

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 683**

51 Int. Cl.:

C03B 5/04 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

C03B 5/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2011 E 11004955 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2013 EP 2397446**

54 Título: **Geometría de una cuba de fusión de combustión sumergida, refrigerada con paneles, y métodos para fabricar vidrio fundido**

30 Prioridad:

17.06.2010 US 817754

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

24.10.2013

73 Titular/es:

**JOHNS MANVILLE (100.0%)
717 Seventeenth Street
Denver, CO 80202, US**

72 Inventor/es:

HUBER, AARON MORGAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 426 683 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

Geometría de una cuba de fusión de combustión sumergida, refrigerada con paneles, y métodos para fabricar vidrio fundido

Antecedentes de invención**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere de manera general al campo de los hornos de combustión y a los métodos de uso, y más específicamente a cubas de fusión, de combustión sumergida, y a métodos de uso en la producción de vidrio fundido.

Técnica relacionada

10 Los hornos de fusión de vidrio han tenido tradicionalmente forma rectangular debido a la cuestión de su construcción con bloques refractarios y a la capacidad de controlar el flujo del vidrio fundido a través de la cuba de fusión. (Algunos diseños totalmente eléctricos son circulares, tales como los diseños de Pochet y SORG VSM). Sin embargo, hay regiones muertas (de bajo flujo o estancado) que son resultado de la construcción rectangular. A partir del documento EP-A-3.133.315 se conocen las cubas de fusión de vidrio de alta eficacia en las que se emplean
15 varias cubas de fusión de vidrio individuales.

La combustión sumergida para su aplicación en la fusión comercial del vidrio se ha propuesto en diversas patentes, que incluyen las Patentes de EE.UU. números 4.539.034; 3.170.781; 3.237.929; 3.260.587; 3.606.825; 3.627.504; 3.738.792; 3.764.287; 6.460.376; 6.739.152; 6.857.999; 6.883.349; 7.273.583; 7.428.827; 7.448.231; y 7.565.819; y las Solicitudes de Patentes de EE.UU. publicadas, números 2004/0168474; 2004/0224833; 2007/0212546; 2006/000239; 2002/0162358; 2009/0042709; 2008/0256981; 2007/0122332; 2004/0168474; 2004/0224833; y 2007/0212546. En la fusión de vidrio por combustión sumergida, los gases de combustión se inyectan por debajo de la superficie del vidrio fundido y van hacia arriba a través de la masa fundida. El vidrio se calienta con una alta eficacia mediante el contacto íntimo con los gases de combustión. Sin embargo, el uso de quemadores de combustión sumergida, no alivian la regiones con flujo muerto que resultan de la construcción rectangular de la propia cuba de fusión.
20
25

El coste de la energía continúa en aumento, lo que anima a hacer esfuerzos para encontrar una forma de reducir la cantidad de combustible en la fabricación del vidrio. Se han usado quemadores de oxi-combustible en la industria del vidrio en general, especialmente en la fibra de vidrio, vidrio para pantallas de TV, y segmentos de la industria del vidrio para recipientes. Hoy en día hay pocos hornos de vidrio flotado, caldeados al completo por oxi-combustible, y se han estado usando quemadores de oxi-combustible actualizados, diseñados específicamente para recipientes más pequeños u hornos para fibra de vidrio. Estas conversiones se hicieron muy probablemente para cumplir los estándares sobre emisiones. Los quemadores de oxi-combustible conocidos son predominantemente diseños de mezcla en boquilla y evitan una mezcla previa por razones de seguridad debido a la aumentada reactividad al usar oxígeno como oxidante en vez de aire. En las Patentes de EE.UU. números, 5.199.866; 5.490.775; y 5.449.286 se describen algunos diseños comunes de quemadores de oxi-combustible con mezcla en la boquilla. El concepto de quemadores de oxi-combustible con mezcla en la boquilla es mezclar el combustible y el oxígeno en la boquilla del quemador. La llama producida es una llama de difusión con las características de llama determinadas por las tasas de mezcla. Con esto quemadores son muy comunes las llamas cortas e intensas, sin embargo, se consideran algunas geometrías de mezcla retardada para generar llamas más largas y luminosas. Más recientemente, en la industria, se han usado quemadores de "llama plana" para aplicaciones de fusión, en las que la llama está por encima de la masa fundida y, generalmente, paralela a ella. Estos quemadores producen una llama que es de 2 a 3 veces más ancha que la tradicional llama de oxi-combustible (cilíndrica). Las Patentes de EE.UU. números, 5.545.031; 5.360.171; 5.299.929; y 5.575.637 muestran ejemplos de quemadores que producen llamas planas. La anteriormente mencionada Patente de EE.UU. Nº 7.273.583 describe un quemador de combustión sumergida que tiene tubos coaxiales para el combustible y para el oxidante que forman un espacio anular entre ellos, en los que el tubo exterior se prolonga más allá del extremo del tubo interior. Se conecta al extremo de la salida del tubo interior una boquilla de un quemador que tiene un diámetro exterior que corresponde al diámetro interior del tubo exterior, y forma una abertura centralizada en la comunicación del fluido con el tubo interior y al menos una abertura periférica orientada longitudinalmente en la comunicación del fluido con el espacio anular. Se puede disponer de una varilla longitudinalmente ajustable dentro del tubo interior para el ajuste del flujo de fluido que pasa por allí, y un inserto cilíndrico que tiene un estabilizador de la llama para estabilizar la llama producida por el quemador que está acoplado al extremo de la salida del tubo exterior. Todos lo documentos de patentes a los que se hace referencia en este documento están incorporados a la presente memoria descriptiva como referencias.
30
35
40
45
50

55 Esto sería un avance en la técnica de la fusión del vidrio para desarrollar hornos de fusión no rectangulares ("cubas de fusión") que tienen regiones reducidas de flujo muerto (estancadas), mientras que tienen la ventaja de la eficacia de los quemadores de combustión sumergida, para aumentar la capacidad de producción de la cuba de fusión y producir vidrio fundido de alta calidad.

Resumen

Según la presente descripción, se describen cubas de fusión, y los procedimientos para usarlas, que reducen las regiones de flujo muerto (estancadas) y que tienen la ventaja de tener quemadores de combustión sumergida. Las cubas de fusión de la presente descripción están construidas, al menos parcialmente, usando paneles refractarios refrigerados, que permiten la construcción de cubas de fusión que tienen configuraciones que reducen o evitan las regiones de las esquinas con flujo muerto que prevalecen en los diseños rectangulares de las cubas de fusión de vidrio tradicionales, eliminando las esquinas muertas (de flujo bajo o estancado) de las configuraciones de las cubas de fusión rectangulares conocidas. En ciertas realizaciones de cubas de fusión según esta descripción, las paredes laterales están en ángulo de manera que la separación de las líneas de flujo para el vidrio fundido se estrecha hacia la zona de descarga (salida del vidrio fundido), en ciertas realizaciones hasta el extremo de una forma en V. En las cubas de fusión pensadas y descritas en esta descripción, el flujo del vidrio fundido se puede fundir completamente y producirse vidrio de alta calidad con un mínimo gasto de energía. Estos diseños de cubas de fusión son relevantes de cara a la amplia gama de materiales que se podrían fundir con la tecnología de la combustión sumergida. Con la tecnología de la combustión sumergida, el uso de un diseño con panel refrigerado es factible debido al tamaño enormemente reducido de la cuba de fusión para una capacidad de producción dada. El uso de paneles refrigerados (refrigerados usando fluido – líquido, gas, o su combinación) para construir una cuba de fusión de vidrio permite más flexibilidad en la forma de la cuba de fusión, especialmente en combinación con los quemadores de combustión sumergida.

“Sumergida” según se usa en la presente memoria descriptiva significa que los gases de combustión emanan de los quemadores bajo el nivel del vidrio fundido; los quemadores pueden estar montados en el suelo, montados en las paredes o, en realizaciones de cubas de fusión que comprenden más de un quemador de combustión sumergida, se puede montar cualquier combinación de ellos (por ejemplo, dos quemadores montados en el suelo y un quemador montado en la pared). Según se usa en la presente memoria descriptiva, el término “gases de combustión” significa mezclas sustancialmente gaseosas de combustible quemado, cualquier exceso de oxidante, y productos de combustión, tales como óxidos de carbono (tales como monóxido de carbono, dióxido de carbono), óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, y agua. Los productos de combustión pueden incluir líquidos y sólidos, por ejemplo hollín y combustibles líquidos sin quemar. “Oxidante” según se usa en la presente memoria descriptiva, incluye aire y gases que tienen la misma concentración molar de oxígeno que el aire, aire enriquecido en oxígeno (aire que tiene una concentración de oxígeno superior al 21 por ciento en moles), y oxígeno “puro”, tal como oxígeno de calidad industrial, oxígeno de calidad alimenticia, y oxígeno criogénico. El aire enriquecido en oxígeno puede tener 50 por ciento en moles, o más, de oxígeno y, en ciertas realizaciones puede tener el 90 por ciento en moles, o más, de oxígeno. Los oxidantes se pueden suministrar desde una tubería, botellas de gases, instalaciones de almacenamiento, una unidad de separación criogénica del aire, un separador por permeabilidad de membrana, o una unidad de adsorción.

Un primer aspecto de la invención es un aparato de fusión como el definido en la reivindicación 1.

En ciertas realizaciones, el lugar intermedio se sitúa donde la zona de fusión tiene una anchura máxima W_M . En ciertas realizaciones, al menos alguna de las paredes comprende paneles refractarios refrigerados mediante un fluido. En ciertas realizaciones, los paneles refrigerados mediante un fluido son paneles, refrigerados mediante un líquido, que comprenden uno o más conductos para el flujo de un líquido hacia dentro y hacia fuera de los conductos.

En ciertas realizaciones, la zona de fusión tiene una forma de la vista en planta definida por un primer y un segundo trapecoide que comparten una base común situada en la posición intermedia, y sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de la cuba de fusión, teniendo el primer trapecoide un lado paralelo a la base y que está situado en la entrada, teniendo el segundo trapecoide un lado paralelo a la base y que está situado en la salida.

En ciertas realizaciones, al menos algunos de los quemadores están montados en el suelo y situados en una o más filas paralelas, sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la cuba de fusión. En ciertas realizaciones, el número de quemadores en cada fila es proporcional a la anchura de la cuba de fusión. En ciertas realizaciones la profundidad de la cuba de fusión disminuye a medida que la anchura de la cuba de fusión disminuye en la zona de estrechamiento. En otras ciertas realizaciones, la posición intermedia comprende una anchura constante situada entre la zona que se expande y la zona que se estrecha. En ciertas realizaciones, al menos algunos de los quemadores son quemadores de oxi-combustible. En ciertas realizaciones los quemadores de oxi-combustible pueden comprender uno o más quemadores de combustión sumergida, teniendo cada uno de ellos tubos coaxiales para el combustible y para el oxidante, formando un espacio anular entre ellos, en el que el tubo exterior se prolonga más allá del extremo del tubo interior, como se mostro en la Patente de EE.UU. Nº 7.273.583.

En ciertas realizaciones, el aparato de fusión tiene una capacidad de producción de $0,205 \text{ m}^2$ por tonelada métrica y día ($0,205 \text{ m}^2/\text{t}\cdot\text{d}$) (2 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos, y en algunas realizaciones $0,05125 \text{ m}^2/\text{t}\cdot\text{d}$ (0,5 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos.

En ciertas realizaciones que sirven de ejemplo, en las que la pared de la cuba de fusión comprende paneles refrigerados mediante un fluido, la pared comprende al menos un revestimiento refractario entre los paneles y el vidrio fundido.

En ciertas realizaciones, la pared en la zona que se expande y en la zona que se estrecha no es lineal.

- 5 En ciertas realizaciones, los paneles refractarios refrigerados se refrigeran mediante un fluido para la transferencia de calor, seleccionado del grupo consistente en composiciones líquidas, gaseosas o combinaciones de composiciones líquidas y gaseosas que funcionan o que son capaces de ser modificadas para que funcionen como un fluido para la transferencia de calor. Los fluidos gaseosos para la transferencia de calor se pueden seleccionar de aire, que incluye aire del ambiente y aire tratado (aire tratado para quitar la humedad), gases inorgánicos inertes, tales como nitrógeno, argón, y helio, gases orgánicos inertes tales como fluoro-, cloro- y clorofluorocarbonados, que incluyen versiones perfluoradas, tales como tetrafluorometano, y hexafluoroetano, y tetrafluoroetileno, y similares, y mezclas de gases inertes con pequeñas porciones de gases no inertes, tales como el hidrógeno. Los líquidos para la transferencia de calor se pueden seleccionar de líquidos inertes que pueden ser orgánicos, inorgánicos o alguna combinación de ellos, por ejemplo soluciones salinas, soluciones glicólicas, aceites y similares. Otros posibles fluidos para la transferencia de calor incluyen vapor (si está más frío que la temperatura del distribuidor de oxígeno), dióxido de carbono o sus mezclas con nitrógeno. Los fluidos para la transferencia de calor pueden ser composiciones que comprenden tanto fase líquida como gaseosa, tales como clorofluorocarbonados superiores.

Otro aspecto de esta descripción es un procedimiento como se define en la reivindicación 16.

- 20 En ciertas realizaciones, el procedimiento comprende descargar al menos 4,9 toneladas métricas por día y por metro cuadrado (0,5 toneladas cortas por día y por pie cuadrado) de suelo de la cuba de fusión, y en ciertos procedimientos que sirven de ejemplo al menos 19,6 toneladas métricas por día y por metro cuadrado (2 toneladas cortas por día y por pie cuadrado) de suelo de la cuba de fusión.

Ciertos procedimientos que sirven de ejemplo comprenden refrigerar la pared mediante la pared que comprende paneles refractarios refrigerados y que dirigen un fluido para la transferencia de calor a través de los paneles.

- 25 Ciertas realizaciones de aparatos pueden incluir una pluralidad de tubos que funcionan para marcar el recorrido del oxígeno o del aire enriquecido en oxígeno a través del bloque de quemadores refractarios, estando los tubos conectados a uno o más distribuidores del suministro de oxígeno. Tanto los tubos como los distribuidores pueden estar compuestos de metal, material cerámico, metal revestido con material cerámico, o sus combinaciones.

- 30 En todas las realizaciones de aparatos, las fuentes de oxidante y de combustible pueden ser uno o más conductos, tuberías, instalaciones de almacenamiento, botellas o, en el caso del oxidante, el aire del ambiente. Si se usan oxidantes secundarios o terciarios, se pueden suministrar desde una tubería, botella, instalación de almacenamiento, una unidad de separación criogénica del aire, un separador por permeabilidad de membrana, o una unidad de adsorción, tal como una unidad de adsorción oscilante de vacío.

- 35 Ciertas realizaciones pueden comprender el uso de aire enriquecido en oxígeno como oxidante primario, el combustible es un combustible gaseosos, seleccionándose el combustible gaseosos de metano, gas natural, gas natural licuado, propano, monóxido de carbono, hidrógeno, gas natural reformado con vapor, aceite atomizado, o sus mezclas, y el aire enriquecido en oxígeno que comprende al menos 90 por ciento en moles de oxígeno. En ciertas realizaciones el oxígeno se puede inyectar en una mezcla intermedia aguas arriba de una cámara de combustión de un quemador, mientras que en otras realizaciones el oxígeno se puede inyectar en la cámara de combustión. El caudal volumétrico de la inyección de oxígeno puede oscilar entre aproximadamente 28 metros cúbicos/hora (m^3/h) y aproximadamente 225 m^3/h (entre aproximadamente 1000 ft^3/h y aproximadamente 8000 ft^3/h), o entre aproximadamente 56 m^3/h y aproximadamente 168 m^3/h (entre aproximadamente 2000 ft^3/h y aproximadamente 6000 ft^3/h), con caudales de gas natural que oscilan entre aproximadamente 28 m^3/h y aproximadamente 112 m^3/h (entre aproximadamente 1000 ft^3/h y aproximadamente 4000 ft^3/h), o entre aproximadamente 28 m^3/h y aproximadamente 84 m^3/h (entre aproximadamente 1000 ft^3/h y aproximadamente 3000 ft^3/h), y puede inyectarse a través de un distribuidor no refrigerado, un distribuidor refrigerado por gas, o un distribuidor refrigerado por líquido. El distribuidor refrigerado por gas puede utilizar aire como gas refrigerante, mientras que el distribuidor refrigerado por líquido puede usar agua como refrigerante. Los métodos de la invención incluyen aquellos en los que la presión de la cámara de combustión no excede de 68,95 kPa (10 psig).

- 50 El aparato de fusión y las realizaciones del procedimiento de la invención pueden estar controlados por uno o más controladores. Por ejemplo, la temperatura de combustión (llama) del quemador se puede controlar vigilando uno o más parámetros seleccionados de, la velocidad del combustible, la velocidad del oxidante primario, el caudal másico y/o volumétrico del combustible, el caudal másico y/o volumétrico del oxidante primario, el contenido energético del combustible, la temperatura del combustible cuando entra en el quemador, la temperatura del oxidante primario cuando entra en el quemador, la temperatura del efluente, la presión del oxidante primario que entra en el quemador, la humedad del oxidante, la geometría del quemador, la relación de combustión, y sus combinaciones. Los aparatos y métodos de ejemplo de la invención comprenden un controlador de la combustión que recibe uno o más parámetros de entrada seleccionados de, velocidad del combustible, velocidad del oxidante primario, caudal

másico y/o volumétrico del combustible, causal másico y/o volumétrico del oxidante primario, contenido energético del combustible, temperatura del combustible cuando entra en el quemador, temperatura del oxidante primario cuando entra en el quemador, presión del oxidante primario que entra en el quemador, humedad del oxidante, geometría del quemador, relación de oxidación, temperatura del efluente, y sus combinaciones, y emplea un algoritmo de control para controlar la temperatura de combustión basada en uno o más de estos parámetros de entrada.

El aparato de fusión y los métodos de la invención serán más evidentes tras la revisión de la breve descripción de los dibujos, de la descripción detallada de la invención, y de las reivindicaciones que siguen.

Breve descripción de los dibujos

10 La manera en la que se pueden obtener los objetivos de la invención y otras características deseables es explicada en la siguiente descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

Las Figuras 1 – 5, inclusive, son vistas en planta, con partes separadas, de cinco realizaciones de cubas de fusión según la presente descripción;

la Figura 6 es una vista en corte lateral de la cuba de fusión de la Figura 1; y

15 la Figura 7 es una vista en perspectiva de un panel refrigerado, útil en las cubas de fusión de la presente descripción.

Hay que indicar, sin embargo, que los dibujos adjuntos no están a escala, e ilustran únicamente realizaciones habituales de esta invención y, por lo tanto, no se van a considerar limitadoras de su alcance, para la invención se pueden admitir otras realizaciones igualmente eficaces.

20 Descripción detallada

En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles para proporcionar una comprensión de los diversos aparatos de fusión y realizaciones de procedimientos según la presente descripción. Sin embargo, se comprenderá por los expertos en la técnica que el aparato de fusión y los procedimientos para usarlos se pueden poner en práctica sin estos detalles y que pueden ser posibles numerosas variaciones y modificaciones de las realizaciones descritas que, no obstante, se consideran dentro de las reivindicaciones adjuntas.

Haciendo referencia a las figuras, las Figuras 1 – 5 son vistas en planta, con partes separadas, de cinco realizaciones de cubas de fusión según la presente descripción. La Figura 6 es una vista en corte transversal lateral del aparato de fusión ilustrado en la Figura 1. Se usan las mismas referencias numéricas para las mismas, o similares, características de las diversas figuras. En las vistas en planta ilustradas en las Figuras 1 – 5, se comprenderá, en cada caso, que ni el techo ni la chimenea de los gases de escape están ilustrados, con el fin de ilustrar más claramente las características clave de cada realización. La realización 100 de la Figura 1 comprende una pared periférica 2 de la cuba 100 de fusión, teniendo la pared 2 una entrada 4, un conducto 5 de alimentación por cargas, y una descarga 6 de la cuba de fusión a través de la cual el vidrio fundido sale de la cuba de fusión. La cuba 100 de fusión comprende también un techo 7 (Figura 6), un suelo 8, un extremo 9 de alimentación, y un extremo 11 de descarga.

Una importante característica de todos los aparatos de fusión descritos en la presente memoria descriptiva, y representados en la cuba 100 de fusión de la Figura 1, es que la pared 2 forma una zona 14 de fusión que se expande, formada por una primera región trapezoidal y una zona 16 de fusión, que se estrecha, formada por una segunda región trapezoidal de la pared 2. El primer trapezoide que forma la zona 14 de fusión que se expande y el segundo trapezoide que forma la zona 16 de fusión que se estrecha, comparten una base común en esta realización, indicada por B, en una posición intermedia entre la entrada 4 de la cuba de fusión y la descarga 6. La base común define la posición de la máxima anchura, W_M , de la cuba 100 de fusión. La importancia principal de estas zonas de fusión es que no hay presentes esquinas de 90 grados en la cuba de fusión donde pueda haber estancamiento del flujo de vidrio fundido.

Otra importante característica del aparato 100 de fusión es la disposición de los quemadores 10 de combustión sumergida. En la realización 100, los quemadores 10 son quemadores montados en el suelo, ilustrados en filas sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal L de la cuba 100 de fusión. En ciertas realizaciones, los quemadores 10 está situados para emitir productos de combustión al vidrio fundido en las zonas 14, 16 de fusión de manera que los gases penetren en la masa fundida, por lo general perpendicularmente al suelo. En otras realizaciones, uno o más quemadores 10 pueden emitir productos de combustión a la masa fundida en un ángulo (véase la Figura 6, ángulo α) respecto al suelo; el ángulo α puede ser distinto de 90 grados, preferiblemente de 30 a 80 grados, en particular dicho ángulo puede de más o menos 45 grados, pero en ciertas realizaciones puede ser de 30 grados, o de 40 grados, o de 50 grados, o de 60 grados, o de 70 grados, o de 80 grados.

El aparato de fusión según la presente descripción puede comprender también uno o más quemadores de combustión sumergida montados en la pared, como se indica con 25 en la Figura 1, y/o uno o más quemadores 26

montados en el techo, como se indica con 26 en la Figura 6. Los quemadores montados en el techo pueden ser útiles para precalentar las zonas 14, 16 de fusión del aparato de fusión, y sirven como fuentes de ignición para uno o más quemadores 10 de combustión sumergida. El aparato de fusión que tiene únicamente quemadores de combustión sumergida montados en la pared se considera que está también dentro de la presente descripción. Los quemadores 26 montados en el techo pueden ser quemadores de oxi-combustible, pero ya que se usan únicamente en ciertas situaciones, es más probable que sean quemadores de aire-combustible. Muy frecuentemente se apagarán después de precalentar la cuba de fusión y/o después de poner en marcha uno o más quemadores 10 de combustión sumergida. En ciertas realizaciones, todos los quemadores 10 de combustión sumergida son quemadores de oxi-combustible (donde "oxi" significa oxígeno o aire enriquecido en oxígeno, como se describió anteriormente), pero esto no es necesariamente así en todas las realizaciones; algunos o todos los quemadores de combustión sumergida pueden ser quemadores de aire-combustible. Además, el calentamiento se puede complementar, en ciertas realizaciones y en ciertas zonas de la cuba de fusión, con calentamiento eléctrico.

Las Figuras 2 – 5 ilustran más realizaciones y características del aparato de fusión de esta descripción. La realización 200 de la Figura 2 ilustra que la pared 20 puede tener una forma de flujo libre, desprovista de ángulos. La realización 300 de la Figura 3 ilustra que la pared 320 puede estar configurada de manera que la posición intermedia 12 puede comprender una región intermedia de la cuba 300 de fusión que tenga una anchura constante que se extiende desde la primera región trapezoidal 14 hasta el comienzo de la región 160 de fusión que se estrecha. En la realización 300, la región 160 de fusión que se estrecha, tiene regiones que alternativamente se estrechan y se expanden, formadas por secciones 321, 322 de la pared, aunque tiene un efecto global que se estrecha que se dirige hacia la descarga 6. La realización 400 de la Figura 4 comprende una zona de fusión que se estrecha, que comprende una primera sección que se estrecha formada por las secciones 420A y 420B de pared que conduce a un canal estrecho formado por las secciones 421A y 421B de pared, y luego una zona corta que se expande formada por las secciones 422A y 422B de pared, y que finalmente se estrecha hacia la descarga 6. La realización 400 puede proporcionar una zona de retención o de masa fundida final entre las secciones 422A y 422B de pared, que puede resultar ventajosa en ciertas realizaciones, por ejemplo cuando se añaden colorantes a la masa fundida. La realización 500 de la Figura 5 ilustra una realización similar a la realización 100 de la Figura 1, excepto que la pared 520 forma una zona intermedia 120 de fusión de anchura constante.

La Figura 6 es una vista en corte lateral de la cuba de fusión de la Figura 1, e ilustra una carga de un material 15 que se ha introducido, por cargas, por la entrada 4 de la cuba de fusión a través del alimentador 5. Se indican tres quemadores 10A, 10B, y 10C de combustión sumergida montados en el suelo. La Figura 6 ilustra también los ángulos α y β , donde el ángulo α se define como un ángulo entre el eje central 50 del quemador C montado en el suelo y la horizontal 52, y el ángulo β se define como el ángulo entre la horizontal y la línea 54 a través del suelo de la región de profundidad decreciente de la cuba de fusión. Los valores para el ángulo α se mencionaron anteriormente. El ángulo β puede oscilar entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados, o entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 60 grados. A medida que se disminuye el ángulo β , los valores permisibles para el ángulo α pueden aumentar, siendo iguales todos los otros factores. Cuando el ángulo β es grande, digamos por ejemplo 45 grados o más, si el ángulo α es demasiado pequeño, por ejemplos 45 o menos, se puede producir un desgaste inaceptable del material refractario cerca de, o sobre, la región inclinada de suelo 8, acompañado por una menor calidad de la masa fundida de vidrio, ya que el material refractario llega a formar parte de la masa fundida. Habrá que indicar también que ciertas realizaciones de cubas de fusión pueden incluir uno o más quemadores de oxi-combustible y/o de aire-combustible, montados en la región del suelo inclinado, o la pared 2 de la región del suelo inclinado.

La Figura 7 es una vista en perspectiva de una porción de una cuba de fusión, que ilustra dos realizaciones de paneles refrigerados útiles en el aparato de fusión de la presente descripción. También se ilustra en la Figura 7 una porción del suelo 8 de la cuba de fusión, y tres quemadores 10 montados en el suelo. Un primer panel refrigerado 130 está refrigerado con un fluido, teniendo allí uno o más conductos o tuberías 131, con un líquido suministrado a través del conducto 132, y con otro conducto 133 que descarga el líquido calentado, dirigiendo el calor transferido desde el interior de la masa fundida hacia el líquido fuera de la masa fundida. El panel 130 refrigerado con un líquido como el ilustrado, incluye también un revestimiento refractario 135 delgado que minimiza las pérdidas de calor de la cuba de fusión, pero permite la formación de una delgada costra solidificada sobre las superficies, e impiden cualquier desgaste del material refractario y la contaminación asociada del vidrio. Se ilustra otro panel refrigerado 140, en este caso un panel refrigerado por aire, que comprende un conducto 142 que tiene una primera sección 144 de diámetro pequeño, y una sección 146 de gran diámetro. El conducto del aire calentado atraviesa el conducto 142 en la dirección de la flecha curvada. La sección 146 del conducto es mayor en diámetro para dar cabida a la expansión del aire a medida que se calienta. Los paneles refrigerados por aire, como los ilustrados en la Figura 7, están descritos en la Patente de EE.UU. N° 6.244.197, que se incorpora en la presente memoria descriptiva como referencia.

En el funcionamiento del aparato de fusión de esta descripción, ilustrado esquemáticamente en la Figura 1, el material de alimentación tal como una carga de vidrio E (funde a aproximadamente 1400°C), una carga de vidrio aislante (funde a aproximadamente 1200°C), o recortes en forma de mantas de fibra de vidrio y/o aislante que tienen un alto contenido de aglomerante orgánico, restos de vidrios rotos, y similares, se introduce en la cuba de fusión a través del conducto 5 y de la entrada 4 de la cuba de fusión. Se encienden uno o más quemadores 10 de

combustión sumergida para fundir los materiales de la alimentación y mantener una masa fundida de vidrio fundido en las regiones 14 y 16. El vidrio fundido se mueve hacia la salida 6 de descarga, y se descarga de la cuba de fusión. Los gases del producto de combustión (gases de chimenea) salen a través del conducto 60 de salida, o pueden dirigirse al aparato de recuperación de calor, como se trata en la presente memoria descriptiva. Si se emplea combustión de oxi-combustible en alguno o en todos los quemadores, el principio general es operar la combustión en los quemadores de manera que se sustituya algo del aire con una fuente de oxígeno, por separado. La relación global de combustión puede no cambiar. De manera importante, la capacidad de producción del aparato de fusión descrito en la presente descripción puede ser de 0,205 m² por tonelada métrica y día (0,205 m²/t-d) (2 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos, y en algunas realizaciones 0,05125 m²/t-d (0,5 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos. Esto es, al menos dos veces y en ciertas realizaciones diez veces, la capacidad de producción de un aparato de fusión convencional.

El aparato de fusión descrito según la presente descripción se puede construir usando únicamente paneles refractarios refrigerados. El delgado revestimiento refractario puede tener un espesor de 1 centímetro, 2 centímetros, 3 centímetros, o más, sin embargo mayores espesores pueden suponer más gasto sin un mayor beneficio resultante. El revestimiento refractario puede tener una o múltiples capas. Como alternativa, las cubas de fusión descritas en la presente memoria descriptiva se pueden construir usando pastas de hormigón tales como las descritas en la Patente de EE.UU. N° 4.323.718. Los revestimientos refractarios delgados discutidos en la presente memoria descriptiva pueden comprender materiales descritos en la Patente de EE.UU. N° 4.323.718, que se incorpora a la presente memoria descriptiva como referencia. Las dos capas de pasta de hormigón están descritas en la Patente de EE.UU. N° 4.323.718, siendo la primera una composición aislante fraguada hidráulicamente (por ejemplo, la conocida con la designación comercial CASTABLE BLOC-MIX-G, un producto de Fleischmann Company; Frankfurt-Main, República Federal de Alemania). Esta composición se puede verter en un encofrado de una sección de la pared, del espesor deseado, por ejemplo una capa de 5 cm de espesor, o de 10 cm, o mayor. Este material se deja fraguar, seguido de una segunda capa composición de pasta refractaria fraguada hidráulicamente (tal como la conocida con la designación comercial RAPID BLOCK RG 158, un producto de Fleischmann Company, Frankfurt-Main, República Federal de Alemania) que se puede aplicar sobre él. En otros materiales adecuados para los paneles refractarios refrigerados, los revestimientos refractarios de la cuba de fusión, y (si se usan) los quemadores de bloques refractarios, se usa circonia fundida (ZrO₂), pasta AZS (alúmina-circonia-sílice) fundida, AZS reaglomerada, o pasta de alúmina fundida (Al₂O₃). La elección de un material en particular viene dictada, entre otros parámetros, por la geometría de la cuba de fusión y por el tipo de vidrio que se va a producir.

Los quemadores útiles en el aparato de fusión descrito en la presente memoria descriptiva incluyen los descritos en las Patentes de EE.UU. números 4.539.034; 3.170.781; 3.237.929; 3.260.587; 3.606.825; 3.627.504; 3.738.792; 3.764.287; y 7.273.583, todas ellas se incorporan a la presente memoria descriptiva como referencia en su totalidad. En la Patente de EE.UU. N° 7.273.583, por ejemplo, se describe un quemador útil, ya que comprende un método y un aparato que proporciona energía calorífica a un baño de material fundido y crea simultáneamente un material fundido bien mezclado. El quemador funciona encendiendo una mezcla de combustible líquido o gaseoso-oxidante que se quema en un volumen de material fundido. Los quemadores descritos en la Patente de EE.UU. N° 7.273.583 proporcionan una llama estable en el punto de inyección de la mezcla combustible-oxidante en la masa fundida para evitar la formación de masa fundida solidificada aguas abajo, así como para evitar cualquier combustión explosiva resultante; constante, fiable y de ignición rápida de la mezcla combustible-oxidante, de manera que la mezcla se queme rápidamente dentro del material fundido y libere el calor de combustión en la masa fundida; y la conclusión del proceso de combustión en burbujas que suben a la superficie de la masa fundida. En una realización, los quemadores descritos en la Patente de EE.UU. N° 7.273.583 comprenden un tubo interior de suministro de fluido que tiene un primer extremo para la entrada de fluido y un primer extremo para la salida de fluido y un tubo exterior de suministro de fluido que tiene un segundo extremo para la entrada de fluido y un segundo extremo para la salida de fluido dispuesto coaxialmente alrededor del tubo interior de suministro de fluido y que forma un espacio anular entre el tubo interior de suministro de fluido y el tubo exterior de suministro de fluido. Hay una boquilla del quemador conectada al primer extremo de salida de fluido del tubo interior de suministro de fluido. El tubo exterior de suministro de fluido está dispuesto de manera que el segundo extremo de salida de fluido se prolonga más allá del primer extremo de salida del fluido, creando, en efecto, un espacio o cámara de combustión unida por la salida a la boquilla del quemador y la porción prolongada del tubo exterior de suministro de fluido. La boquilla del quemador está dimensionada con un diámetro exterior que corresponde al diámetro interior del tubo exterior de suministro de fluido y forma una abertura centralizada en comunicación con el tubo interior de suministro de fluido y al menos una abertura periférica orientada longitudinalmente en la comunicación del fluido con el espacio anular entre los tubos, interior y exterior, de suministro del fluido. En ciertas realizaciones, se dispone de una varilla longitudinalmente ajustable dentro del tubo interior de suministro de fluido que tiene un extremo próximo al primer extremo de salida del fluido. A medida que la varilla ajustable se mueve dentro del tubo interior de suministro de fluido, se modifican las características de flujo del fluido a través de tubo interior de suministro de fluido. Al segundo extremo de salida de fluido se acopla un elemento estabilizador de la llama cilíndrica. La llama estable se consigue suministrando oxidante a la cámara de combustión a través de una o más de las aberturas situadas sobre la periferia de la boquilla del quemador, suministrando combustible a través de la abertura centralizada de la boquilla del quemador, y controlando el desarrollo de zona de agitación autocontrolada del flujo mediante la solidificación de la masa fundida sobre la parte superior del elemento estabilizador de la llama cilíndrica. La posición del punto de inyección para la mezcla combustible-oxidante por debajo de la superficie del material que se funde, aumenta la mezcla de los

componentes que están fundidos y aumenta la homogeneidad de la masa fundida. La emisiones de NO_x térmicos se reducen mucho debido a las temperaturas más bajas de la llama que resultan de la llama enfriada por la masa fundida, y debido además al aislamiento de la llama de alta temperatura respecto a la atmósfera.

5 El término “combustible”, según esta invención, quiere decir una composición combustible que comprende una porción principal de, por ejemplo, metano, gas natural, gas natural licuado, propano aceite atomizado, o similares (tanto en forma gaseosa como en forma líquida). Los combustibles útiles en la invención pueden comprender cantidades poco importantes de no combustibles, incluyendo oxidantes, para fines tales como hacer una premezcla del combustible con el oxidante, o atomizar los combustibles líquidos.

10 Las cantidades totales de combustible y de oxidante usados por el sistema de combustión son tales que el flujo de oxígeno puede oscilar entre aproximadamente 0,9 y aproximadamente 1,2 del flujo de oxígeno estequiométrico teórico, necesario para obtener la combustión completa del flujo de combustible. Otra forma de decir esto es que la relación de combustión está entre 0,9 y 1,2. En ciertas realizaciones, debe ser tenido en cuenta el contenido de combustible equivalente del material de alimentación. Por ejemplo, los aglomerantes orgánicos en los materiales formados por recortes de mantas de fibra de vidrio aumentarán el requisito oxidante por encima del requerido estrictamente para el combustible que se está quemando. En consideración a estas realizaciones, se puede aumentar la relación de combustión por encima de 1,2, por ejemplo a 1,5, o a 2, o 2,5, o incluso más alta, dependiendo del contenido orgánico de los materiales de la alimentación.

15 La velocidad del gas combustible en los diversos quemadores depende de la geometría del quemador usado, pero generalmente es de al menos aproximadamente 15 m/s. El límite superior de la velocidad del combustible depende principalmente de la mezcla deseada de la masa fundida en el aparato de fusión, de la geometría de la cuba de fusión, y de la geometría del quemador; si la velocidad del combustible es demasiado baja, la temperatura de la llama puede ser demasiado baja, proporcionando una fusión inadecuada que no se desea, y si el flujo de combustible es demasiado alto, la llama podría afectar al suelo de la cuba de fusión, al techo o a la pared, y/o se desaprovechará calor, lo cual no se desea.

25 En ciertas realizaciones de la invención se puede desear llevar a cabo la recuperación de calor. En realizaciones de la invención que emplean un fluido para la transferencia de calor para recuperar el calor, es posible que un fluido intermedio caliente, para la transferencia de calor, transfiera calor al oxidante o al combustible bien indirectamente transfiriendo calor a través de las paredes de un cambiador de calor, o bien una porción de fluido intermedio caliente podría cambiar calor directamente mezclándose con el oxidante o con el combustible. En la mayoría de los casos, la transferencia de calor será más económica y segura si la transferencia de calor es indirecta, en otras palabras mediante el uso de un cambiador de calor donde el fluido intermedio no se mezcla con el oxidante ni con el combustible, pero es importante indicar que se contemplan ambos medios de intercambio de calor. Además, el fluido intermedio podría ser calentado por los gases combustibles calientes mediante cualquiera de los dos mecanismos ya mencionados.

35 En ciertas realizaciones que emplean recuperación de calor, el principal medio para transferir calor puede comprender uno o más cambiadores de calor, seleccionados del grupo consistente en cambiadores cerámicos de calor, conocidos en la industria como recuperadores cerámicos, y cambiadores metálicos de calor, conocidos además como recuperadores metálicos. Los aparatos y métodos según la presente descripción incluyen aquellos en los que los medios principales para transferir calor son recuperadores por radiación, de doble carcasa. Los medios de precalentamiento útiles en los aparatos y métodos descritos en la presente memoria descriptiva pueden comprender cambiadores de calor seleccionados de los cambiadores cerámicos de calor, cambiadores metálicos de calor, medios regenerativos calentados de forma alternativa por el flujo del fluido intermedio caliente y refrigerado por el flujo del oxidante o del combustible, puede haber presentes dos recipientes que contengan un medio inerte, tal como bolas de cerámica o cantos rodados. Un recipiente se usa en modo regeneración, en el cual las bolas cerámicas, cantos rodados u otro medio inerte se calientan mediante el fluido intermedio caliente, mientras que el otro se usa durante el modo operación para ponerlo en contacto con el combustible o con el oxidante con el fin de transferir calor desde el medio caliente al combustible o al oxidante, según pudiera ser el caso. El flujo hacia el recipiente se cambia luego en el momento apropiado.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato 100 de fusión que comprende:
 - a) un suelo (8) y un techo (7);
 - b) una pared sustancialmente vertical que conecta con el suelo (8) y con el techo (7) en un perímetro del suelo y del techo; definiéndose una zona de fusión mediante el suelo (8), el techo (7) y la pared; teniendo la zona de fusión una entrada (9) de alimentación y una salida (6) del vidrio fundido, situadas en los extremos opuestos de la zona de fusión; comprendiendo la zona de fusión una zona (14) que se expande, que comienza en la entrada y que se extiende hasta una posición intermedia respecto a los extremos opuestos, y una zona (16) que se estrecha que se extiende desde la posición intermedia hasta la salida (6); caracterizado por
- 5 una pluralidad de quemadores (10, 25, 26), al menos alguno de los cuales está situado para dirigir los productos de combustión hacia la zona de fusión bajo un nivel de vidrio fundido en la zona (10, 10A, 10B, 10C) de fusión.
- 10 2. El aparato de fusión de la reivindicación 1, en el que la posición intermedia está situada donde la zona de fusión tiene una anchura máxima W_M .
- 15 3. El aparato de fusión de la reivindicación 1 ó 2, en el que al menos alguna de las paredes comprende paneles (130, 140) refractarios refrigerados por un fluido.
4. El aparato de fusión de la reivindicación 3, en el que los paneles (130, 140) refractarios refrigerados por un fluido, son paneles refrigerados por un líquido que comprenden uno o más conductos (131) para el flujo de un líquido hacia dentro y hacia fuera de los conductos.
- 20 5. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 4, en el que la zona de fusión tiene una forma de la vista en planta, definida por un primer y un segundo trapezoides (14, 16) que tienen una base común situada en la posición intermedia y sustancialmente perpendicular al eje longitudinal de la cuba de fusión; teniendo el primer trapezoide (14) un lado paralelo a la base y situado a la entrada, teniendo el segundo trapezoide (16) un lado paralelo a la base y situado a la salida.
- 25 6. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 5, en el que la profundidad de la cuba de fusión disminuye a medida que disminuye la anchura de la cuba de fusión en la zona que se estrecha.
7. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 6, en el que la posición intermedia comprende una zona de anchura constante situada entre la zona (14) que se expande y la zona (16) que se estrecha.
8. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 7, en el que al menos algunos de los quemadores (10, 25, 26) son quemadores de oxi-combustible.
- 30 9. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 8, que tiene una capacidad de producción de 0,205 m²/t·d (2 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos, y en algunas realizaciones 0,05125 m²/t·d (0,5 pies cuadrados por tonelada corta y día), o menos.
10. El aparato de fusión de las reivindicaciones 1 ó 2, o 4 a 9, en el que las paredes de la cuba de fusión comprende todos los paneles (130, 140) refrigerados por un fluido; comprendiendo la pared un revestimiento (135) refractario al menos entre los paneles y el vidrio fundido.
- 35 11. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 10, en la que la pared en la zona que se expande y la zona que se estrecha no es lineal.
12. El aparato de la reivindicación 3 ó 4 ó 10, en el que los paneles (130, 140) se refrigeran mediante un fluido para la transferencia de calor seleccionado del grupo consistente en composiciones líquidas, gaseosas o combinaciones de composiciones líquidas y gaseosas que funcionan o son capaces de modificarse para que funcionen como un fluido para la transferencia de calor, preferiblemente los fluidos gaseosos para la transferencia de calor se seleccionan del grupo consistente en aire del ambiente, aire tratado, gases inorgánicos inertes, gases orgánicos inertes, y mezclas de gases inertes con pequeñas porciones de gases no inertes, y los fluidos líquidos para la transferencia de calor se seleccionan del grupo consistente en líquidos inertes que pueden ser orgánicos, inorgánicos, o algunas combinaciones suyas.
- 40 13. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 12, en el que al menos alguno de los quemadores (10) están montados en el suelo y situados en una o más filas paralelas, sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la cuba de fusión.
- 45 14. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 13, en el que el número de quemadores (110) en cada fila es proporcional a la anchura de la cuba de fusión.
- 50

15. El aparato de fusión de la reivindicación 1 a 14, en el que uno o más quemadores (10C) emiten productos de combustión a la masa fundida en un ángulo respecto al suelo, siendo dicho ángulo distinto de 90 grados, preferiblemente siendo dicho ángulo de 30 a 80 grados.
16. Un procedimiento que comprende:
- 5 a) introducir al menos un material parcialmente vitrificable en una entrada (9) de alimentación de una zona de fusión de un aparato de fusión refractario que comprende un suelo (8), un techo (7), y una pared sustancialmente vertical que conecta con el suelo y con el techo en un perímetro del suelo y del techo; comprendiendo la zona de fusión una zona (14) que se expande, que comienza en la entrada (9) y que se extiende hasta una posición intermedia respecto a los extremos opuestos de la cuba de fusión, y una zona (16) que se estrecha, que se extiende desde la posición
- 10 intermedia hasta la salida (6) del vidrio fundido;
- b) calentar el, al menos un, material parcialmente vitrificable con al menos un quemador (10, 25, 26) dirigiendo los productos de combustión a la zona de fusión; y
- c) descargar el vidrio fundido por la salida (6) del vidrio fundido situada en un extremo de la zona de fusión opuesta a la entrada (9), caracterizado porque
- 15 al menos un quemador (10, 25) que dirige los productos de combustión a la zona de fusión está bajo el nivel del vidrio fundido en la zona de fusión.
17. El procedimiento de la reivindicación 16 que comprende refrigerar la pared mediante la pared que comprende paneles (130, 140) refractarios refrigerados y dirigiendo un fluido para la transferencia de calor a través de los paneles.
- 20 18. El procedimiento de la reivindicación 16 a 17, en el que el calentamiento comprende dirigir los productos de combustión a la zona de fusión por debajo del nivel del vidrio fundido en la zona que emplea dos o más quemadores (10, 10A, 10B, 10C) montados en el suelo.
19. El procedimiento de la reivindicación 18 que comprende dirigir los productos de combustión a la zona de fusión que está por debajo del nivel del vidrio fundido en la zona que emplea dos o más filas de quemadores (10, 25 10A, 10B, 10C) montados en el suelo, dispuestos sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la cuba de fusión.
20. El procedimiento de la reivindicación 16 a 19 que comprende disminuir la profundidad del vidrio fundido a medida que se mueve desde la posición intermedia hacia la salida (6) de la cuba de fusión.
- 30 21. El procedimiento de la reivindicación 16 a 20 que comprende descargar al menos 4,9 toneladas métricas por día y por metro cuadrado (0,5 toneladas cortas por día y por pie cuadrado) de suelo de la cuba de fusión, preferiblemente al menos 19,6 toneladas métricas por día y por metro cuadrado (2 toneladas cortas por día y por pie cuadrado) de suelo de la cuba de fusión.

Fig. 1

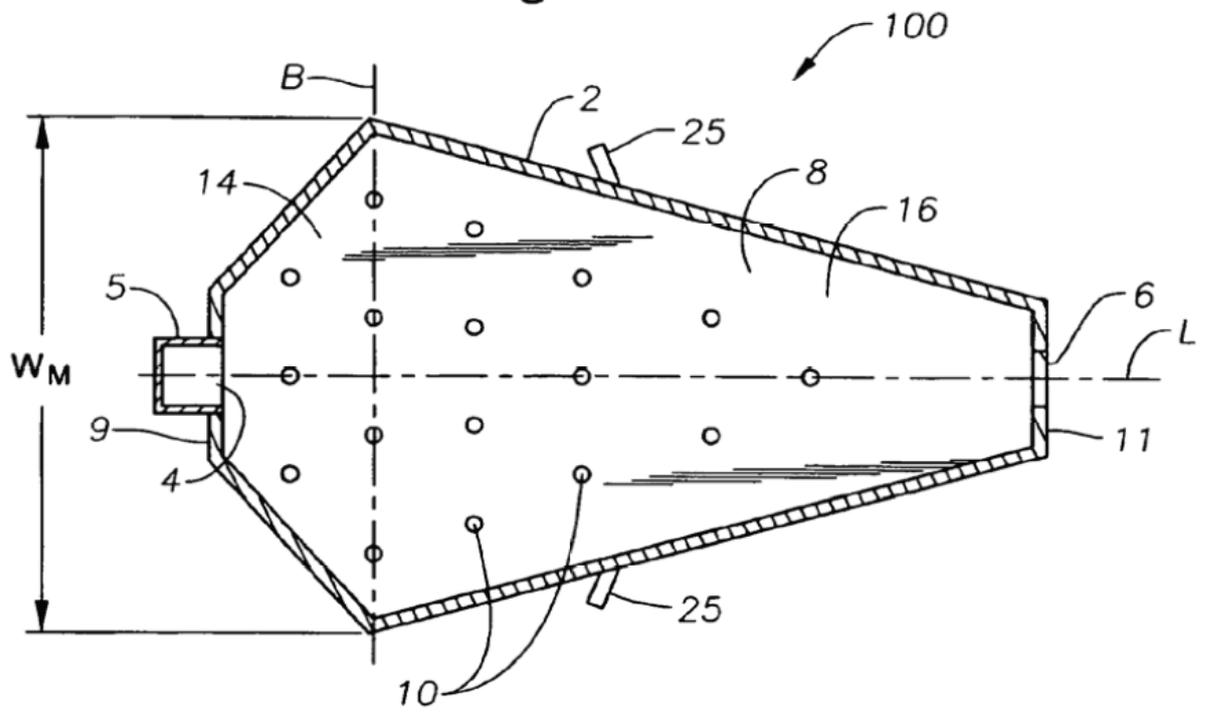


Fig. 2

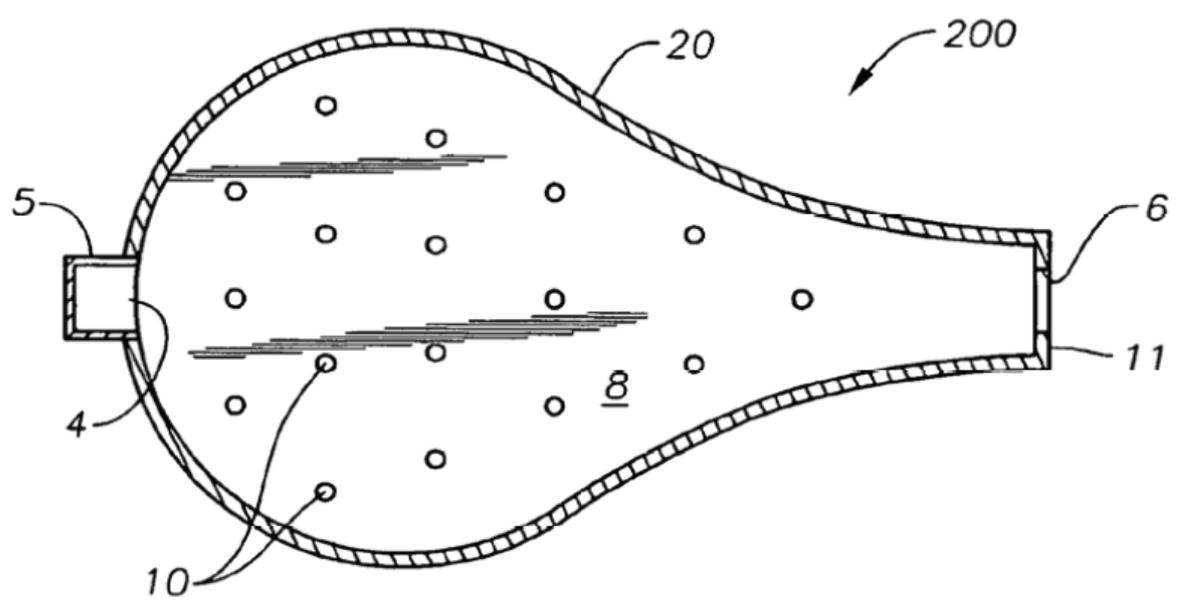


Fig. 3

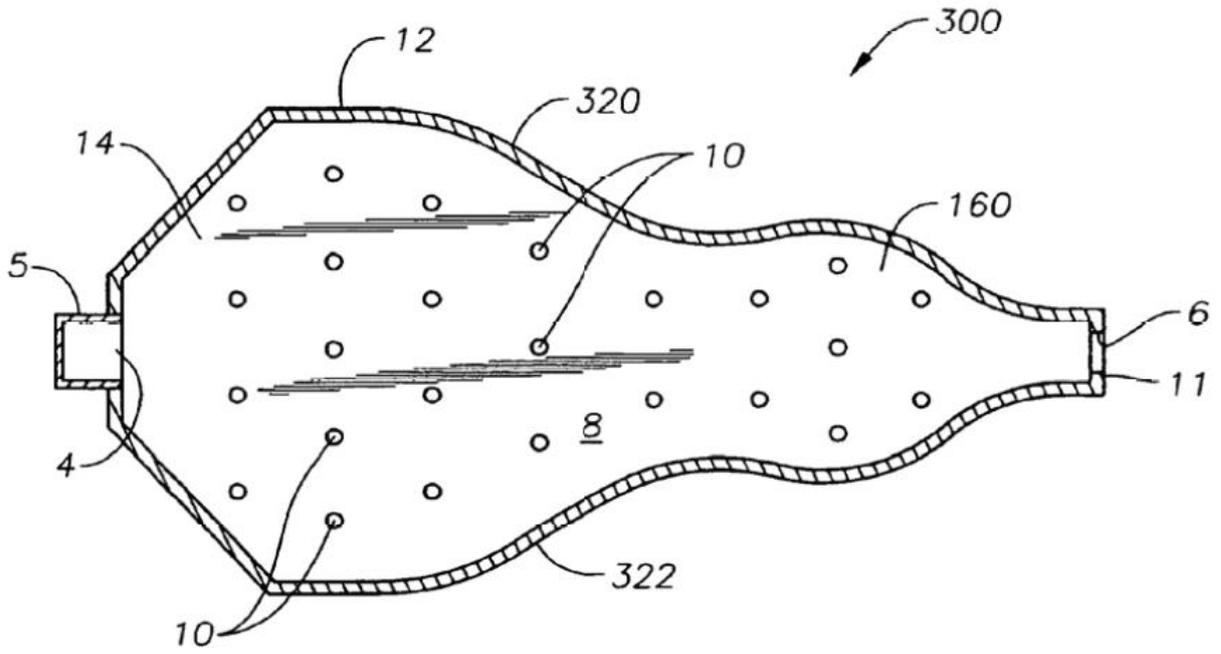


Fig. 4

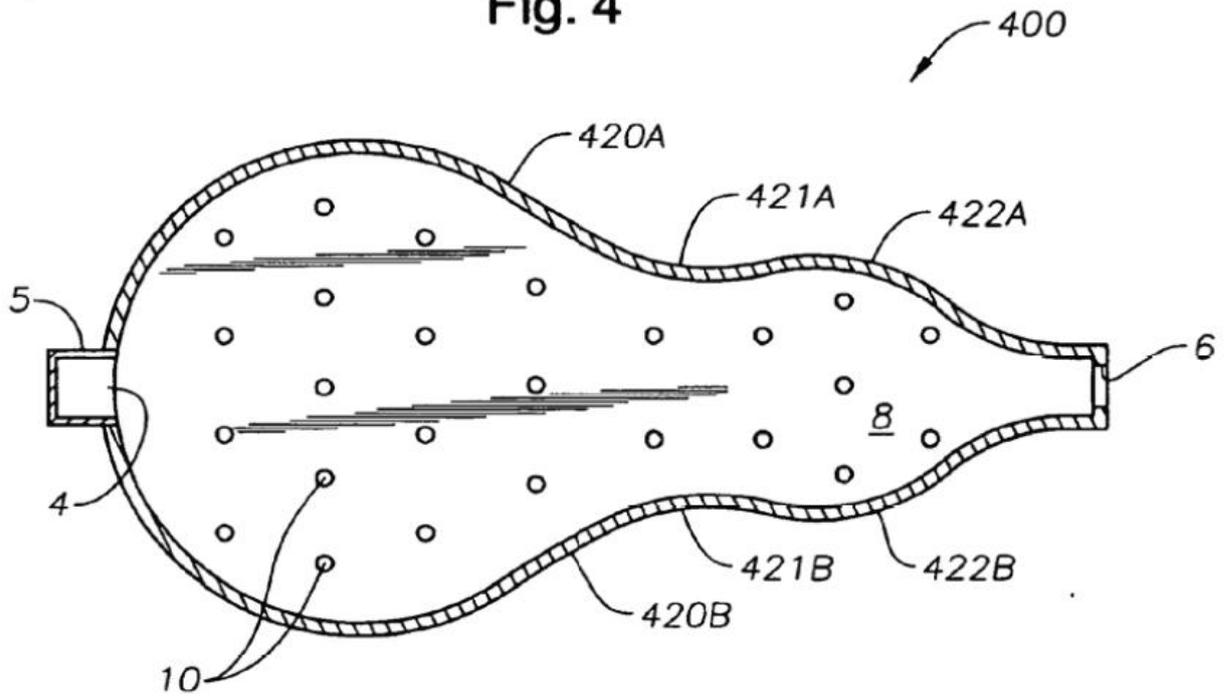


Fig. 5

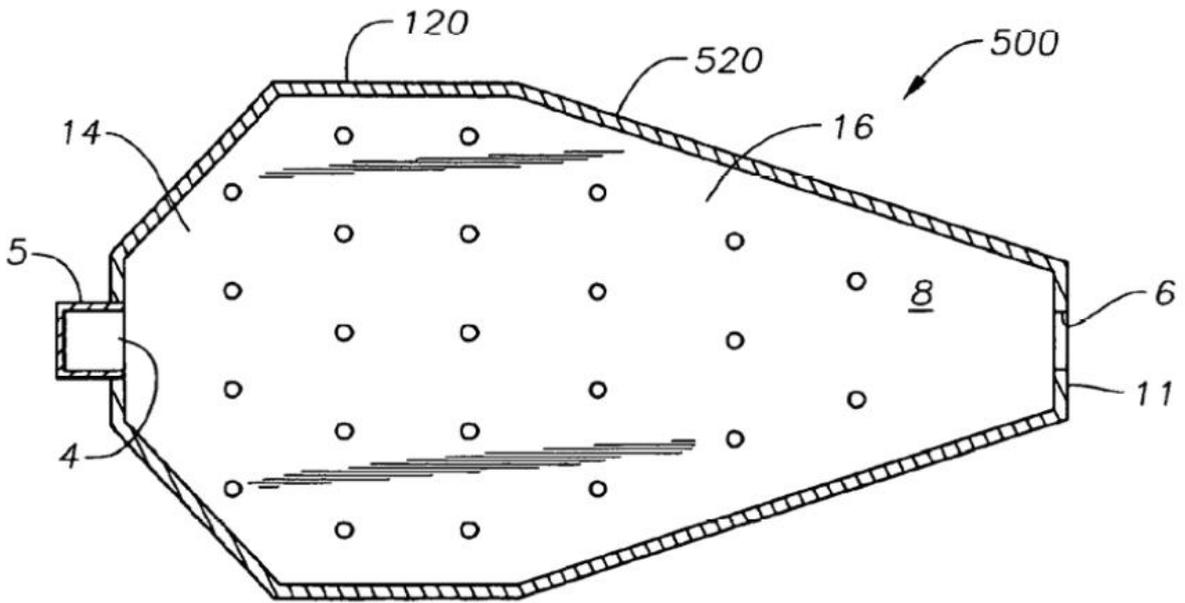


Fig. 6

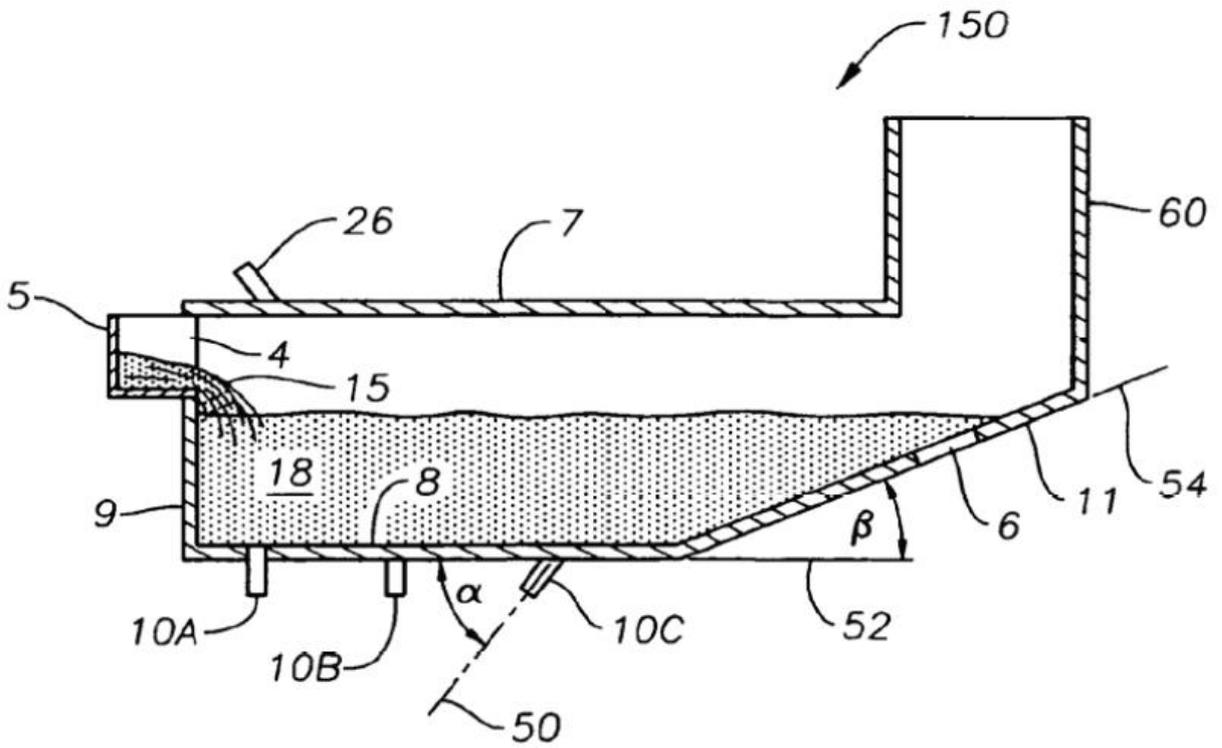


Fig. 7

