificarse.

[0301] En ausencia de una presa 172, el horno híbrido 10 comprende no
30 obstante al menos un medio de separación 174 como en la primera realización y en la segunda realización, que es capaz de separar las atmósferas

respectivas de la zona de fusión eléctrica 100 y de la zona de refinado y de homogeneización 200.

5 [0302] Además, y como se describió anteriormente como una variante para la segunda realización, los medios de bloqueo 176 son preferiblemente distintos y separados de dichos medios de separación 174.

10 [0303] Alternativamente y como en la segunda realización, los medios de bloqueo 176 están formados por un medio de separación 174 cuyo extremo libre, es decir aquí el extremo inferior, está preferentemente sumergido en el baño de vidrio 130.

15 [0304] Según una realización alternativa de la elevación 161 del piso 165 del primer cuello 160 del tanque mostrado en la Figura 6, la sección descendente 168 está configurada para acompañar gradualmente el flujo del vidrio fundido hacia la zona de refinado y homogeneización 200.

20 [0305] Una sección de este tipo 168 está formada, por ejemplo, por un plano inclinado, que puede estar escalonado o no, en particular en forma de escalera.

25 [0306] Preferiblemente, la sección 168 está inclinada según un ángulo (β) determinado para formar una rampa capaz de provocar un descenso gradual del vidrio fundido hacia el suelo 250 de la zona de refinado y homogeneización 200.

30 [0307] Para la sección descendente 168, el ángulo (β) es un ángulo obtuso que puede tener, por ejemplo, un valor de entre 90° y 145° , y dicho ángulo (β) corresponde al ángulo interno observado en la unión de la sección superior 166 y la sección descendente 168 en la Figura 6.

[0308] Como variante (no mostrada), la sección ascendente 168 no es plana sino que está escalonada, por ejemplo, en forma de escalera con al menos un escalón, o incluso dos o más escalones cuyas dimensiones de altura o longitud pueden ser idénticas o no.

5

[0309] Como se muestra en las Figuras, la profundidad del vidrio aquí no es idéntica longitudinalmente a ambos lados de dicha al menos elevación 161, respectivamente entre el piso plano 150 de la zona de fusión eléctrica 100 y el inicio del piso 250 de la zona de refinado y homogeneización 200, aguas
10 abajo del primer cuello de tanque 160, cuya zona de refinación y homogeneización 200 probablemente tendrá al menos una variación en profundidad.

[0310] Como se ha indicado anteriormente, dicha elevación 161 puede
15 presentar numerosas variantes geométricas en cuanto a su forma general, a sus dimensiones, en particular según la configuración de cada una de las diferentes secciones 164, 166 y 168 que la constituyen.