

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 839**

51 Int. Cl.:

**C03B 5/04** (2006.01)

**C03B 5/182** (2006.01)

**C03B 5/185** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2010** **E 10765679 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016** **EP 2483211**

54 Título: **Horno de vidrio, en particular para vidrio claro o ultra-claro, con reducción de la recirculación primaria**

30 Prioridad:

**30.09.2009 FR 0904657**

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

**29.03.2016**

73 Titular/es:

**FIVES STEIN (100.0%)  
3 Rue Jules Guesde  
91130 Ris Orangis, FR**

72 Inventor/es:

**KUHN, WOLF STEFAN y  
TABLOUL, SAMIR**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 564 839 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 vidrio, en particular para vidrio claro o ultra-claro, con reducción de la recirculación primaria

5 La invención se refiere a un horno de vidrio de doble cinta de recirculación para el calentamiento, la fusión y el afinado de materiales a vitrificar, horno del tipo de los que comprenden:

- una entrada para las materias primas,

10 - una superestructura equipada de medios de calentamiento,

- un tanque que contiene un baño de vidrio fundido en el que una capa de materias primas flota desde la entrada hasta una cierta distancia en el interior del horno,

15 - una salida por la cual se evacua el vidrio fundido.

La invención se refiere más particularmente, pero no exclusivamente, a un horno para vidrio claro o ultra-claro.

20 Refiriéndose al esquema de la figura 1 de los dibujos anexos, se puede observar un horno de vidrio flotado clásico con una entrada E para las materias primas, una superestructura R equipada de quemadores G, un tanque M cuya solera S soporta un baño N de vidrio fundido en el que una capa T de materias primas flota desde la entrada, y una salida Y. Por encima del horno, la evolución de la temperatura de la cara caliente de la bóveda T<sub>bóveda</sub>, de la superestructura R, según la longitud del horno, está en las ordenadas en la figura 1 y está representada por la curva 1 cuyo punto máximo se encuentra en la zona central I del horno.

25 Dos bucles de recirculación del vidrio líquido B1, B2, se forman en el baño entre una zona central I del horno más caliente y respectivamente la entrada E y la salida Y a una temperatura menor. Según la figura 1, la recirculación en el bucle B1 primario se efectúa en el sentido contrario a las agujas del reloj: el vidrio en la superficie fluye desde la zona I hacia la entrada E, desciende hacia la solera y regresa a la parte baja del baño hacia la zona central I para volver a subir a la superficie. La recirculación en el bucle secundario B2 tiene lugar en el sentido inverso, es decir en el sentido de las agujas del reloj. Estos dos bucles de recirculación influyen en el flujo principal del tiro del horno. Modifican la forma y la duración de paso del flujo principal en función de su intensidad.

35 La trayectoria más corta de flujo principal, que corresponde al menor tiempo de estancia, que es crítico para la calidad del vidrio extraído del horno, se esquematiza por la curva en línea discontinua 2 según la cual el vidrio, cerca de la entrada, se desplaza cerca de la solera S, después vuelve a subir según un recorrido más o menos sinuoso 3 entre los dos bucles de recirculación, para desplazarse después en una trayectoria 4 cerca del nivel superior del baño hacia la salida Y. A la subida 3 le corresponde una zona de resurgencia central RC comprendida entre los dos bucles B1, B2 y sus zonas de resurgencias R1 y R2. El punto de retorno del flujo del vidrio en la superficie del baño marca la separación superficial de las resurgencias R1 y RC. La distancia comprendida entre la entrada del horno y este punto de retorno define la longitud C representada en la figura 1, representativa de la extensión del bucle B1. Este se puede determinar experimentalmente o por simulación numérica. La calidad de afinado del vidrio se determina por la parte inicial de la trayectoria 4. En esta parte inicial, el vidrio es mantenido a una temperatura superior a la temperatura del afinado (aproximadamente 1450°C para el vidrio sodocálcico) durante un cierto intervalo de tiempo. El tiempo de estancia en la parte inicial de la trayectoria 4 es por lo tanto determinante para la calidad del vidrio producido. Este tiempo de estancia se da por la longitud L de la zona a una temperatura situada por encima de aproximadamente 1450°C para el vidrio sodocálcico y por la velocidad de flujo del vidrio. Esta velocidad de flujo del vidrio está relacionada con el tiro obtenido a la salida del horno y con la intensidad de la recirculación B2.

50 Por lo tanto, se pretende maximizar el tiempo de estancia de "afinado" para mejorar la calidad del vidrio, o para aumentar el tiro del horno a calidad constante. La prolongación del tiempo de estancia se puede obtener por una disminución de la recirculación secundaria, lo que permite también disminuir el consumo del horno. Así, desde hace un cierto número de años, está previsto un estrechamiento de la anchura de los hornos denominado corsé 5a en los hornos de vidrio flotado. En este corsé 5a se puede utilizar, además, una presa 5b enfriada con agua que ralentiza aún más la recirculación.

Otro medio conocido para prolongar el tiempo de estancia de "afinado" es desplazar la zona de resurgencia central RC modificando el perfil longitudinal de temperatura de la combustión. El punto más caliente del perfil 1 es así desplazado hacia la entrada del horno. Sin embargo, la competición hidrodinámica de los dos bucles de recirculación B1 y B2 impone unos límites para este desplazamiento.

60 Las soluciones del estado de la técnica evocadas anteriormente son relativamente satisfactorias para un vidrio ordinario, pero siguen siendo insuficientes para un vidrio ultra-claro.

65 Tres problemas principales aparecen durante la fusión del vidrio ultra-claro:

1. degradación de la calidad de afinado del vidrio,
2. aumento de la corrosión de las paredes internas del tanque M,
- 5 3. aumento de la temperatura en la solera, con riesgo de corrosión incrementado.

Para paliar estos problemas, durante el paso del vidrio claro al vidrio ultra-claro en un horno de vidrio flotado, se está obligado a bajar el tiro del 10 al 15%.

10 Para conservar las posiciones de resurgencia y el tiempo de afinado, se hace uso a veces, para el vidrio estándar, de una línea de burbujeadores o de una pared anti-retorno situados en la zona de resurgencia RC en la solera. Ahora bien, los burbujeadores refuerzan la circulación y aumentan la temperatura de la solera, ya crítica para el vidrio ultra-claro. La corrosión constituye también un punto crítico para la pared.

15 Para resolver el problema de la temperatura elevada en la solera de los hornos para el vidrio ultra-claro, y para reducir esta temperatura, se opta habitualmente por una mayor profundidad h del baño de vidrio fundido. La profundidad del tanque se lleva así a aproximadamente 1,4 a 1,8 m. Pero un aumento de la profundidad favorece la recirculación, en particular para el vidrio ultra-claro. En regla general, un aumento de la intensidad de la recirculación reduce el tiempo de estancia más corta en los hornos de fusión a pesar de un aumento del volumen de vidrio. El  
20 aumento del coste del tanque y una prolongación del tiempo de cambio de color del vidrio son otras desventajas relacionadas con el aumento de la profundidad.

Otro medio conocido por el experto en la materia para limitar la temperatura de la solera consiste al menos en aislar térmicamente para favorecer la evacuación del calor y limitar su temperatura.

25 Se conocen los documentos US-A-1870242, US-A-2119948 y LU-A-77649 que describen todos unos hornos. Los documentos US-A-1870242 y US-A-2119948 no enseñan ninguna configuración de un horno que produce dos bucles de recirculación. Ninguno de estos documentos divulga un horno que presenta una solera inclinada de manera discontinua ni que tiene como objetivo acortar la extensión del primer bucle de recirculación.

30 La invención tiene como objetivo, sobre todo, proporcionar un horno de vidrio de doble bucle de recirculación que no presente ya, o a un grado menor, los inconvenientes recordados anteriormente y que, en particular, permita una calidad de afinado elevada, no sólo para el vidrio ultra-claro sino también para el vidrio claro y ordinario.

35 Según un aspecto de la invención, se propone la utilización de un horno de vidrio del tipo antes definido, en el que el horno, el tanque, la entrada, la salida y los medios de calentamiento están configurados para que dos bucles de recirculación del vidrio fundido se formen en el baño entre una zona central del horno más caliente y respectivamente la entrada y la salida a una temperatura menor, caracterizada por que la utilización comprende un medio de ralentización del caudal del vidrio fundido en el bucle de recirculación primario apropiado a acortar su  
40 extensión.

Según otro aspecto de la invención, se propone un horno para vidrio del tipo definido anteriormente, estando el horno, el tanque, la entrada, la salida y los medios configurados para que dos bucles de recirculación del vidrio fundido, respectivamente primario y secundario, se formen en el baño entre una zona central del horno más caliente y respectivamente la entrada y la salida a una temperatura menor, que comprende un medio de ralentización del caudal del vidrio fundido en el bucle de recirculación primaria apropiado a acortar su extensión.

La reducción de la longitud del bucle de recirculación primaria permite, para una misma longitud de horno, prolongar la zona de afinado L de a fin de mejorar la calidad del vidrio.

50 El aumento del tiro de un horno dado conduce a una prolongación del bucle B1. La invención permite reducir esta prolongación del bucle B1. La invención permite reducir esta prolongación a fin de conservar la duración de afinado del vidrio.

55 Según un ejemplo de realización, que no pertenece a la invención, el medio de ralentización del caudal en el bucle de recirculación primaria B1 comprende una reducción de la profundidad media del tanque en la zona del bucle de recirculación B1 con respecto a la de la zona de resurgencia central del vidrio.

Según otro ejemplo de realización, que no pertenece a la invención, el medio de ralentización del caudal en el bucle de recirculación primaria B1 puede comprender un medio de aporte calorífico al vidrio de retorno que circula a nivel de la solera.

60 Según la invención, el medio de ralentización del caudal en el bucle de recirculación primaria comprende una inclinación de la solera sustancialmente desde la entrada hacia el interior del horno, en una distancia que corresponde al 20-100%, y preferentemente del 50%, de la longitud del bucle de recirculación primaria representado por la longitud C, de manera que la profundidad de la solera aumente desde la entrada del horno hacia el interior. La  
65

distancia del 50% corresponde sustancialmente a la extensión de la capa.

La disminución de la profundidad (h) de la solera desde el interior del horno hacia la entrada de las materias primas se realiza de manera discontinua, en particular por peldaños sucesivos, de altura reducida, en particular inferior a 25 cm.

Cuando la variación de profundidad se obtiene por medio de peldaños, éstos pueden ser biselados.

En una variante, que no pertenece a la invención, la disminución de la profundidad de la solera desde el interior del horno hacia la entrada de las materias primas puede ser continua, según un plano inclinado.

Ventajosamente, el medio de disminución está constituido por una inclinación o escalonada de la solera sustancialmente desde la entrada hacia el interior del horno en una distancia que corresponde sustancialmente a la extensión de la capa.

Según otra variante, que no pertenece a la invención, la disminución de la profundidad de la solera desde el interior del horno hacia la entrada de las materias primas se obtiene por la presencia de uno o varios obstáculos colocados en la solera, en particular uno o más salientes transversales.

Un calentamiento eléctrico con electrodos clásicos está ventajosamente previsto en el baño de vidrio fundido debajo de la capa.

La invención consiste, además de en las disposiciones expuestas anteriormente, en un cierto número de otras disposiciones, que se explican con más detalle a continuación en referencia a un ejemplo de realización descrito con referencia a los dibujos anexos, pero que no es de ninguna manera limitativo. En estas figuras:

La figura 1 es una sección esquemática vertical de un horno para vidrio flotado clásico.

La figura 2 es una sección vertical esquemática parcial de la capa y del baño fundido para el establecimiento de un resultado térmico local simplificado,

La figura 3 es una sección vertical esquemática parcial de un horno según la invención,

La figura 4 es una sección vertical esquemática parcial de una variante de horno, y

La figura 5 es una sección vertical esquemática parcial de un horno que representa una nueva variante que comprende un aporte calorífico por unos electrodos al vidrio de retorno.

Según el esquema de la figura 2, se observa que la energía total  $Q_{\text{capa}}$  para la fusión de la capa T se aporta:

- o bien directamente en la superficie de la capa por la radiación de la combustión, en forma  $Q_{\text{capa}}^{\text{sup}}$ ,

- o bien indirectamente por conducción y convección del vidrio debajo de la superficie inferior de la capa según la expresión  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$

dando la relación:  $Q_{\text{capa}} = Q_{\text{capa}}^{\text{sup}} + Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$

La relación  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}/Q_{\text{capa}}$  es difícil de determinar, tanto por medición como por modelización, pero es más bien inferior al 50%.

El aporte de calor en la cara inferior de la capa se da por conducción y convección y causa el enfriamiento del vidrio debajo de la capa. El vidrio de superficie lleva una cierta cantidad de calor que es después consumido por la cara inferior de la capa.

Entre el consumo por la capa y el aporte de calor por recirculación del vidrio, existe un equilibrio de acuerdo con la conservación de los flujos térmicos:

$$Q_{\text{capa}}^{\text{inf}} = \Delta Q_{\text{rec}},$$

relación en la que  $\Delta Q_{\text{rec}}$  es igual a la pérdida de energía del vidrio. Esta pérdida de energía corresponde a la diferencia de energía del vidrio que, después de la recirculación entra, y después sale, de una zona del baño situada debajo de la capa T. Esta zona debajo de la capa tenida en cuenta para el equilibrio térmico local simplificado está delimitada por un límite ficticio 6. Evidentemente, conviene tener también en cuenta las pérdidas térmicas de las paredes en el equilibrio térmico de la zona delimitada. El vidrio próximo de la superficie pasa el límite 6 de la derecha a la izquierda según la figura 2 teniendo una energía  $Q_{\text{superficie}}$ . Se enfría debajo de la capa T, para después bajar hacia la solera y volver a salir de la izquierda a la derecha con una energía  $Q_{\text{solera}}$ .

Se puede así escribir:

$$\Delta Q_{\text{rec}} = Q_{\text{superficie}} - Q_{\text{solera}}$$

con:

$Q_{\text{superficie}}$  igual a la energía del vidrio que entra en la zona situada debajo de la capa T

$Q_{\text{solera}}$  igual a la energía del vidrio que sale de esta zona, correspondiendo la diferencia al descenso de la temperatura del vidrio en recirculación.

Esta diferencia de energía puede también ser expresada por la relación

$$\Delta Q_{\text{rec}} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

con:

-  $\dot{m}$  que corresponde al caudal másico del vidrio en el bucle de recirculación primaria B1,

-  $C_p$  que corresponde a la capacidad calorífica o calor específico del vidrio,

-  $\Delta T$  = diferencia de temperatura entre la corriente entrante y saliente en la zona debajo de la capa.

Las cantidades exactas de los flujos térmicos del vidrio por convección se han de calcular en principio a partir de las integraciones de los perfiles de flujo y de los campos de temperaturas en el plano del límite ficticio 6 - que no se ha representado aquí para conservar la claridad de la descripción.

Al ser el caudal de vidrio procedente de la fusión de la capa es débil comparado con el caudal de recirculación, se ignora después a fin de simplificar la descripción.

Según la invención, se disminuye el caudal  $\dot{m}$  por un medio de la ralentización de la recirculación del vidrio.

Se puede reescribir la fórmula anterior en forma:

$$\dot{m} = \Delta Q_{\text{rec}} / c_p \cdot \Delta T$$

Esta fórmula muestra que una disminución del caudal de recirculación por un medio de ralentización geométrico del flujo según la invención puede tener dos consecuencias:

- el valor de  $\Delta Q_{\text{rec}}$  disminuye, lo que conduce a una disminución de la velocidad del vidrio debajo de la capa, lo que conduce a una reducción del flujo térmico  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$ .

- el valor  $\Delta T$  aumenta, lo que conduce debajo de la capa a una disminución de la temperatura del vidrio que se sumerge hacia la solera.

En la práctica, estos dos fenómenos se combinan también con el mecanismo de transferencia de calor en la capa para conducir al nuevo valor  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$ .

Una descripción detallada de la complejidad de la fusión de una aparece por ejemplo en el libro "Mathematical simulation in glass technology", Springer 2002, Eds. D. Kruse, H. Loch, en el capítulo 2.2, páginas 73-125. Se desarrolla a continuación una descripción simplificada de estos fenómenos.

La cantidad de energía  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$  consumida por la cara inferior de la capa T depende, de manera compleja, del flujo térmico por conducción y convección del vidrio directamente por debajo de la capa. No se conoce a priori la contribución de la convección con respecto a la conducción. La conducción térmica del vidrio puede ser representada por una conducción efectiva según la aproximación Rosseland, que integra la contribución de la radiación en la conducción. El vidrio claro, y en particular ultra-claro, presenta unos valores muy elevados de esta conducción efectiva y por lo tanto un flujo térmico elevado en presencia de gradientes térmicos. Por lo tanto es necesario verificar si la convección del vidrio desempeña todavía un papel importante en la transferencia de energía debajo de la capa.

La intensidad de la convección se puede expresar por el número de Peclet Pe, que presenta la relación entre flujo térmico por convección y flujo por conducción:

$$Pe = v \cdot L_{car} / \alpha$$

v designa la velocidad media de la corriente del vidrio que entra debajo de la capa T, y  $L_{car}$  designa una longitud característica del sistema, en este caso la longitud de la corriente de vidrio recorrida debajo de la capa.

5  $\alpha$  designa la difusividad térmica que es proporcional a la conductividad ( $\alpha = \text{conductividad efectiva} / \text{densidad} \times C_p$ ) y depende del material, en este caso del vidrio, y es elevada para el vidrio claro o ultra-claro. No se puede actuar sobre este parámetro.

10 En principio, es necesario formular el número de Peclet en 2 dimensiones para comparar unos flujos de convección y de conducción perpendiculares tales como debajo de la capa - lo que no se representa aquí para conservar la claridad de la descripción.

15 Para los parámetros y dimensiones típicos de los grandes hornos de vidrio, tales como los hornos de vidrio flotado, se encuentran unos valores de Peclet en una dimensión ampliamente superior a 10. Para el vidrio claro o ultra-claro, la convección del bucle de recirculación desempeña por lo tanto todavía un papel dominante para el transporte de calor debajo de la cara inferior de la capa.

20 Una ligera disminución del caudal de recirculación, y por lo tanto de la velocidad, no cambia el modo de transferencia de calor debajo de la capa, que sigue estando controlado por la convección. Sin embargo, una disminución del caudal de recirculación disminuye el flujo de calor en la capa  $Q_{capa}^{inf}$ . Se entiende ahora que una disminución del caudal de recirculación y de la velocidad debajo de la capa disminuye al mismo tiempo el valor  $Q_{capa}^{inf}$  y la aportación por recirculación  $\Delta Q_{rec}$ . Se respeta así el resultado térmico.

25 Una disminución de  $Q_{capa}^{inf}$  conlleva una prolongación de la capa más o menos importante. Es necesario compensar cualquier disminución de aporte calorífico sobre la cara inferior  $Q_{capa}^{inf}$  mediante un aumento de éste en la cara superior  $Q_{capa}^{sup}$  para conservar la energía total  $Q_{capa}$  necesaria para la fusión de la capa. Puede estar prevista una adaptación de la distribución de la potencia de los quemadores para reforzar el flujo térmico en la cara superior  $Q_{capa}^{sup}$ . Este refuerzo del flujo térmico podrá ser realizado por otros medios, como el "oxi-boosting" o llamas verticales impactantes. Según la invención, el horno comprende un medio de ralentización del caudal del bucle de recirculación primaria. Los dos bucles de recirculación del vidrio B1 y B2 están en competición hidrodinámica. La posición de la zona de separación entre los dos bucles depende de la relación de sus intensidades. Una disminución de la intensidad del bucle B1 conduce a un desplazamiento de la zona de separación hacia la entrada del horno y, por lo tanto, una reducción de la extensión de la longitud C. En el caso de un horno de colada continua, el flujo principal del vidrio crea una zona de resurgencia central RC intercalada en la zona de separación entre los dos bucles de recirculación B1 y B2. La reducción del bucle B1 conduce a un desplazamiento hacia la entrada del horno de la zona de resurgencia RC. Después de la zona de resurgencia, el flujo principal sigue la trayectoria 4. En la primera parte de esta trayectoria 4, se realiza el afinado del vidrio. Si se mantiene la temperatura del afinado en una longitud L prolongada que corresponde al desplazamiento de la posición de la resurgencia RC, esto conduce a

30 prolongar la zona de afinado, dando una mejor calidad del vidrio.

Preferiblemente, el medio de ralentización del caudal del bucle de recirculación primaria está constituido por una disminución de la profundidad obtenida por unos peldaños sucesivos, o que puede ser realizada por niveles con la ayuda de varios peldaños 8 de baja altura, generalmente de altura inferior a 25 cm (figura 3).

45 Según otro ejemplo de realización, que no pertenece a la invención, visible en la figura 3, la solera 7 está inclinada de manera continua desde arriba hacia abajo desde la entrada E hasta una zona situada aproximadamente en la vertical del extremo de la capa T.

50 Según otro ejemplo de realización, que no pertenece a la invención, visible en la figura 4, la solera permanece horizontal hasta por debajo de la entrada y comprende uno o varios salientes verticales 9, por ejemplo en toda su longitud. Preferentemente, los salientes 9 están posicionados debajo de la capa. Sin embargo, es necesario tener cuidado en no crear una zona muerta o demasiado fría en el vidrio para evitar problemas eventuales de calidad.

55 Los peldaños 8 pueden ser eventualmente biselados a nivel de su canto 8a para reducir el efecto de la corrosión en los peldaños. La corrosión de los peldaños no puede perjudicar a la calidad, ya que el vidrio en contacto con la solera en esta zona es después obligado a subir a la zona de afinado por la resurgencia central.

60 En el caso el vidrio ultra-claro, es habitual reducir el porcentaje de aislamiento térmico de la solera a fin de reducir la temperatura de la solera. La realización según la invención de un freno geométrico conduce también a un aumento más o menos importante del  $\Delta T$ , por lo tanto a una disminución de la temperatura de la solera. La combinación de un aislamiento menor y de un freno geométrico disminuye notablemente el riesgo de corrosión de los refractarios de la solera.

65 Si la disminución del aporte de calor en la cara inferior de la capa  $Q_{capa}^{inf}$  es excesiva, y si un complemento en la

cara superior no es suficiente para compensarlo, la capa corre el riesgo de prolongarse más allá de la zona deseada.

5 En este caso, se debe realizar un aporte calorífico en la cara inferior de la capa, en particular por unos electrodos clásicos 10, a fin de reforzar el intercambio térmico en la cara inferior de la capa transportadora. Según la invención, el aporte calorífico de los electrodos 10 llega principalmente a completar este aporte por la convección del vidrio a fin de mantener el valor de  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$ .

10 El refuerzo eléctrico de calentamiento realizado con electrodos 10 servirá en este caso para complementar el aporte de calor en la cara inferior.

$$Q_{\text{tapis}}^{\text{inf}} = \Delta Q_{\text{rec}} + Q_{\text{el}}$$

15 El aporte de energía por el "boosting" eléctrico directamente debajo de la capa permite por lo tanto limitar una prolongación de la capa.

20 Ventajosamente, se prevé en el horno, cerca de la carga del horno E, por ejemplo a nivel de los primeros peldaños 8, un calentamiento eléctrico o "boosting" de refuerzo con al menos dos electrodos 10 implantados verticalmente en dos peldaños de la solera. La corriente eléctrica circula de un electrodo a otro en el vidrio fundido y provoca su calentamiento. Alrededor de los electrodos se establece un flujo local. Tiene por efecto reforzar el intercambio térmico con la capa. El flujo global del bucle de recirculación B1 sigue siendo dominante debajo de la capa.

Según la invención, la solera inclinada, en particular con múltiples peldaños 8, permite:

25 - una solera manejable en la construcción y durante el calentamiento gradual por el mantenimiento de la unión mecánica directa de los bloques refractarios para ejercer un empuje horizontal necesario para el cierre de las juntas, - poco riesgo de corrosión.

30 La figura 5 representa otro ejemplo basado en un nuevo equilibrio del resultado térmico del bucle B1.

Se caracteriza por que la ralentización del caudal en el bucle de recirculación primaria se obtiene con un aporte calorífico al vidrio de retorno que circula a nivel de la solera.

35 El aporte calorífico según esta variante de realización está ventajosamente combinado con una disminución de la profundidad de la solera.

40 La recirculación del bucle B1 está generada por la convección natural, o termoconvección, relacionada con un diferencial entre la temperatura media del vidrio debajo de la capa y la de la zona de resurgencia R1.

Si se sube la temperatura del vidrio después de su enfriamiento por la capa, con un aporte calorífico localizado, se disminuye el diferencial de temperatura y por lo tanto el motor del bucle de recirculación B1.

45 La temperatura del vidrio de la solera interviene por lo tanto en la competición hidrodinámica de los dos bucles de recirculación B1 y B2 y la posición de la resurgencia central RC. Así, un vidrio más caliente de la solera permite disminuir la extensión del bucle de recirculación B1.

50 La disminución del caudal de recirculación se puede obtener sólo si la disminución de la viscosidad del vidrio, por el aumento de la temperatura de la corriente de retorno, sigue siendo baja e influye poco sobre la resistencia por fricción al flujo del vidrio. Para un vidrio ultra-claro y la elevación de temperatura pretendida, la variación de la viscosidad del vidrio es relativamente baja, lo que permite efectivamente reducir el caudal de recirculación B1.

Como se representa en la figura 5, el aporte calorífico está localizado en el vidrio de retorno por encima de la solera.

55 El aporte calorífico se puede realizar, en particular, por unos electrodos 11 implantados horizontalmente. Pueden también ser implantados verticalmente pero con una altura limitada.

60 Durante la implantación de los electrodos, se debe tener cuidado de no crear unos puntos calientes en el vidrio a fin de evitar crear una termoconvección vertical demasiado intensa, teniendo al mismo tiempo una buena distribución del campo eléctrico de los electrodos.

Ventajosamente, el aporte calorífico según la invención es de aproximadamente el 10% de la energía de recirculación  $\Delta Q_{\text{rec}}$  que corresponde también al consumo de energía de la capa en su cara inferior.

65 Para un horno de vidrio flotado de un tiro de 400 t/j, el aporte calorífico será así de aproximadamente 0,5 MW. Se repartirá en una decena de electrodos.

Esta solución es particularmente interesante si la solera está constituida de refractarios que tienen una muy buena resistencia a la corrosión, debido al ligero aumento de la temperatura de la solera.

- 5 En caso de debilitamiento de la transferencia de calor  $Q_{\text{capa}}^{\text{inf}}$  relacionada con la reducción del bucle de recirculación, el aporte calorífico está reforzado en la cara superior de la capa a fin de mantener la longitud de la capa.

La altura  $h$  media del vidrio debajo del primer bucle de recirculación puede ser inferior en al menos un 5% con respecto a la de la zona de resurgencia RC del vidrio.

- 10 El calentamiento eléctrico con electrodos 10 está previsto en el baño de vidrio a fin de reforzar el intercambio térmico en la cara inferior de la capa y/o está previsto un aporte calorífico suplementario en la cara superior de la capa T.

La solución de la invención presenta, para un vidrio ordinario o claro, pero en particular ultra-claro:

- 15
- una disminución del caudal de recirculación del bucle primario B1;
  - una reducción de la extensión C de dicho bucle en favor del bucle secundario B2;
- 20
- un mantenimiento o una prolongación del tiempo de afinado en el bucle secundario B2.



## REIVINDICACIONES

1. Horno para vidrio para el calentamiento y la fusión de materiales a vitrificar, que comprende:

- una entrada (E) para las materias primas,
- una superestructura (R) equipada de medios de calentamiento (G),
- un tanque (M) que contiene un baño de vidrio fundido en el que una capa (T) de materia prima flota desde la entrada hasta una cierta distancia en el interior del horno,
- una salida (Y) por la cual se evacua el vidrio fundido,

estando el horno, el tanque, la entrada, la salida y los medios de calentamiento configurados para que dos bucles (B1, B2) de recirculación del vidrio fundido, respectivamente primario y secundario, se formen en el baño (N) entre una zona central (I) del horno más caliente y respectivamente la entrada (E) y la salida (Y) a una temperatura menor,

comprendiendo el horno un medio de ralentización (X) del caudal del vidrio fundido en el bucle de recirculación primaria (B1) apropiada para acortar su extensión (C), presentando el medio de ralentización una inclinación (7) de la solera (S) sustancialmente desde la entrada (E) hacia el interior del horno, en una distancia que corresponde al 20-100% y preferentemente al 50% de la extensión (C) del bucle de recirculación primaria (B1), de manera que la profundidad de la solera aumente desde la entrada del horno hacia el interior,

caracterizado por que la reducción de la profundidad media (h) se realiza de manera discontinua.

2. Horno según la reivindicación 1, caracterizado por que la inclinación de la solera (S) está realizada con peldaños sucesivos.

3. Horno según la reivindicación 2, caracterizado por que la altura de los peldaños (8) es inferior a 25 cm.

4. Horno según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que los peldaños (8) están biselados en su canto (8a).

5. Horno según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la altura (h) medio de vidrio debajo del primer bucle de recirculación es inferior en al menos un 5% con respecto a la de la zona de resurgencia (RC) del vidrio.

6. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que está previsto en el baño de vidrio un calentamiento eléctrico con electrodos (10) a fin de reforzar el intercambio térmico en la cara inferior de la capa y/o está previsto un aporte calorífico suplementario en la cara superior de la capa (T).

7. Utilización de un horno de vidrio para el calentamiento y la fusión de materiales a vitrificar, comprendiendo el horno:

- una entrada (E) para las materias primas,
- una superestructura (R) equipada de medios de calentamiento (G),
- una cuba (M) que contiene un baño de vidrio fundido en el que una capa (T) de materias primas flota desde la entrada hasta una cierta distancia en el interior del horno,
- una salida (Y) por la cual se evacua el vidrio fundido,

Estando el horno, el tanque, la entrada, la salida y los medios de calentamiento configurados para que dos bucles (B1, B2) de recirculación del vidrio fundido se formen en el baño (N) entre una zona central (I) del horno más caliente y respectivamente la entrada (E) y la salida (Y) a una temperatura menor,

caracterizado por que la utilización comprende una ralentización (X) del caudal del vidrio fundido en el bucle de recirculación primaria (B1) apropiada para acortar su extensión (C).

Fig. 1

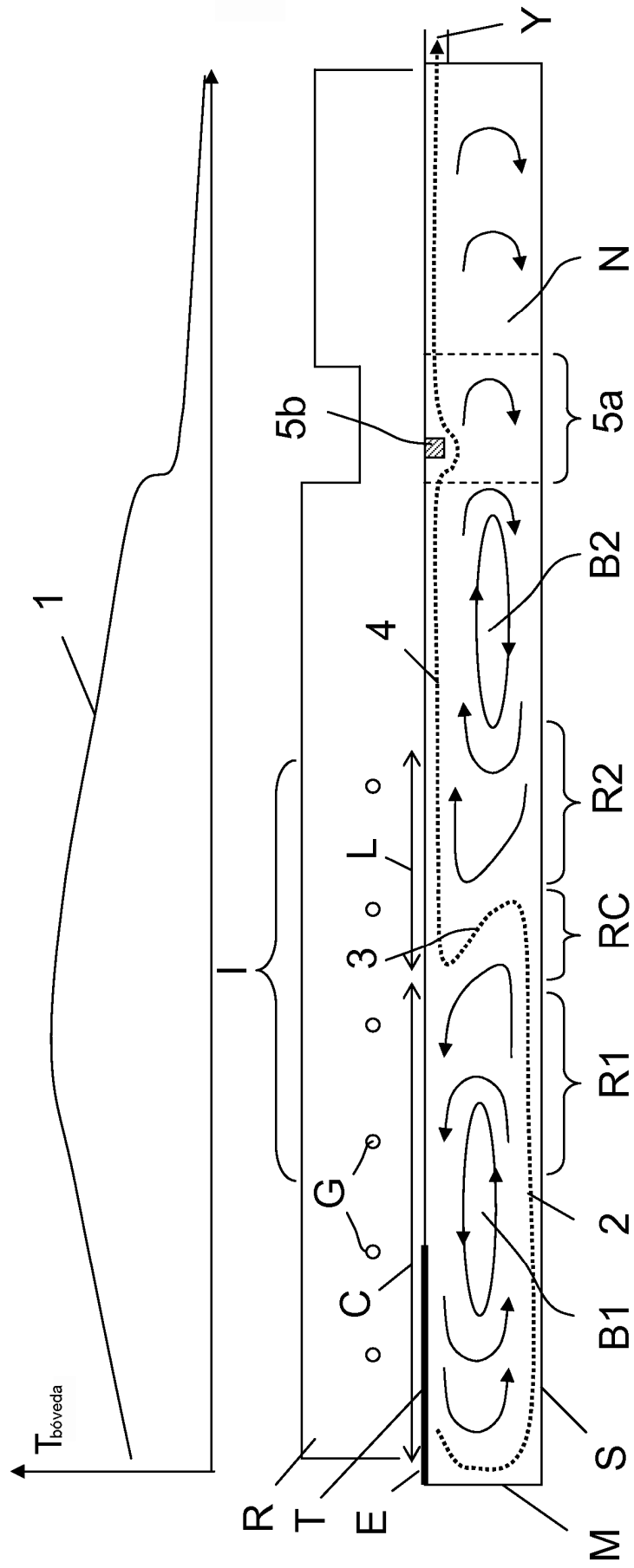


Fig. 2

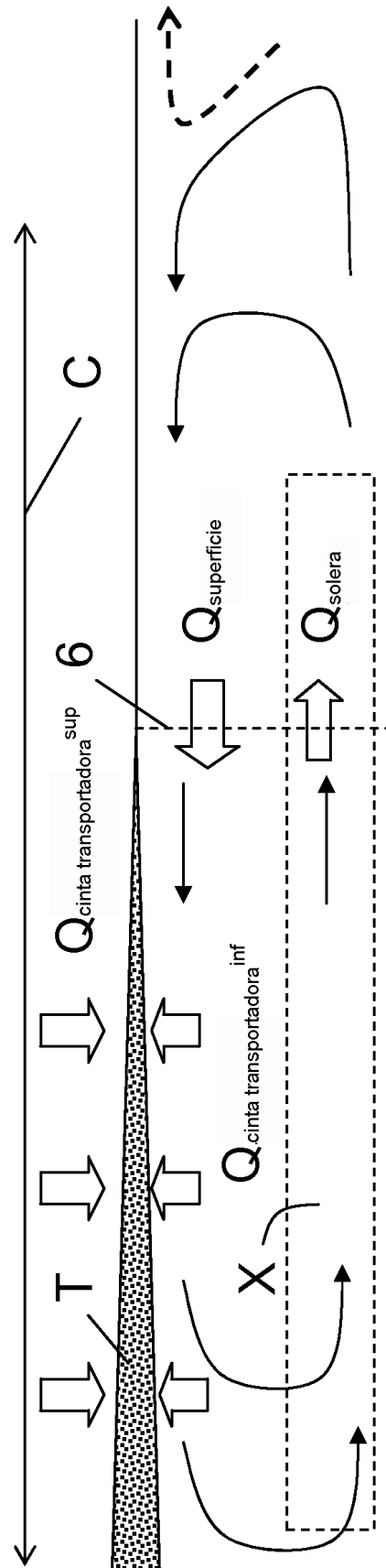


Fig. 3

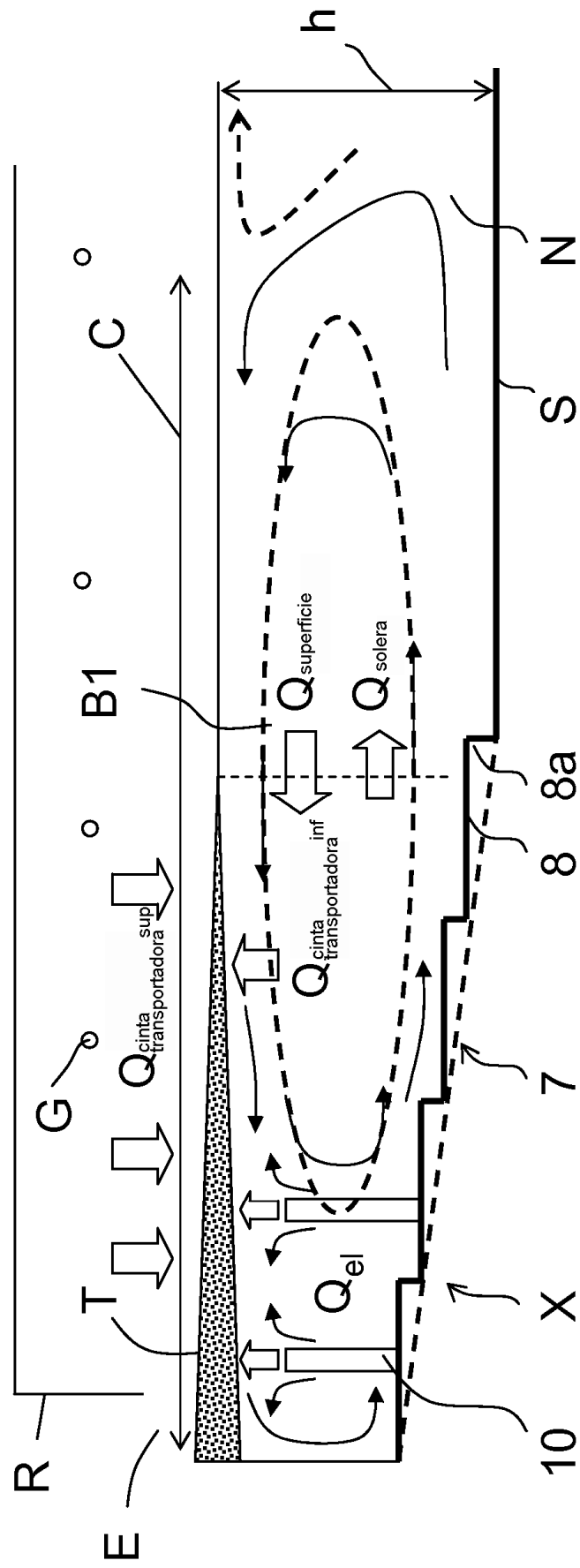
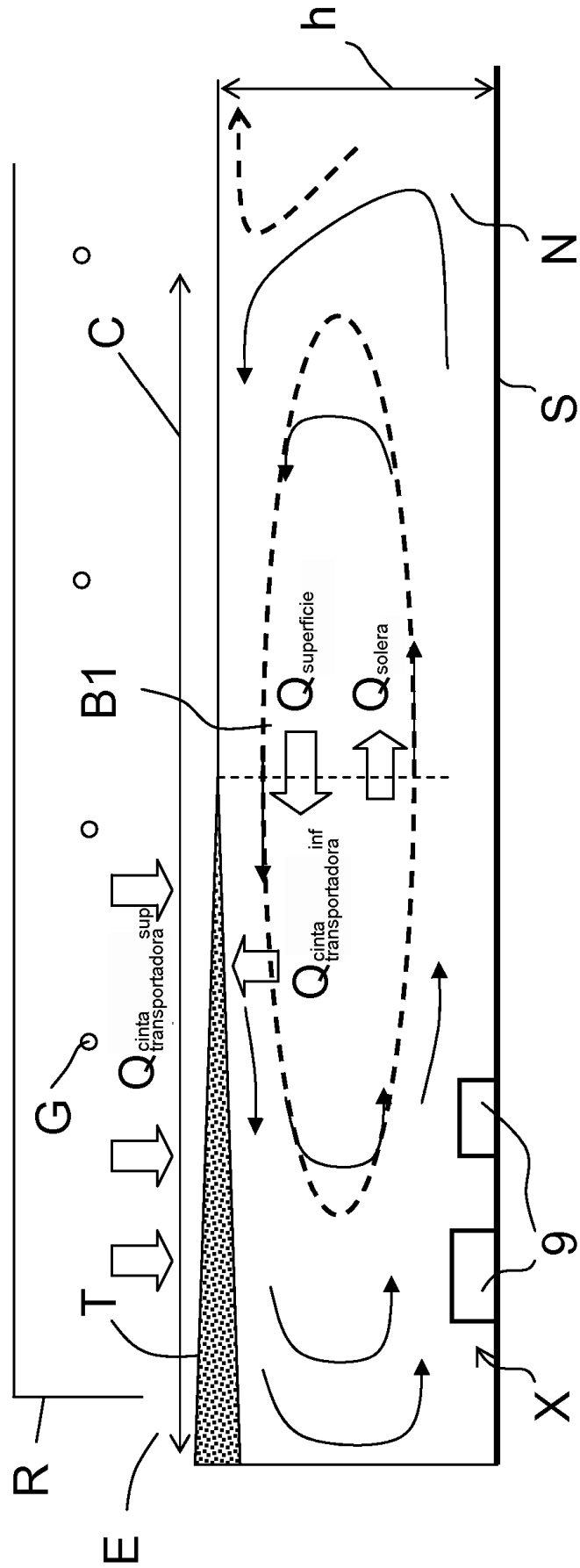


Fig. 4



# Fig. 5

