



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 268 337**

⑤1 Int. Cl.:
C03B 5/027 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **03710093 .0**

⑧6 Fecha de presentación : **08.04.2003**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1497232**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2005**

⑤4 Título: **Procedimiento y horno eléctrico para la fusión de materiales vítreos.**

③0 Prioridad: **11.04.2002 IT VI02A0065**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

⑦3 Titular/es: **Trend Group S.p.A.**
Piazzale Fraccon, 8
36100 Vicenza, IT

⑦2 Inventor/es: **Bizazza, Giuseppe**

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Procedimiento y horno eléctrico para la fusión de materiales vítreos.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo técnico de los materiales vítreos y se refiere en particular a un procedimiento y a un horno eléctrico destinado a la producción de materiales vítreos para mosaicos, fritas de cerámica y productos similares así como a la vitrificación de residuos.

10

Antecedentes de la técnica

Es sabido que los hornos discontinuos o los hornos de crisol o los hornos continuos de canal, que difieren entre sí en lo que se refiere a los procedimientos de fusión, se pueden utilizar en la producción de materiales vítreos, tales como, por ejemplo un producto para mosaicos constituido por una pasta vítrea.

15

En los hornos discontinuos, primero se calientan las materias primas contenidas en el crisol hasta una temperatura elevada a fin de fundirlas y de formar una mezcla vítrea, y a continuación se añaden otras materias primas tales como, por ejemplo, arena silíceas a fin de obtener un efecto de opacidad y una granulación cristalina; finalmente, dichos materiales se enfrían, antes de conducirse a unas conformadoras aptas a fin de producir el producto final, por ejemplo un material vítreo para mosaicos.

20

Debido a dichas características del procedimiento, los hornos de crisol resultan aptos para niveles de producción pequeños, comprendidos entre 100 y 3.000 kg de producto vítreo al día. En los hornos continuos, las diversas etapas de la producción se distribuyen en el espacio, pero se realizan simultáneamente. Las materias primas que constituyen la mezcla primaria vitrificable se mezclan continuamente en el interior de un depósito que se encuentra conectado mediante un conducto sumergido o sumidero a un canal. Las sustancias necesarias para producir el efecto de opacidad se añaden en el canal. En el otro extremo del canal se dispone un depósito para la colada que proporciona las conformadoras.

25

A diferencia de los hornos de crisol, los hornos continuos resultan aptos para niveles de producción más elevados, superiores a los 5.000 kg de producto vítreo al día.

30

Las fritas de cerámica se producen industrialmente en hornos de tipo continuo. Actualmente resultan particularmente preferidos los hornos de fusión del tipo de combustión con oxígeno. En vista de sus dimensiones reducidas, se evita en dichas aplicaciones la utilización de sistemas eficaces pero costosos destinados al calentamiento previo del aire comburente, tales como regeneradores, tal como se utilizan en los hornos de vidrio de grandes dimensiones. De este modo, se transmiten los humos directamente a la chimenea, aun con una temperatura elevada. Debido al impacto ambiental importante de las emisiones de la chimenea, según la legislación reciente, los hornos destinados a fritas de cerámica se han de encontrar también equipados con un dispositivo de filtración de humos del tipo de filtro de manguito. Dichas instalaciones no presentan unos costos de instalación elevados sino que resultan también costosos debido al gran volumen de humos que se han de mezclar necesariamente con el aire ambiental a fin de disminuir la temperatura hasta unos niveles que resulten compatibles con los filtros utilizados.

35

40

Los hornos destinados a la vitrificación de residuos constituyen en la actualidad un tipo de planta que todavía está en una etapa experimental. Las materias primas que forman la mezcla vitrificable son, total o parcialmente, residuos tóxicos de origen inorgánico, tales como por ejemplo la materia residual que se obtiene a partir de incineradores de RSU y la escoria que se produce en el procesamiento de metales y materiales compuestos que contienen amianto. El objetivo de dicho tipo de tratamiento de residuos peligrosos es producir un vidrio que presente una estabilidad química adecuada y que, incluso sin refinar completamente, pueda reutilizarse como producto semiprocesado en la industria de la cerámica, de las fibras de vidrio y del vidrio multicelular para aislantes térmicos o tejas a utilizar en el sector de la construcción.

45

50

En todos los procedimientos de producción anteriores, el procedimiento de fusión de los productos vítreos, tal como en el caso de las fritas de cerámica y en la vitrificación de residuos, se caracteriza por la producción de vidrio que no se encuentra completamente desprovisto de burbujas de aire, concretamente que no está refinado. La mezcla vitrificable, además, puede contener elementos que se evaporen con facilidad y puede por lo tanto ocasionar un impacto ambiental significativo y problemático.

55

Finalmente, debido a que la composición de la mezcla resulta sometida a cambios frecuentes a fin de producir unos productos con un color distinto y con un efecto de opacidad, se prefiere utilizar cabezas de vidrio muy pequeñas a fin de acelerar la sustitución del material.

60

Generalmente, un inconveniente de determinadas soluciones es que el espesor de la capa de la mezcla vitrificable que se deposita en la superficie del baño de fusión es limitado y no resulta suficiente para proteger las dispersiones que se irradian hacia el cielo del horno. De este modo, algunos componentes de la mezcla se pueden evaporar fácilmente y mezclar con los humos de descarga, contaminando de este modo los mismos.

65

Debido a su elevada temperatura y a su contenido nocivo, la legislación actual sobre la contaminación requiere la utilización de instalaciones de filtración costosas.

La patente alemana nº 1.080.740 da a conocer un horno destinado a materiales vítreos que presenta un depósito de forma poligonal visto en planta, diseñado de tal modo que garantiza una temperatura uniforme en el interior del baño de fusión. Se instalan unos electrodos en las paredes laterales del horno orientados hacia la zona central del depósito y, al recibir la energía adecuada mediante transformadores eléctricos generan una corriente difusa en el interior del baño de fusión. Dicha corriente difusa calienta la mezcla vítrea contenida en el depósito como resultado del efecto Joule. Durante el funcionamiento continuo, la mezcla vitrificable se deposita en la superficie superior del baño de fusión de modo que forma una capa uniforme, al mismo tiempo que un orificio en el suelo próximo a la esquina permite que salga el vidrio fundido.

Una desventaja de la solución considerada es el espesor considerable de la cabeza de vidrio, debido a la forma del depósito y a la disposición de los electrodos. Ello constituye una limitación cuando la mezcla de vitrificación se ha de cambiar con frecuencia, ya que incrementa el tiempo requerido para cambiar la mezcla de materias primas a vitrificar.

Una segunda desventaja de la solución es que los extremos de los electrodos se encuentran sumergidos libremente en el baño de fusión, produciendo una intensidad elevada de corriente alrededor de dichos extremos. Por dicho motivo, los extremos sumergidos de los electrodos se desgastan con rapidez.

El documento US-A-4.143.232 da a conocer un horno para vidrio que comprende tres grupos de electrodos que se disponen en el depósito de fusión en tres niveles distintos a fin de provocar corrientes de convección en el baño de fusión. Los grupos de electrodos que se disponen en el nivel superior alejados del suelo desempeñan un papel importante durante el proceso ya que permiten mantener el baño de fusión más plano y más estable. Además, los otros dos grupos de electrodos se disponen en niveles distintos y a distintas distancias de las paredes laterales del depósito a fin de mejorar el control de las corrientes de convección y de la forma del baño de fusión.

El documento DE-C-564.491, que se considera la técnica anterior más próxima en la que se basa el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 5, da a conocer un horno eléctrico con una pluralidad de electrodos dispuestos en el suelo. Cada electrodo presenta una sección transversal variable y una interrupción que corresponde a una zona central del baño. Dicha interrupción define un espacio interno en el que se originan las corrientes de convección del baño de fusión. Dicho horno conocido no presenta previsión alguna en relación con el desgaste del extremo de los electrodos.

Exposición de la invención

Un objetivo principal de la presente invención es eliminar los inconvenientes mencionados anteriormente al proporcionar un procedimiento y un horno destinado a la producción de materiales vítreos para mosaicos, fritas de cerámica y productos similares así como a la vitrificación de residuos, presentando las características de unos costos reducidos y un impacto ambiental limitado.

Un objetivo particular es proporcionar un cielo del horno frío que pueda reducir el desgaste de los extremos de los electrodos.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un horno eléctrico que permita disminuir el tiempo requerido para cambiar el material vitrificable.

Otro objetivo particular es proporcionar un horno eléctrico configurado de tal modo que se limite el consumo energético específico.

Dichos objetivos, junto con otros que se pondrán más claramente de manifiesto posteriormente, se alcanzan mediante un procedimiento de fusión de materiales vitrificables, en particular de producción de materiales vítreos para mosaicos, fritas de cerámica y productos similares así como a la vitrificación de residuos, según la reivindicación 1.

Como resultado de dicho procedimiento será posible disminuir el desgaste de los extremos de los electrodos.

Según otro aspecto, la invención proporciona un horno eléctrico destinado a fundir materiales vitrificables, en particular a la producción de materiales vítreos para mosaicos, fritas de cerámica y productos similares así como a la vitrificación de residuos, en el que se cambia con frecuencia la materia prima, según la reivindicación 5.

Preferentemente, los electrodos son sustancialmente cilíndricos y rectos y presentan una longitud por lo menos equivalente a la distancia comprendida entre las paredes laterales opuestas del depósito y se disponen sustancialmente paralelos entre sí a una distancia mutua determinada a fin de optimizar la distribución de la corriente eléctrica en el interior del baño de fusión.

Debido a dicha característica resulta posible obtener una distribución homogénea de la energía en el interior del baño de fusión.

Convenientemente los electrodos presentan un extremo longitudinal fijado rígidamente a una pared lateral del depósito y el otro extremo longitudinal en contacto con la pared lateral opuesta de modo que se encuentren ligeramente comprimidos o tensados en los extremos. Como resultado de dicha medida resulta posible garantizar la continuidad eléctrica incluso tras una posible rotura o agrietamiento de los electrodos. Además, se evita el característico valor elevado de desgaste de los extremos.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto en vista de la descripción detallada de algunas formas de realización preferidas, pero no exclusivas, del horno eléctrico según la presente invención, ilustrados a título de ejemplo no limitativo con la ayuda de los dibujos adjuntos en los que:

la Figura 1 ilustra una vista lateral en sección como una unidad;

la Figura 2 ilustra una sección transversal a través del baño de fusión y de los electrodos;

la Figura 3 ilustra una vista en planta de un ejemplo preferido de forma de realización del horno según la presente invención;

la Figura 4 ilustra una vista en planta de un segundo ejemplo preferido de forma de realización del horno según la presente invención;

la Figura 5 ilustra los gráficos del consumo eléctrico específico parametrizado en función del valor de la media de los registros diarios.

Descripción detallada de una forma de realización preferida

Haciendo referencia particular a dichas figuras, la siguiente descripción se refiere a un horno eléctrico destinado a la fusión de materiales vitrificables, en particular a la fabricación de materiales vítreos para mosaicos y fritas de cerámica así como a la vitrificación de residuos según la presente invención, indicándose dicho horno en su totalidad mediante la referencia numérica 1.

El horno 1 comprende un depósito de fusión 2 destinado a contener el baño de fusión 3, que se encuentra esencialmente configurado por un suelo 4 y por unas paredes laterales 5, a las que con frecuencia se hace referencia como “palizadas”. Se realizan unos canales 6 de descarga adecuados en el suelo 4 a fin de permitir y facilitar la extracción de los materiales fundidos del depósito 2.

Los medios 7 de desplazamiento y de transporte están diseñados para introducir en el depósito 2 una carga primaria de materiales vitrificables V y para depositar una capa C de cobertura sobre el baño de fusión 3. Los medios 7 de desplazamiento y de transporte pueden ser una cinta transportadora 8 o un dispositivo similar que pase a través de la boca del horno, que no se ilustra en los dibujos.

Durante la puesta en funcionamiento del horno, se utilizan unos medios de calentamiento convencionales, preferentemente del tipo de combustión (no se ilustran en los dibujos y de un tipo conocido de por sí) para fundir, por lo menos parcialmente, los materiales vitrificable V y para formar de este modo, el baño de fusión 3. Una vez se ha creado el baño de fusión 3, resulta posible iniciar el calentamiento del horno utilizando unos medios eléctricos.

Convenientemente, el calentamiento eléctrico del horno se realiza mediante una corriente eléctrica difusa en el baño de fusión 3, generando la corriente calor como resultado del efecto Joule. Para dicho propósito, se disponen una pluralidad de electrodos 9, que presentan una forma y posición predeterminadas, en el interior del depósito 2 de tal modo que la corriente eléctrica circula entre los mismos.

Los electrodos 9 pueden suministrarse con una corriente alterna monofásica R-S, conectando generalmente la mitad de los electrodos 9 al conductor R y la otra mitad al conductor S. En otro ejemplo de forma de realización, los electrodos pueden suministrarse con una corriente alterna trifásica R-S-T.

Según la presente invención, los electrodos 9 descansan substancialmente en el suelo 4 de modo que se reduzca al mínimo la cabeza B del baño de fusión 3, con la consiguiente reducción del tiempo requerido para cambiar la carga primaria y del consumo energético.

Preferentemente, los electrodos 9 son cilíndricos y rectos y se disponen substancialmente paralelos entre sí a una distancia mutua determinada D, D' a fin de optimizar la distribución de la corriente eléctrica en el interior de baño de fusión 3.

La longitud L de los electrodos 9 es por lo menos igual a la distancia comprendida entre las paredes laterales opuestas del depósito 2. De este modo, se aumenta el área superficial de los electrodos 9 que está en contacto con los materiales de baño de fusión 3. Además, los electrodos 9 presentan un extremo longitudinal fijado rígidamente a una pared lateral 5 del depósito y el otro extremo longitudinal en contacto con la pared lateral opuesta 5 de modo que están

ES 2 268 337 T3

ligeramente comprimidos o tensados en el extremo. Como resultado de la amplia área de contacto entre los electrodos 9 y el baño fundido 3 y a que los electrodos no presentan sus extremos sumergidos libremente en el baño de fusión 3, resulta posible limitar la intensidad de la corriente y por consiguiente el fenómeno del desgaste.

- 5 Las tensiones relacionadas con los imprevisibles desplazamientos de ajuste térmico pueden originar roturas o grietas. La ligera compresión a la que se someten los electrodos 9 ayuda a garantizar la continuidad eléctrica incluso en el caso de rotura o de agrietamiento de los electrodos 9.

- 10 Las paredes laterales 5 del depósito 2 presentan una altura mínima H superior al valor máximo de la cabeza B del baño de fusión 3 más el espesor máximo S de la capa de recubrimiento C. Dicha altura mínima H de las paredes laterales 5 del depósito 2 puede estar comprendida entre 35 y 60 cm si el diámetro de los electrodos 9 se encuentra comprendido entre 2,54 cm (1") y 6,35 cm (2½"). Si, por otro lado, el diámetro de los electrodos 9 está comprendido entre 3,81 cm (1½") y 5,08 (2"), la altura mínima H de las paredes laterales 5 está preferentemente comprendida entre 40 y 60 cm.

- 15 Debido a que el diámetro de los electrodos 9 es comparable con la cabeza B del baño de fusión 3, los electrodos podrían obstaculizar la descarga del vidrio fundido. Por este motivo, los canales de descarga 6 se extienden por lo menos parcialmente por debajo de los electrodos 9.

- 20 Los canales de descarga 6 pueden comprender por lo menos un canal receptor principal 10 conectado con el exterior del horno mediante un sumidero de descarga 11. El canal principal 10 puede presentar una dirección substancialmente paralela a los electrodos 9.

- 25 En otra forma de realización, el canal principal 10 puede presentar una dirección substancialmente perpendicular a los electrodos 9. Además, resulta asimismo posible utilizar también una pluralidad de canales receptores secundarios 12 conectados con el canal principal 10, particularmente con la configuración en la que los electrodos 9 son perpendiculares al canal principal 10.

- 30 Convenientemente, el canal principal 10 y los canales secundarios 12 son transversales entre sí y se extienden completamente por debajo de los electrodos 9.

El horno se cierra en la parte superior mediante un cielo 13 que se dispone por encima del suelo 4 y de las paredes laterales 5.

- 35 Desde un punto de vista funcional, se introduce una carga primaria de materiales vitrificables V en el depósito 2 mediante la boca de admisión del horno (no se ilustra en los dibujos) y mediante los medios de desplazamiento y de transporte 7.

- 40 Únicamente durante la etapa inicial con el horno frío, la carga de los materiales V se calienta previamente utilizando unos medios de calentamiento convencionales tal como fundirlos por lo menos parcialmente y realizar el baño de fusión 3 con una cabeza B. En este punto, se inicia el calentamiento del horno conectando los electrodos 9 a la corriente eléctrica monofásica o trifásica de modo que se fundan completamente los materiales vitrificables V.

- 45 Se deposita una capa de recubrimiento C de materiales vitrificables en estado sólido sobre la superficie superior del baño de fusión 3 a fin de contener las dispersiones de calor del baño y proteger el cielo 13 del horno.

- Debido a la posición de los electrodos 9, que descansan sobre su longitud entera en el suelo 4, se obtiene una reducción de la cabeza B del baño de fusión 3, con la consiguiente reducción del tiempo requerido para cambiar la carga primaria y del consumo energético.

- 50 La Figura 5 presenta algunos gráficos que ilustran el consumo energético específico, normalizado con respecto a la unidad de masa de vidrio producido, en el caso de un horno con un suelo de configuración cuadrada según la presente invención, y parametrizado para la recolección específica [ton/(día m²_{suelo})].

- 55 El consumo específico depende tanto de las dimensiones del horno como de la cantidad de vidrio producido, expresado como toneladas de vidrio producido por día. Si se aumentan las dimensiones se produce obviamente un aumento tanto en las dispersiones como en la cantidad de vidrio que se produce diariamente.

- 60 A partir de la relación entre la dispersión y la cantidad de vidrio producido se deduce que para una misma recolección específica (normalizada con respecto al área superficial del suelo), la energía consumida por unidad del producto disminuye con el aumento del área superficial del suelo.

- Tal como se puede observar en la Figura 5, el consumo específico disminuye asimismo con un aumento de la recolección específica. En el ejemplo de cálculo, se han utilizado unos valores de recolección comprendidos entre 3.250 y 3.750 kg/(día m²_{suelo}).

ES 2 268 337 T3

Se puede observar como, con un área superficial del suelo adecuada y con los valores específicos de recolección mencionados anteriormente, resulta posible alcanzar fácilmente unos niveles de consumo específico de hasta 0,6 kWh/kg.

En las condiciones de funcionamiento, la cantidad de energía eléctrica que fluye en el interior del baño de fusión 3 depende de la resistividad eléctrica de la composición química del propio vidrio. El consumo de corriente depende, no únicamente de la diferencia de potencial en los terminales de los electrodos sumergidos y de la resistividad del baño de fusión, sino también de un modo decisivo de la distribución geométrica de los electrodos.

Se ha de tomar en consideración asimismo el efecto limitante al calcular la resistencia eléctrica entre los electrodos sumergidos. De hecho, el volumen ocupado por el baño de vidrio fundido se ha reducido en comparación con un horno eléctrico convencional. Por lo tanto, las superficies de contacto que delimitan el baño de fusión 3 modifican significativamente la extensión potencial, y la teoría simplificada de los medios infinitos, que se adopta habitualmente en los hornos eléctricos grandes, no resulta válida.

La extensión potencial depende asimismo del tipo de suministro de energía eléctrica utilizado: un sistema de voltaje alterno monofásico se ha de considerar únicamente en los hornos con un tamaño pequeño, mientras que el sistema trifásico resulta generalmente preferible y obligatorio en los hornos con un tamaño grande.

Resulta esencial para el funcionamiento correcto de un horno eléctrico una distribución homogénea de la energía del baño de fusión. Una segunda condición, relacionada con el funcionamiento y el diseño, se refiere a los valores límite de la densidad de corriente en el vidrio en la zona de los electrodos 9.

En el caso del vidrio industrial resulta aconsejable no superar una densidad de corriente de 2 A/cm², mientras que en el caso de un vidrio que no sea de alta calidad o particularmente rico en sustancias que resulten corrosivas para los electrodos 9, resulta aconsejable no superar una densidad de corriente de 0,7 A/cm². Dicha segunda condición hace necesario diseñar los electrodos 9 con una longitud considerable, debido a la baja cabeza B del vidrio, dichos electrodos se han de insertar lateralmente en la pared lateral 5 y han de descansar en el suelo 4 a lo largo de su longitud completa.

Haciendo referencia a la Figura 2, la Tabla 1 ilustra un ejemplo de cálculo de voltaje aplicado V_{app}, la intensidad de la corriente I y la densidad de corriente i en los electrodos 9 (valores efectivos) en función de las distancias mutuas D, D' entre los electrodos 9

El cálculo se refiere a un horno con un suelo 4 que presenta unas dimensiones de aproximadamente 4 m², con un diseño de planta cuadrado, cuya energía se ha calculado que es de aproximadamente 343 kW con una recolección específica de 3.540 kg/(día m²_{suelo}).

TABLA 1

Voltaje característico y valores de la intensidad de la corriente (valores efectivos) del horno según la Figura 2 con un suministro de energía monofásico ($\rho_{\text{vidrio}} \sim 3,45 \Omega \text{ cm}$). La situación en que se produce una distribución uniforme de las corrientes en el vidrio fundido se ilustra en negrita

D [cm]	D' [cm]	I tot [A]	V [V]	I1=I4 [A]	i1=i4 [A/cm2]	I2=I3 [A]	i2=i3 [A/cm2]	ID [A]	ID' [A]
67,5	60,0	4525	76	1454	0,45	3071	0,96	1454	1617
65,0	65,0	4520	76	1497	0,47	3023	0,94	1497	1526
64,4	66,2	4520	76	1507	0,47	3014	0,94	1507	1507
62,5	70,0	4524	76	1539	0,48	2984	0,93	1539	1445
60,0	75,0	4535	76	1582	0,49	2953	0,92	1582	1371
55,0	85,0	4577	75	1668	0,52	2909	0,91	1668	1242
50,0	95,0	4645	74	1758	0,55	2888	0,90	1758	1130
45,0	105,0	4741	72	1855	0,58	2886	0,90	1855	1031

I_n intensidad de la corriente en el electrodo n

i_n densidad de la corriente en la superficie de contacto n entre el vidrio y el electrodo

$I_{D(D')}$ intensidad de la corriente en el vidrio entre un electrodo lateral y un electrodo central (D', entre los electrodos centrales) del depósito de fusión según la Figura 2.

ES 2 268 337 T3

En el caso en el que se conecta el horno a un voltaje alterno trifásico R-S-T, disminuye la densidad de la corriente en los electrodos 9. La siguiente Tabla 2 presenta los mismos ilustrados en la Tabla 1. En el presente caso, haciendo referencia a la Figura 2, los dos electrodos externos se conectan a la fase R, el segundo electrodo de la izquierda se conecta a la fase S y el electrodo restante a la fase T, realizándose una conexión triangular que recibe energía simétricamente.

TABLA 2

Valores característicos de la intensidad de la corriente (valores efectivos) del horno según la Figura 2 con un suministro de energía trifásico ($\rho_{\text{vidrio}} \sim 3,45 \Omega \text{ cm}$). La situación en que se produce una distribución uniforme de las corrientes en el vidrio fundido se ilustra en negrita

D	D'	I1=I4	JST	I2=I3	IR	i1=i4	i2	ID	ID'
[cm]	[cm]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A/cm2]	[A/cm2]	[A]	[A]
67,27	60,45	1462	1605	2779	2779	0,464	0,883	1462	1953
65,00	65,00	1499	1525	2742	2842	0,476	0,871	1499	1867
62,50	70,00	1540	1445	2709	2909	0,489	0,861	1540	1781
60,00	75,00	1580	1373	2683	2976	0,502	0,852	1580	1701
57,50	80,00	1621	1307	2663	3043	0,515	0,846	1621	1627
57,37	80,26	1623	1304	2662	3047	0,516	0,846	1623	1623
55,00	85,00	1663	1247	2649	3111	0,528	0,842	1663	1557
52,50	90,00	1705	1190	2640	3180	0,542	0,839	1705	1492

I_n intensidad de la corriente en el electrodo n

i_n densidad de la corriente en la superficie de contacto n entre el vidrio y el electrodo

$I_{R(S,T)}$ intensidad de la corriente en la fase R (S, T); en el caso de los electrodos centrales la corriente del electrodo es igual a la corriente de la fase S y T

J_{ST} corriente de línea entre las fases S y T

$I_{D(D')}$ intensidad de la corriente en el vidrio entre un electrodo lateral y un electrodo central (D', entre los electrodos centrales) del depósito de fusión según la Figura 2.

A partir de lo que se ha descrito anteriormente resulta claro que, con el procedimiento según la presente invención y su aplicación mediante un horno eléctrico según las reivindicaciones, resulta posible alcanzar los objetivos definidos previamente y en particular con unos costes reducidos la fusión de los materiales vitrificables, en particular para la fabricación de materiales vítreos para mosaicos y fritas de cerámica así como para la vitrificación de residuos, utilizando energía eléctrica.

En particular, con el procedimiento según la presente invención resulta posible proporcionar un horno de cielo frío que pueda disminuir la temperatura y la cantidad de sustancias contaminantes contenidas en los humos descargados en la atmósfera, limitando el consumo energético específico. Además, con la presente invención resulta posible reducir el tiempo requerido para cambiar el material vitrificable.

El procedimiento y el horno según la presente invención son susceptibles de diversas modificaciones y variaciones, cayendo todas ellas dentro de la idea inventiva expresada en las reivindicaciones. Todos los detalles se pueden sustituir por otros elementos técnicamente equivalentes, y los materiales pueden variar según los requisitos sin alejarse del campo de la presente invención.

A pesar de que el objetivo de la presente invención se ha descrito haciendo referencia particular a las figuras adjuntas, las referencias numéricas utilizadas en la descripción y en las reivindicaciones se utilizan a fin de facilitar la comprensión de la presente invención y no limitan en modo alguno el alcance de protección reivindicado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento destinado a la fusión de materiales vitrificables (V), en particular a la producción de materiales vítreos para mosaicos y fritas de cerámica, así como a la vitrificación de residuos, en el que la materia prima se ha de cambiar con frecuencia, comprendiendo las siguientes etapas:

- proporcionar un depósito de fusión (2) que presenta un suelo (4) y unas paredes laterales (5) realizadas de material refractario destinados a contener el baño de fusión (3), con una cabeza predeterminada (B) y por lo menos un canal (6) destinado a descargar los materiales fundidos; comprendiendo además dicho depósito un cielo (13) dispuesto por encima de dicho suelo (4);
- introducir una carga primaria de materiales vitrificables (V) en el interior de dicho depósito (2) mediante una boca de entrada del mismo;
- proporcionar, en el interior de dicho depósito (2), una pluralidad de electrodos (9) que presentan una forma y longitud predeterminadas (L) y disponiéndose de tal modo que fundan completamente dichos materiales vitrificables (V) mediante unas corrientes eléctricas difusas;
- depositar una capa de recubrimiento (C) de materiales vitrificables (V) en estado sólido en la superficie superior de dicho baño de fusión (3) de modo que contenga la dispersión del calor del baño (3) y proteja el cielo (13) del horno;
- disponer todos los electrodos (9) de modo que descansen en el mismo nivel sobre dicho suelo (4) a lo largo de su longitud (L) entera a fin de reducir al mínimo la cabeza (B) del baño de fusión (3), con la reducción consiguiente del tiempo requerido para cambiar la carga primaria y del consumo energético;

caracterizado porque dichos electrodos (9) presentan un extremo longitudinal fijado rígidamente a una pared lateral (5) del depósito y el otro extremo longitudinal en contacto con la pared lateral opuesta (5) de modo que se encuentran ligeramente comprimidos o tensados en los extremos.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el volumen de la carga primaria está limitado al contener dicha cabeza (B) en unos valores predeterminados que dependen del diámetro de los electrodos (9).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicha cabeza (B) se mantiene en unos valores comprendidos entre dos veces y seis veces el diámetro medio de los electrodos (9), encontrándose comprendido dicho diámetro medio entre 2,54 cm (1") y 5,08 cm (2").

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el área superficial del suelo (4) del depósito de fusión (2) y la recolección específica media de los materiales vitrificables (V) se seleccionan de tal modo que el consumo energético es inferior o igual a 0,6 kWh por cada kilogramo de vidrio producido.

5. Horno eléctrico destinado a aplicar el procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo:

- un depósito de fusión (2) para contener un baño de fusión (3) con un suelo (4), unas paredes laterales (5), unos canales (6) destinados a descargar los materiales fundidos;
- unos medios (7) para introducir en dicho depósito (2) una carga primaria de materiales vitrificables (V) y para depositar una capa de recubrimiento (C) sobre el baño de fusión (3) que presenta una cabeza (B) predeterminada;
- una pluralidad de electrodos (9) dispuesta en el interior de dicho depósito (2) para fundir y mantener en estado fundido dichos materiales vitrificables (V) mediante unas corrientes eléctricas difusas, presentando dichos electrodos una longitud global (L) y una posición predeterminada;
- dicho depósito (2) comprendiendo además un cielo (13) dispuesto por encima de dicho suelo (4), disponiéndose todos dichos electrodos (9) en el interior del depósito (2) para descansar substancialmente en el mismo nivel sobre dicho suelo (4) de modo que se reduzca al mínimo la cabeza (B) del baño de fusión (3), con la consiguiente reducción del tiempo requerido para cambiar la carga primaria y del consumo energético

caracterizado porque dichos electrodos (9) presentan un extremo longitudinal fijado rígidamente a una pared lateral (5) del depósito y el otro extremo longitudinal en contacto con la pared lateral opuesta (5) de modo que se encuentran ligeramente comprimidos o tensados en los extremos.

6. Horno según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dichos electrodos (9) son substancialmente cilíndricos y rectos y se disponen substancialmente paralelos entre sí.

ES 2 268 337 T3

7. Horno según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la distancia mutua entre dichos electrodos (9) se determina de tal modo que se optimice la distribución de la corriente eléctrica en el interior del baño de fusión (3).

5 8. Horno según la reivindicación 5, **caracterizado** porque las paredes laterales (5) de dicho depósito (2) presentan una altura mínima (H) superior al valor máximo de la cabeza (B) más el espesor máximo (S) de dicha capa de recubrimiento (C).

10 9. Horno según la reivindicación 8, **caracterizado** porque dicha altura mínima (H) de las paredes laterales (5) del depósito (2) está comprendida entre 35 y 60 cm encontrándose el diámetro de dichos electrodos comprendido entre 2,54 cm (1") y 6,35 cm (2½").

10. Horno según la reivindicación 8, **caracterizado** porque dicha altura mínima (H) está comprendida entre 40 y 60 cm encontrándose el diámetro de dichos electrodos comprendido entre 2,54 cm (1") y 6,35 cm (2½").

15 11. Horno según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dichos canales de descarga (6) se extienden en dicho suelo (4) por lo menos parcialmente por debajo del nivel de dichos electrodos (9) a fin de evitar que estos últimos obstaculicen la descarga de baño de fusión (3).

20 12. Horno según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dichos canales de descarga (6) comprenden por lo menos un canal receptor principal (10) conectado con el exterior del horno mediante un sumidero de descarga (11).

13. Horno según la reivindicación 12, **caracterizado** porque dichos canales de descarga (6) comprenden una pluralidad de canales receptores secundarios (12) conectados a dicho canal principal (10).

25 14. Horno según las reivindicaciones 12 y 13, **caracterizado** porque dichos canales principal y secundarios (10, 12) son transversales entre sí y se extienden completamente por debajo de dichos electrodos (9).

30

35

40

45

50

55

60

65

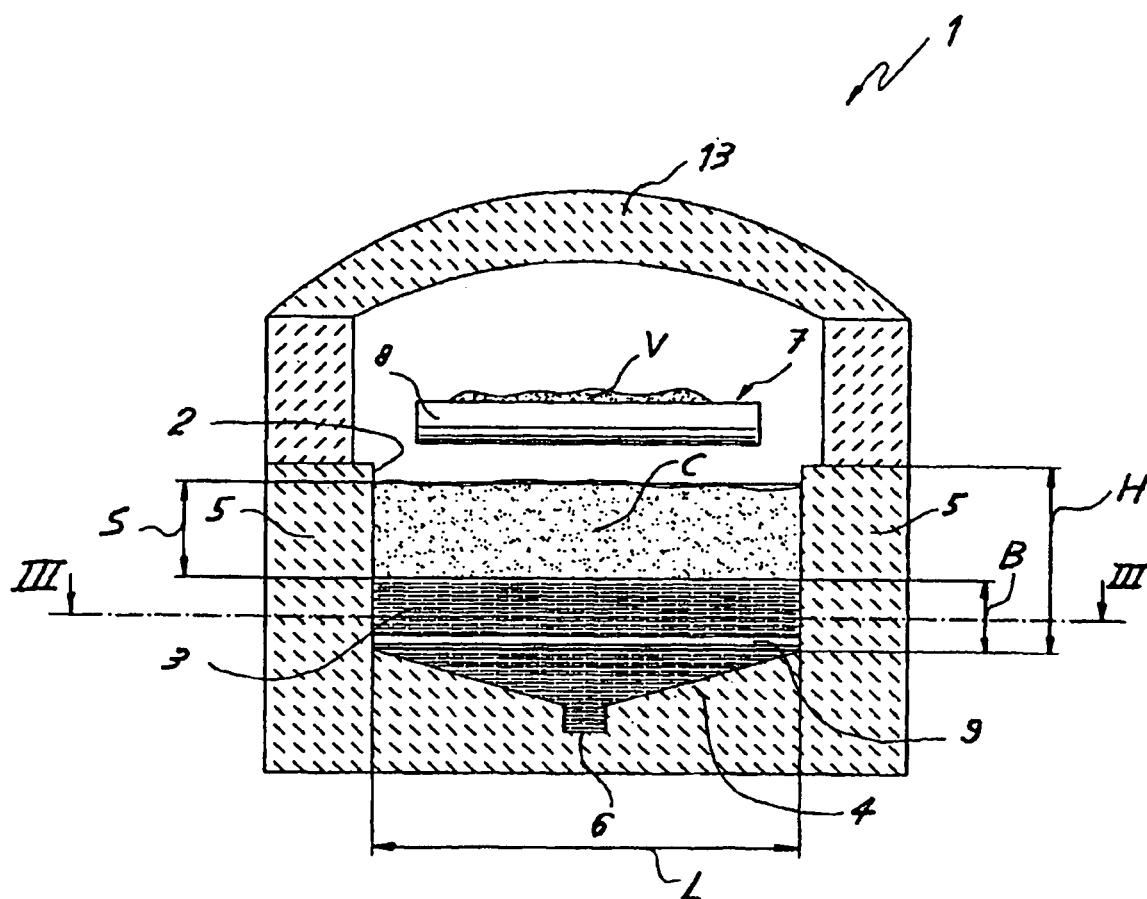


FIG. 1

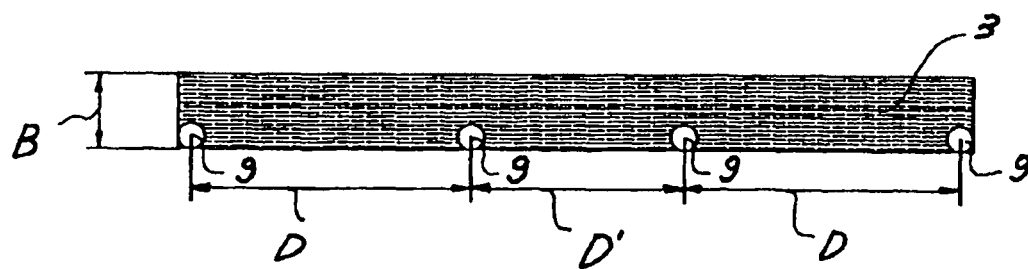


FIG. 2

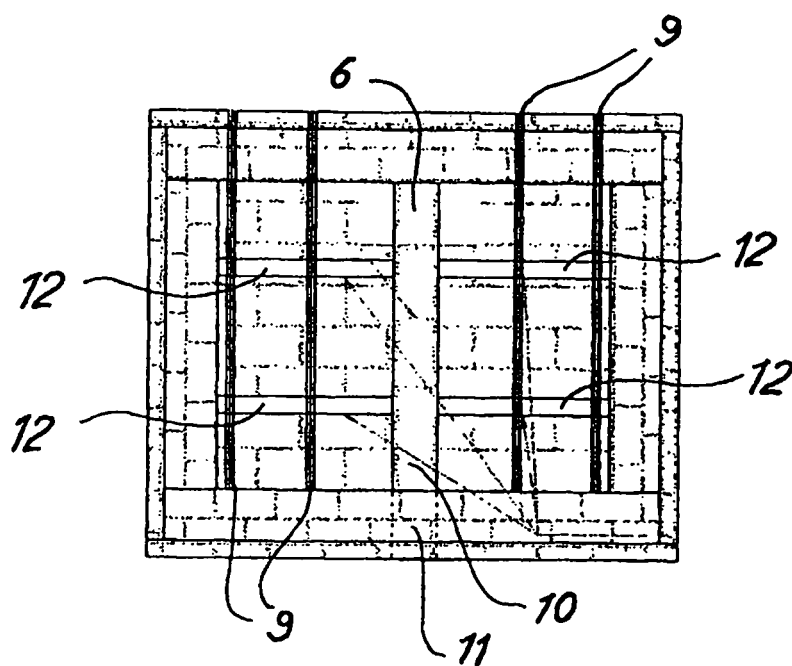


FIG. 3

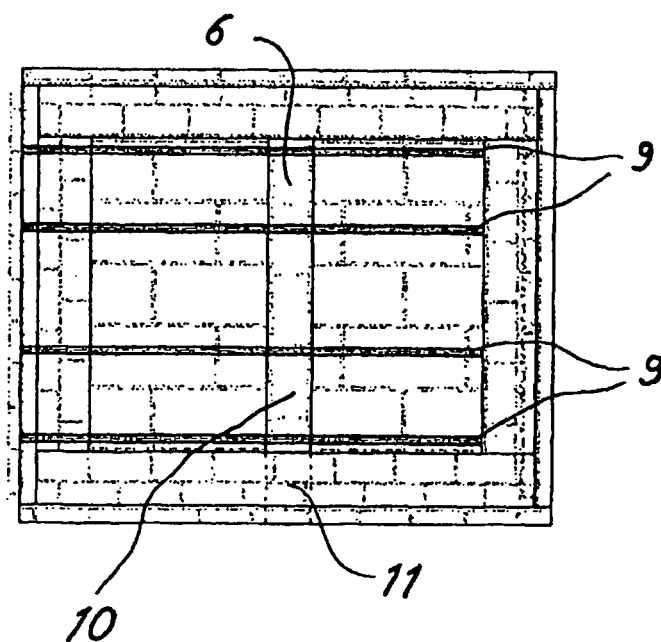


FIG. 4

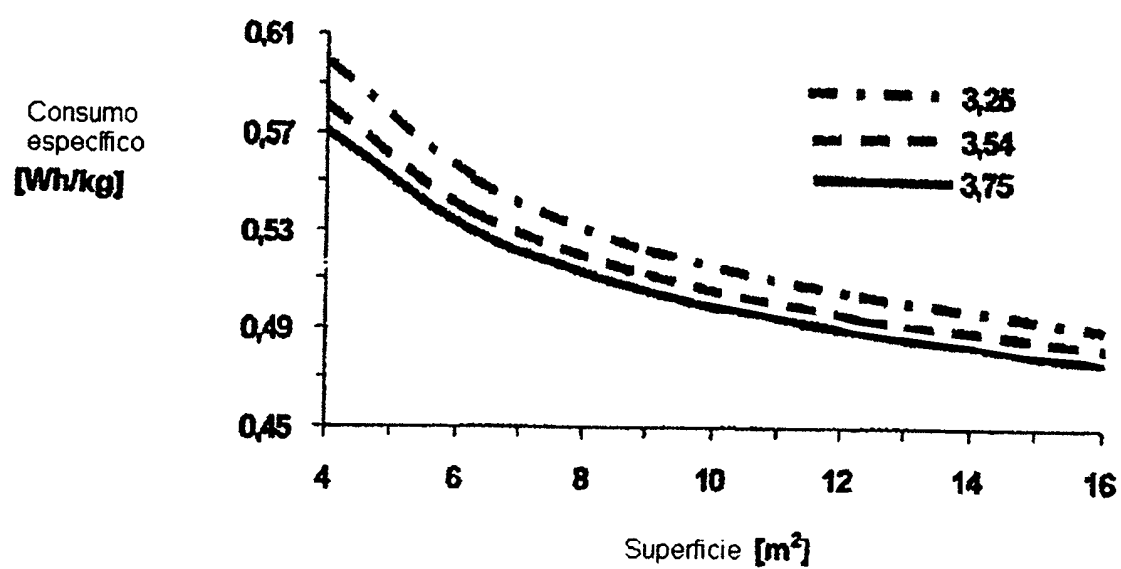


FIG. 5