

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 582**

51 Int. Cl.:
C03B 5/20 (2006.01)
C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07731872 .3**
96 Fecha de presentación: **04.04.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2004558**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.12.2008**

54 Título: **Horno de quemador sumergido y quemador aéreo**

30 Prioridad:
07.04.2006 FR 0651258

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.07.2012

73 Titular/es:
SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE S.A.
18, AVENUE D'ALSACE
92400 COURBEVOIE, FR

72 Inventor/es:
PIERROT, Laurent;
LOPEPE, Frédéric;
PALMIERI, Biagio;
JOUBAUD, Laurent;
PEDEBOSCQ, Philippe y
MEUNIER, Philippe

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 384 582 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Horno de quemador sumergido y quemador aéreo

5 La invención se refiere aun horno de fusión de materiales vitrificables (de vidrio) que comprende un quemador sumergido combinado con un quemador aéreo. El quemador sumergido puede actuar especialmente como barrera para los materiales vitrificables sólidos. El quemador aéreo, especialmente en bóveda, tiene una llama que impacta sobre la superficie del baño fundido por encima de la llama del quemador sumergido, y contribuye a la fusión de los materiales vitrificables.

10 Son conocidos los quemadores sumergidos para la fusión del vidrio especialmente en los documentos WO9935099 y WO 9937591. Se conocen quemadores en bóveda para la fusión de vidrio especialmente por los documentos WO02/092521, US6237369, WO9931021, WO02/090271. Como demás documentos se pueden citar los US5139558, EP1236691, JP2002284532, US5922097, US2002166343. El documento SU425853 enseña un horno para la fusión de vidrio que comprende una multitud de quemadores sumergidos, estando destinado el último, dispuesto por debajo de los quemadores sumergidos, a hacer de barrera a los materiales no fundibles. Un quemador aéreo con llama horizontal que no toca la superficie del vidrio fundido completa el dispositivo.

15 Los materiales vitrificables se introducen por la parte superior del horno. Para una buena calidad del vidrio, se desea su fusión perfecta, es decir la ausencia de materiales no fundidos en el vidrio final. No obstante, es difícil impedir que ciertos materiales vitrificables no circulen en el horno más rápidamente que otros y no resulten materiales no fundibles mezclados con el vidrio fundido, en detrimento de la homogeneidad y la calidad óptica del vidrio final. La presente invención contribuye a resolver este problema.

20 Según la invención, al menos un quemador sumergido se asocia al menos con un quemador aéreo, dispuesto especialmente en bóveda, cuya llama impacta sobre la superficie del baño fundido (de vidrio) por encima de la llama (o la burbuja, teniendo en cuenta el hecho de que son generalmente gases de combustión los que emergen del vidrio fundido y no una llama) del quemador sumergido, de manera a producir una zona localmente muy caliente en la superficie del vidrio y eliminar los materiales no fundidos haciendo que se fundan. Este dispositivo se puede completar por una barrera de quemadores sumergidos para aumentar más la eficacia del dispositivo y hacer que fundan los materiales sólidos. En lo que sigue, se puede denominar "quemador de superficie" al quemador aéreo cuya llama impacta sobre la superficie del vidrio por encima de la llama del quemador sumergido. Así, el horno según la invención está equipado con al menos un quemador aéreo, estando asociado este quemador aéreo con al menos un quemador sumergido, tocando la llama de dicho quemador aéreo la superficie del baño fundido en el lugar en que emerge la burbuja de dicho quemador sumergido. En el marco de la presente solicitud, un quemador aéreo de este tipo se denomina "quemador de superficie". Según la invención, una barrera que comprende al menos un quemador sumergido impide que los materiales vitrificables pasen por debajo de dicha barrera. Entonces, los materiales vitrificables no pueden atravesar la barrera más que en estado fundido. La barrera aporta, además, calor que contribuye a la fusión de cualquier material vitrificable que la atraviese.

35 El quemador sumergido hace subir los materiales (fundidos y no fundidos) más fríos, que se encuentran naturalmente en el fondo del horno, hacia la superficie y los envía de nuevo a la parte inferior del horno después de haberlos recalentado. El quemador de superficie asociado a él, contribuye a acelerar la fusión, asociado con el propio quemador sumergido.

40 Así, la invención se refiere en primer lugar a un horno de fusión de materiales vitrificables que comprende por encima de la dirección de flujo de los materiales fundidos una zona de introducción de materiales vitrificables sólidos, comprendiendo dicho horno un quemador sumergido y un quemador de superficie, que es un quemador aéreo que produce una llama que llega a tocar la superficie del vidrio en el lugar en que emerge la burbuja del quemador sumergido.

45 La invención se refiere al principio de la combinación de un quemador sumergido y de un quemador de superficie, especialmente dispuesto en bóveda, pudiendo tener dicho quemador sumergido la función de efecto barrera para los materiales vitrificables. La llama procedente del quemador de superficie impacta contra el vidrio por encima de la llama (o la burbuja, teniendo en cuenta el hecho de que son generalmente gases de combustión los que emergen del vidrio fundido y no una llama) del quemador sumergido, de forma a producir una zona localmente muy caliente en la superficie. Como el quemador sumergido hace subir los materiales más fríos a la superficie, estos materiales son recalentados de una parte por la llama del quemador sumergido y, de otra parte, por la del quemador de superficie. Se trata allí de un medio para aportar directamente calorías a los materiales más fríos. Tal eficacia no se puede conseguir si se reemplaza el quemador sumergido por un hervidor (gases no inflamados) o por los humos de combustión recuperados, puesto que estos gases contribuirían en el enfriamiento previo de los materiales remontados, lo que sería contraproducente.

55 El quemador de superficie (generalmente en bóveda) que está dimensionado de forma que la combustión de los gases se realice a nivel de la burbuja del quemador sumergido, recalienta de forma selectiva el vidrio frío que sube a la superficie. Por tanto, las transferencias térmicas que dependen de la diferencia de temperaturas entre la fuente caliente y el punto frío, mejoran fuertemente. Así, trabajando a tirada de vidrio constante, la invención permite reducir

los consumos energéticos. Guardando las temperaturas de superestructura (límite superior de temperatura que soportan los materiales que constituyen el horno) constantes, es igualmente posible aumentar la tirada.

El quemador sumergido puede formar parte igualmente de una barrera de quemadores sumergidos que producen cada uno movimientos de convección en el baño fundido e impiden a los materiales vitrificables sólidos irse al fondo del horno. Especialmente si el horno es ancho, se prefiere constituir una barrera a los materiales vitrificables por medio de una multitud de quemadores sumergidos. Entonces, estos quemadores sumergidos se colocan preferentemente en línea transversalmente a la dirección principal de flujo de los materiales fundidos. Esta dirección principal corresponde a la dirección de arriba hacia abajo, según el eje del horno. Los quemadores sumergidos se pueden desplazar ligeramente en relación a una línea recta después de que se haya obtenido el efecto barrera. Las burbujas procedentes del quemador sumergido imprimen un efecto de convección a los materiales sólidos y los envían hacia la parte superior del horno. Por tanto, se disponen tantos quemadores sumergidos para constituir esta barrera como lo requiera la anchura del horno, sabiendo que cada quemador sumergido tendrá un efecto barrera sobre un radio un poco superior al de la burbuja emergente. Los materiales vitrificables no fundidos se vuelven a enviar arriba. Sólo el material fundido puede pasar la barrera. La barrera del quemador sumergido recalienta los materiales no fundidos y, eventualmente, acaba por fundirlos. Los materiales no fundidos siguen las corrientes de convección por encima de la barrera, tantas veces como sea necesario hasta su fusión. La eficacia del sistema de barrera se incrementa por el hecho de que un quemador aéreo provoca una llama que viene a impactar sobre la superficie del vidrio ("quemador de superficie") en el lugar en que emerge la burbuja del quemador sumergido. En el caso en que la barrera no comprende más que un solo quemador sumergido, éste está situado generalmente a la mitad de la anchura del horno (a media distancia entre las paredes laterales del horno). En el caso en que la barrera comprende varios quemadores sumergidos, no se puede prever más que un solo quemador de superficie, cuya llama toque preferentemente la superficie del vidrio a la mitad de la anchura del baño de vidrio. No obstante, se prevén preferentemente tantos quemadores de superficie como quemadores sumergidos, estando dispuestos dichos quemadores de superficie preferentemente en frente de la vertical de cada quemador sumergido, de manera que la llama de un quemador de superficie toque (en un impacto pronunciado) el lugar de emergencia de la llama (o burbuja) de un quemador sumergido. La barrera comprende entonces parejas de quemador sumergido / quemador de superficie, estando asociado cada quemador sumergido a un quemador de superficie.

El horno según la invención puede comprender varias barreras sucesivas (2 o 3 o incluso más) a lo largo del camino de los materiales fundidos, comprendiendo cada una de las barreras al menos un quemador sumergido.

De preferencia, los gases procedentes de cada quemador de superficie llegan con una velocidad demasiado elevada a la superficie del vidrio, por ejemplo con una velocidad de al menos 15 metros por segundo. Esta velocidad puede ser mucho más importante, y se la regula también en función del riesgo de una volatilización de los materiales de superficie del baño. Especialmente, si la llama del quemador de superficie llega a la proximidad de una pendiente de composición, es preferible limitar la velocidad de estos gases para no provocar la volatilización de material procedente de esta pendiente. Esta velocidad puede llegar, por ejemplo, hasta 150 m/s y, en caso de riesgo de volatilización de materiales vitrificables, preferentemente hasta 40 m/s.

En el caso en que se haya constituido una barrera de quemadores sumergidos, el número de quemadores sumergidos a utilizar para constituir la barrera es suficiente para que los materiales no fundidos no la atraviesen y sean reenviados hacia arriba. Aproximadamente, conviene disponer generalmente un número tal N_{min} de quemadores sumergidos, transversalmente al trayecto de los materiales vitrificables, de modo que N_{min} sea al menos igual a la parte entera de $[80\% \text{ de } L/2H]$, si L es la anchura del horno y H es la altura del baño fundido (vidrio fundido) en el horno (ejemplo: si el horno tiene 3 m de anchura y la altura del horno es de 0,5 m, entonces $U2H=3$, por tanto $80\% \text{ de } L/2H=2,4$ cuya parte entera es 2; se tiene por tanto que N_{min} es al menos igual a 2). De manera también preferida, se dispone un número tal N_{min} de quemadores sumergidos, transversalmente al trayecto de los materiales vitrificables, de modo que N_{min} sea al menos igual a la parte entera de $U2H$ (ejemplo: si el horno tiene 3 m de anchura y si la altura del horno es de 0,5 m, entonces $L/2H=3$, por tanto N_{min} es de preferencia al menos igual a 3). En general, es suficiente poner en la barrera un número tal N_{suf} de quemadores sumergidos, de modo que N_{suf} sea al menos igual a 1+ la parte entera de $[120\% \text{ de } U2R]$, si L es la anchura del horno y si R es el radio de la burbuja emergente de un quemador sumergido. Más generalmente aún, es incluso suficiente poner en la barrera un número tal N_{suf} de quemadores sumergidos, de modo que N_{suf} sea al menos igual a 1+ la parte entera de $[L/2R]$.

El diámetro de la burbuja emergente de un quemador sumergido se puede determinar por observación visual.

A modo de indicación, el radio R (en metros) de la burbuja de un quemador sumergido (alimentado con oxígeno puro como carburante y con metano como combustible), en el momento en que ésta alcanza la superficie, es al menos igual a:

$$R = \frac{[3 \times 0,87 \times 3 \cdot 10^{-7} \times T \times P \times v^{1/2}]^{1/5}}{4 \times 3,14}$$

en la cual

ES 2 384 582 T3

- T es la temperatura del vidrio en Kelvin,
- P es la potencia del quemador en KW
- V es la viscosidad cinemática del vidrio en m^2 /segundo.

5 En realidad, su diámetro es un poco superior por el hecho del efecto de aplastamiento al llegar a la superficie. Por tanto, el diámetro real es aproximadamente 10 a 20% superior al que da la fórmula.

La potencia de un quemador sumergido puede alcanzar, por ejemplo, desde 10 a 150 KW. La potencia de un quemador aéreo transversal puede alcanzar, por ejemplo, desde 100 a 1000 KW. La potencia de un quemador aéreo de superficie puede alcanzar, por ejemplo, desde 300 hasta 3000 KW.

10 En una barrera de quemadores sumergidos, el conjunto de quemadores sumergidos se dispone generalmente, a intervalos regulares, transversalmente en el baño de vidrio de manera a producir el efecto barrera. Si la barrera comprende varios quemadores sumergidos, comprende dos quemadores sumergidos más cerca cada uno de una de las paredes transversales del horno. Estos quemadores, colocados en los extremos de la barrera, están separados por una distancia d de su pared más próxima. En este caso, la distancia entre dos quemadores sumergidos de la misma barrera es de preferencia 2d. Preferentemente, 2d corresponde sensiblemente al diámetro de la burbuja emergente del quemador sumergido.

15 Por tanto, el horno según la invención puede tener una barrera que comprenda varios quemadores sumergidos, estando asociado un quemador de superficie diferente a cada quemador sumergido de la barrera.

El horno según la invención puede estar equipado con quemadores aéreos transversales.

20 Además de la combinación del quemador sumergido y del quemador de superficie que le está asociado, así como de la eventual barrera de quemador(es) sumergido(s), el horno puede estar equipado igualmente con quemadores transversales aéreos, que atraviesan las paredes laterales del horno. Unos pares de electrodos que calientan directamente el vidrio fundido, especialmente a través de la solera, pueden participar igualmente en el calentamiento global del horno.

25 En relación a un horno clásico equipado con quemadores aéreos (cuya llama no está especialmente dirigida hacia la superficie del baño fundido), la invención mejora considerablemente las transferencias térmicas en el baño de vidrio. En efecto, el quemador sumergido aumenta la convección en el horno y hace que remonte permanentemente el vidrio frío a la superficie del baño de vidrio. Este aumento de la convección se hace sin enfriar la solera, lo cual no permitiría una simple ebullición de los gases fríos o de los humos. Además, generalmente, el volumen de gas enviado por un hervidor no representa más que el 10% del volumen de gas generado por un quemador sumergido.

30 Los humos de combustión tienen generalmente una temperatura del orden de 1500 a 1600°C, mientras que una llama de quemador sumergido tiene una temperatura superior, especialmente superior a 1800°C, del orden de 2000°C (más bien en el caso de una combustión aire/gas combustible) a 2500°C (más bien en el caso de una combustión oxígeno/gas combustible). Los gases de combustión se enfrían rápidamente en cuanto deban ser transportados. En relación a un hervidor (incluso alimentado con gases de combustión calientes), un quemador sumergido aporta directamente mucha más energía térmica al vidrio por el hecho de la combustión que interviene allí directamente.

35 Los materiales vitrificables se pueden introducir por la parte superior del baño de vidrio, en cuyo caso forman una pendiente de composición, que puede flotar (según su naturaleza) sobre los materiales fundidos. Se pueden introducir igualmente por la parte inferior del baño de vidrio. El quemador sumergido (y por tanto igualmente la eventual barrera de la cual forma parte) está dispuesto generalmente entre el final de la pendiente de composición y la salida del horno, por ejemplo entre el final de la pendiente de composición y el centro del horno, entre su entrada y su salida. En efecto, en relación a la pendiente de composición que se formaría en ausencia del quemador sumergido y en ausencia del quemador de superficie, es ventajoso colocar el quemador sumergido en el extremo de dicha pendiente, de manera que muerda (es decir reduzca) dicha pendiente. Este aspecto se desarrolla más particularmente en la figura 2. Por tanto, la invención se refiere igualmente al procedimiento según el cual los materiales vitrificables se introducen por la parte superior del baño fundido y forman una pendiente de composición, estando colocado el quemador sumergido (y por tanto igualmente la eventual barrera de la cual forma parte) en el extremo de dicha pendiente.

40 Los materiales vitrificables pueden comprender materias primas, pero también vidrio triturado, incluso desechos destinados a ser vitrificados. Pueden comprender igualmente elementos combustibles (orgánicos): así se pueden reciclar, por ejemplo, fibras minerales impregnadas con aglomerante (del tipo de las utilizadas en el aislamiento térmico o acústico, o de las utilizadas en el refuerzo de material plástico), vitrificados laminados con láminas de polímero de tipo polivinilbutiral tales como parabrisas, o cualquier tipo de material "composite" que asocia vidrio y materiales plásticos tal como ciertas botellas. También se pueden reciclar los "composites vidrio-metal o compuestos metálicos" tales como los vitrificados funcionalizados con revestimientos que contienen metales, hasta los difíciles de reciclar puesto que esto pondría en riesgo el provocar un enriquecimiento progresivo de metales en la cámara de fusión, que se acumulan en la superficie de la solera. Pero la agitación impuesta por la fusión por el o los

quemadores sumergidos permite evitar esta sedimentación y reciclar así, por ejemplo, vitrificados revestidos con capas de esmalte, capas de metal y/o de diferentes elementos de conexión.

5 Se puede prever el introducir todos o parte de los materiales vitrificables en la cámara de fusión bajo el nivel de la masa habitual por encima de la masa en curso de liquefacción, y el resto por debajo, por ejemplo por medios de transporte de tipo tornillo sin fin. También se pueden introducir los materiales directamente en la masa en curso de liquefacción, en un solo punto o en diferentes puntos repartidos en las paredes de la cámara de fusión. Tal introducción directamente en la masa de materiales en curso de liquefacción ("baño de vidrio") es ventajosa por más de una razón: primero disminuye considerablemente todos los riesgos de volatilización de las materias primas por encima del baño de vidrio, por tanto reduce al mínimo la tasa de polvos sólidos emitidos por el horno. Después, permite controlar mejor el tiempo mínimo de permanencia de dichos materiales antes de la extracción hacia la zona de afinado e introducirlos selectivamente allí donde la agitación convectiva es más fuerte, según la disposición de los quemadores sumergidos. Este o estos puntos de introducción en el baño de vidrio puede (pueden) encontrarse, así, en la proximidad de la superficie o más profundamente en el baño de vidrio, por ejemplo a una altura del baño de vidrio comprendida entre 1/5 y 4/5 de la profundidad total del baño de vidrio a partir del nivel de la solera.

10 Cada quemador (sumergido o aéreo, transversal o de superficie) es alimentado con un carburante y un combustible. El carburante puede ser especialmente aire u oxígeno o aire enriquecido en oxígeno. El combustible puede ser de tipo combustible fósil gaseoso o no gaseoso tal como gas natural, propano, fuel-oil líquido o cualquier otro combustible hidrocarbonado. También se puede tratar de hidrógeno, sobre todo para los quemadores sumergidos. Combinar en una fusión por quemadores sumergidos la utilización de un carburante oxígeno y la de un combustible hidrógeno es un buen medio para asegurar una transferencia térmica eficaz de la energía de los quemadores al vidrio en fusión, dando lugar además a un procedimiento totalmente "limpio", es decir sin emisión de óxido de nitrógeno NO_x, ni gases con efecto invernadero de tipo del CO_x además de los que pueden proceder de la descarbonatación de las materias primas.

25 Según la invención, un quemador de superficie está asociado a un quemador sumergido, tocando la llama del quemador de superficie con una velocidad importante el lugar en que emergen los gases de combustión del quemador sumergido. Se puede prever, especialmente, que el quemador sumergido sea superestequiométrico en oxígeno (es decir enriquecido en oxígeno en relación al que sería suficiente para quemar todo el combustible que alimenta el quemador sumergido) y que el quemador de superficie que está asociado a él sea superestequiométrico en gas combustible (es decir enriquecido en combustible en relación al que sería suficiente para reaccionar con todo el carburante que alimenta el quemador de superficie). De este modo, en la superficie del vidrio interviene una combustión secundaria entre, por una parte el oxígeno en exceso del quemador sumergido y el combustible en exceso del quemador de superficie, lo que va en sentido de un calentamiento suplementario bien localizado en la superficie del vidrio, lugar por el cual pasan los materiales no fundidos. También se puede realizar a la inversa, es decir alimentar el quemador sumergido de manera superestequiométrica en gas combustible y el quemador de superficie de manera superestequiométrica en oxígeno para obtener esta combustión secundaria en la superficie del vidrio.

40 Cada quemador sumergido provoca por convección una agitación intensa de los materiales vitrificables: se forman así bucles de convección de una y otra parte de las combustiones o "llamas" o corrientes de gases de combustión, mezclando permanentemente de forma muy eficaz los materiales fundidos y los todavía no fundidos. Así, se encuentran de nuevo las características muy favorables de una fusión "agitada", sin tener que recurrir necesariamente a medios de agitación mecánicos poco fiables y/o susceptibles de una rápida desgaste.

45 Este tipo de fusión por quemadores sumergidos permite reducir considerablemente la emisión de todo tipo de polvo a nivel de la cámara de fusión, y de gases tipo NO_x, puesto que los intercambios térmicos se hacen muy rápidamente, evitando los picos de temperatura susceptibles de favorecer la formación de estos gases. Igualmente, reduce de forma considerable la emisión de gases de tipo CO₂, siendo más bajo el consumo energético total de la instalación que con los dispositivos convencionales (solamente con quemadores aéreos funcionando por ejemplo en inversión).

50 Opcionalmente, se puede prever hacer que la fusión sea precedida por una etapa de precalentamiento de los materiales vitrificables, a una temperatura no obstante claramente inferior a la necesaria para licuarlos, por ejemplo de a lo sumo 900°C. Para realizar este precalentamiento, puede ser ventajoso recuperar la energía térmica de los humos. Agotándolos así térmicamente, se puede disminuir globalmente el consumo energético específico de la instalación.

55 Generalmente, el vidrio se afina, bien sea en la parte baja del mismo horno, y/o en un compartimento de afinado en la parte inferior del horno. Después del afinado, el vidrio puede salir por medio de un canal, pero la invención se aplica también a los hornos sin canales. Especialmente, después del afinado, el vidrio puede alimentar de forma continua una instalación de producción de vidrio plano, tal como un baño de flotación del vidrio.

La figura 1 representa en vista lateral un horno 1 según la invención. Este horno es alimentado con materiales vitrificables 2, que forman una pendiente de composición en la parte superior del horno, a través de un dispositivo de

5 carga del horno 3 (tornillo sin fin) que desemboca justo por encima del nivel 4 del baño de vidrio. Un quemador sumergido 10 genera una llama 13 en forma de burbujas que suben a la superficie. Esta subida hacia la superficie produce movimientos de convección, representados por flechas. Los materiales no fundidos que llegan de la pendiente de composición 2 (el final de la pendiente de composición está en 12) y que se acercan al lugar en que emerge la llama del quemador sumergido son empujados hacia arriba por el hecho de estos movimientos de convección. Un quemador aéreo en bóveda 5 produce una llama 6 que llega a impactar sobre la superficie del vidrio fundido. Así, los materiales no fundidos son calentados por la llama del quemador sumergido y por la llama del quemador en bóveda. El calentamiento del horno se completa por los pares de electrodos 7 y por los quemadores aéreos transversales 11, dispuestos en las paredes laterales del horno. El vidrio fundido fluye hacia la parte inferior del horno, pasa por un canal 8 y sale por 9 a través de un orificio.

10 La figura 2 representa esquemáticamente el lugar preferido para el emplazamiento del quemador sumergido 21 (y, por tanto, igualmente de la eventual barrera de la que forma parte). En la vertical de este quemador 21 emerge en la superficie una burbuja 22 cargada con gas de combustión. El quemador está dispuesto preferentemente al final de la pendiente de composición 23, de manera que contribuye a morder dicha pendiente. La línea de puntos representa la forma de la pendiente de composición en ausencia del quemador sumergido y en ausencia del quemador de superficie. El final de esta pendiente terminaría en el punto 24. La barrera de quemadores sumergidos llega a morder el final de esta pendiente, de manera que este final se sitúa ahora en el punto 25. El quemador de superficie 26 está dispuesto en la vertical del quemador sumergido y su llama 27 llega a tocar la superficie del vidrio en el lugar de emergencia de la burbuja 22 del quemador sumergido 21. El quemador de superficie contribuye igualmente a acortar el final de la pendiente. Así, el quemador sumergido está dispuesto bajo el extremo de la pendiente de composición que se formaría en su ausencia (línea de puntos), de manera que finalmente, cuando funciona, dicho quemador sumergido se encuentra justo debajo (en relación al sentido del flujo del vidrio) de la pendiente de composición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Horno de fusión (1) de materiales vitrificables (2) que comprende por encima de la dirección de flujo de los materiales fundidos una zona de introducción de materiales vitrificables sólidos (2), un quemador sumergido (10) y un quemador aéreo (5), caracterizado porque la llama (6) del quemador aéreo, denominado quemador de superficie, llega a tocar la superficie del vidrio (4) en el lugar en que emerge la burbuja (13) del quemador sumergido.
2. Horno según la reivindicación precedente, **caracterizado por que** el quemador sumergido (10) forma parte de una barrera de quemadores sumergidos que producen movimientos de convección en el baño fundido impidiendo que los materiales vitrificables sólidos vayan hacia la parte inferior del horno.
- 10 3. Horno según la reivindicación precedente, **caracterizado por que** cada quemador sumergido de la barrera (10) está asociado a un quemador de superficie (5) diferente.
4. Horno según una de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado por que** el número de quemadores sumergidos en la barrera es al menos igual a la parte entera de $[80\% \text{ de } L/2H]$ si L es la anchura del horno y si H es la altura del baño fundido en el horno.
- 15 5. Horno según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** comprende varias barreras sucesivas de quemadores sumergidos en el camino de los materiales fundidos.
6. Procedimiento de fusión de materiales vitrificables **caracterizado por que** la fusión se realiza en un horno de una de las reivindicaciones precedentes.
- 20 7. Procedimiento según la reivindicación precedente, **caracterizado por que** los materiales vitrificables se introducen por encima del baño fundido y forman una pendiente de composición (23), estando dispuesto el quemador sumergido en el extremo (25) de dicha pendiente.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes del procedimiento, **caracterizado por que** los gases del quemador de superficie llegan a la superficie del vidrio con una velocidad de al menos 15 metros por segundo.
- 25 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes del procedimiento, **caracterizado por que** la llama del quemador sumergido es superior a 1800°C.

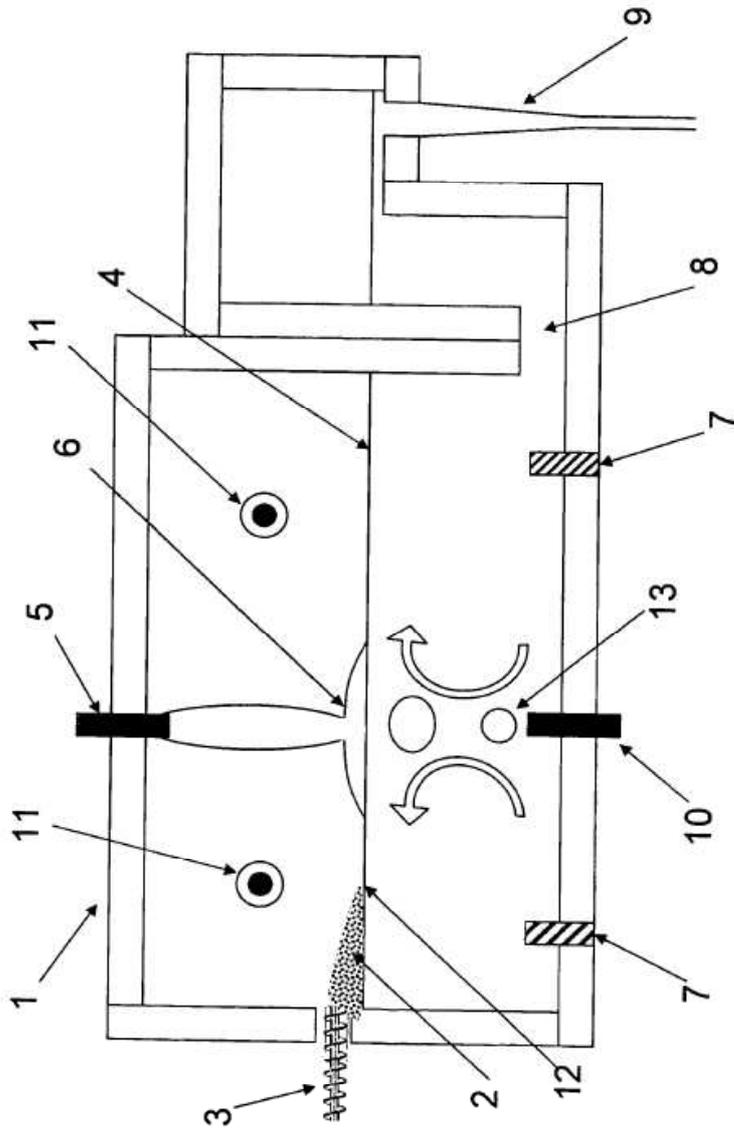


Fig 1

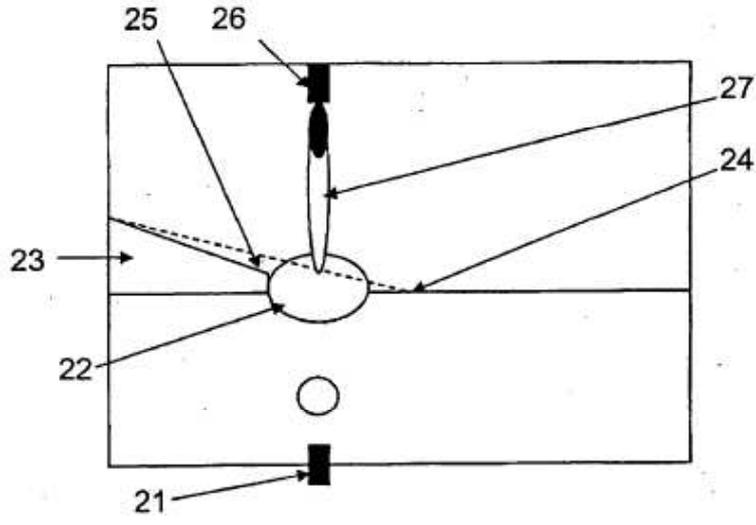


Fig 2