

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 335**

51 Int. Cl.:

C03B 3/02 (2006.01)

F28F 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2007** **E 07753771 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015** **EP 2001810**

54 Título: **Método para precalentar materias primas vitrificables**

30 Prioridad:

31.03.2006 US 394229

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

22.09.2015

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 OLD RIDGEBURY ROAD
DANBURY, CT 06810-5113, US**

72 Inventor/es:

**KOBAYASHI, HISASHI y
WU, KUANG TSAI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 546 335 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

Método para precalentar materias primas vitrificables

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a la producción de vidrio, más en particular al calentamiento de material para fabricar vidrio por intercambio de calor con productos de combustión (gas de combustión) formado en la combustión, que es dirigido para generar calor para fundir el material con el que se hace el vidrio.

Antecedentes de la invención

10 Los métodos de fabricación de vidrio convencionales requieren establecer en un horno de fusión de vidrio temperaturas que son suficientemente altas para fundir el material con el que se hace vidrio (entendiéndose como tal uno o varios materiales tales como arena, ceniza caustica, dolomita, feldespato, base conocida colectivamente como lote y troceados, chatarra y vidrio reciclado conocido como chatarra de vidrio). La alta temperatura requerida se obtiene por lo general por combustión de combustible de hidrocarburos tal como gas natural. La combustión produce productos de combustión gaseosos también conocidos como gas combustible. Incluso en un equipo fabricante de vidrio que logra una eficiencia relativamente alta de transferencia del calor de la combustión a los materiales de fabricación de vidrio que se han de quemar, los productos de combustión que salen del recipiente de fusión típicamente tienen una temperatura que excede marcadamente de 1093°C, lo que representa un desecho considerable de energía que se genera en las operaciones de fabricación de vidrio a no ser que se pueda recuperar al menos parcialmente energía térmica de los productos de combustión. La técnica anterior ha tratado este problema usando gas de combustión para intercambiadores de aire caliente conocidos como regeneradores. En un horno regenerador convencional calentado por aire se recupera parcialmente el calor en exceso de gas de combustión en los regeneradores mediante precalentamiento del aire de combustión de entrada y la temperatura de salida del gas de combustión después de que el paso a través de los regeneradores se ha reducido a aproximadamente de 427 a 538°C.

25 La combustión de combustible de hidrocarburo con un oxidante que tiene una media de como mínimo 35% en volumen (conocido como "combustión oxicomcombustible") proporciona a la operación de fabricación de vidrio numerosas ventajas en comparación con la combustión del combustible con aire. Entre estas ventajas están una temperatura de la llama más alta, lo que proporciona una transferencia de calor más alta y tiempos de fusión más cortos, y un volumen global reducido de los productos de combustión gaseosos que salen del horno de fusión del vidrio, lo que permite una reducción del tamaño del equipo necesario. Los productos de combustión gaseosos formados en la combustión con oxidantes que tienen un contenido tan alto de oxígeno pueden presentar temperaturas de 982,2°C o más altos, incluso de 1093°C o más altos. Así, los productos de combustión gaseosos de combustión oxi-combustible contienen incluso más energía térmica, en comparación con los productos de combustión convencionales de quema con aire, que se debería usar ventajosamente para mejorar la eficiencia energética global del proceso de fabricación de vidrio.

35 Si bien la tecnología de fabricación del vidrio es consciente del uso de calor en los productos calientes de combustión gaseosa del horno de fusión de vidrio para precalentar el material de fabricación que se suministra, que se ha de calentar en la fabricación de vidrio, la tecnología hasta ahora conocida ha creído que la temperatura de los productos de combustión calientes no debe exceder de aproximadamente 538 a 704°C, dado que el material suministrado comienza a intercambiar calor con el material que produce el vidrio. Así, se impone esta temperatura máxima por consideraciones referentes a la capacidad de los materiales de los que está hecho el intercambiador de calor de resistir temperaturas altas y consideraciones de la tendencia del material para fabricar el vidrio a comenzar a ablandarse y hacerse adherente (o "pegajoso") si se calienta demasiado durante la etapa de intercambio de calor, lo que conduce a un paso reducido e incluso taponamiento de los pasos de intercambio de calor. La temperatura a la que el material para hacer el vidrio se hace adherente o pegajoso depende de la composición del lote y el material en contacto con el material de alimentación para formar el vidrio y se cree que está en el intervalo entre 538 y 794°C para un lote común para hacer vidrio sódico para botellas y ventanas. En un horno regenerador convencional que usa aire para la combustión, la temperatura de salida del gas en circulación, después de la regeneración es de aproximadamente 427 a 538°C y no hay necesidad de enfriar el gas antes de un precalentador de lote/chatarra de vidrio.

50 Cuando los productos de combustión gaseosos son los obtenidos por combustión oxi-combustible, la creencia convencional ha sido que no hay necesidad de enfriar al intervalo de 538 a 704°C antes de que pueda comenzar el intercambio de calor con los materiales de alimentación. Existen numerosos ejemplos que muestran la creencia de la técnica anterior de que se debe reducir la temperatura del gas de circulación antes de que se use para calentar los materiales de entrada. Entre tales ejemplos figuran C.P. Ross y otros, "Glass Melting Technology: A Technical and Economic Assessment", Glass Manufacturing Industry Council, agosto 2004, págs. 73-80; G. Lubitz y otros, "Oxy-fuel Fired Furnace in Combination with Batch and Cullet Preheating", presented at NOVEM Energy Efficiency in Glass Industry Workshop, págs. 69-94°C: patente U.S. n.º. 5.412.882; patente U.S. n.º 5.526.580 y patente U.S. n.º.

5.807.418.

5 Sin embargo, la reducción de la temperatura de esta corriente de productos de combustión por adición a la misma de un diluyente gaseoso tal como aire, o el esparcimiento de un líquido refrigerante tal como agua en la corriente, es desventajoso pues tales enfoques reducen la cantidad de calor recuperable que queda en los productos de combustión gaseosos, aumentan el tamaño del equipo necesario para el manejo del gas y añaden gastos de equipo y proceso adicionales.

10 El documento DE 195 47 2186 C1 se refiere a un sistema oxi-combustible para fusión de vidrio que comprende una unidad de intercambio para precalentar material para producir vidrio, que se hace pasar entre una pared interior y una pared exterior rotatoria, en el que la pared interior forma un tubo a través del cual pasan productos de combustión calientes del horno de fusión de vidrio.

Sigue habiendo necesidad en este campo de un método y un aparato que permitan un intercambio de calor eficiente de productos de combustión gaseosos de la combustión oxi-combustible a material de alimentación para producir vidrio, que se pueda practicar incluso a las temperaturas relativamente altas que se encuentran cuando se usa combustión oxi-combustible en operaciones de producción de vidrio.

15 **Breve sumario de la invención**

De acuerdo con la invención, este objetivo se alcanza por un procedimiento de fusión de vidrio según se define en las reivindicaciones 1 y 2.

20 Tal como se usa aquí, que el materia de fabricación de vidrio es "adherente" significa que, cuando 250 gramos del material para fabricar vidrio que está en forma de partículas deslizantes libres se calienta a una temperatura dada en un recipiente de metal hecho del mismo material que la barrera que el material ha de pasar y se mantiene a esa temperatura durante 30 minutos, y luego se invierte el recipiente, al menos 1% del material se adhiere a la superficie del recipiente; y la temperatura a la que el material "se hace adherente" es la temperatura más baja a la que el material es así "adherente" cuando se calienta a esa temperatura.

Breve descripción de los dibujos

25 La Figura 1 es una vista esquemática de aparato de fabricación de vidrio con el que se puede practicar la presente invención.

La Figura 2 es una vista en corte transversal de una unidad de intercambio de calor útil en la práctica de la presente invención.

30 La Figura 3 es una vista en corte transversal de una unidad alternativa de intercambio de calor útil en la práctica de la presente invención.

La Figura 4 es una vista en corte transversal de una unidad alternativa de intercambio de calor útil en la práctica de la presente invención.

La Figura 5 es una vista en corte transversal de un aparato que no es parte de la presente invención.

35 La Figura 6 es una vista en corte transversal de una unidad alternativa de intercambio de calor útil en la práctica de la presente invención.

La Figura 7 es una vista en corte transversal, vista desde arriba, de una realización alternativa útil en la práctica de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

40 En cuanto a la Figura 1, una corriente de combustible 1 y oxidante gaseoso 2 se suministra al horno de fusión de vidrio 3 y, se quema en éste para generar calor suficiente para fundir el material para formar vidrio presente dentro del horno 3. La corriente 4 de vidrio fundido se puede recuperar del horno 3 de producción de vidrio.

Entre los combustibles adecuados figuran cualesquiera que se puedan quemar con oxígeno para generar la cantidad requerida de calor de combustión. Entre los combustibles preferidos figuran hidrocarburos gaseosos tales como gas natural

45 El oxidante representado como corriente 2 se puede suministrar como una corriente a un quemador solitario dentro del horno 3, pero más frecuentemente se suministra como una pluralidad de corrientes a cada uno de varios quemadores dentro del horno 3. Considerada la cuestión desde la agregación de la totalidad de tales corrientes gaseosas, el contenido medio de oxígeno global de todas las corrientes suministradas al horno 3 y quemadas en el horno 3 sería, como mínimo, de 35 por ciento en volumen de oxígeno y, más preferiblemente, de como mínimo 50
50 por ciento en volumen de oxígeno. Esto es, el contenido de oxígeno de las corrientes oxidantes suministradas a diferentes quemadores puede diferenciarse entre sí, por ejemplo, si el operador desea tener algunos quemadores (a los que se suministra un contenido de oxígeno más alto) que queman a más alta temperatura que otros

quemadores. La manera preferida para obtener una corriente oxidante gaseosa que contiene un contenido de gas deseado es mezclar aire y un gas que tiene un contenido de oxígeno más alto que el aire (tal como una corriente de 90 por ciento en volumen de oxígeno), corriente arriba de un quemador particular o en las salidas de los quemadores.

5 La combustión de combustible y oxidante produce una corriente 5 de productos de combustión gaseosos que se elimina del horno 3 y se suministra a la unidad de intercambio de calor 7, que se describe aquí, más adelante de la salida de la corriente 6 de productos de combustión gaseosos enfriados. Una corriente bypass opcional 8 lleva productos de combustión calientes desde la corriente 5 a la corriente de salida sin pasar a través de la unidad de intercambio de calor 7.

10 La corriente 8 de material de fabricación de vidrio calentado a ser suministrado al horno 3 y fundido en el horno 3 se obtiene haciendo pasar material para fabricar vidrio suministrado como corriente 9 a través de la unidad de intercambio de calor 7. Una corriente de bypass opcional 10 denota material para fabricar vidrio que está combinado con material de fabricación de vidrio calentado en la corriente 8, a suministrar también al horno 3, pero que no pasa a través de la unidad de intercambio de calor 7. La corriente 9 y la corriente opcional 10 típicamente
15 reciben el material para fabricar vidrio de contenedores y alimentadores de diseño convencional.

La Figura 2 ilustra una realización preferente de unidad de intercambio de calor 7. Típicamente, la unidad es cilíndrica o rectangular en su sección transversal horizontal. En la realización mostrada en la Figura 2, la vía de paso 11 está rodeada de una o varias vías de paso 12 que están separadas de la vía de paso 11 por la barrera 13. Considerada en su forma más simple, esta realización de unidad de intercambio de calor 7 es un intercambiador
20 de calor que permite que el calor a intercambiar de la vía de paso 11 a través de la barrera 13 a la vía de paso 12 o las vías de paso 12 en intercambio de calor indirecto (entendiéndose como tal que el calor puede pasar por la barrera 13 sin contacto físico directo entre los productos de combustión y el material para fabricación de vidrio puesto que los materiales gaseosos, líquidos o sólidos no pueden pasar a través de la barrera 13). La unidad de intercambio de calor 7 puede tener una forma transversal horizontal que es circular, rectangular o cualquier otra
25 configuración geométrica aunque se prefieren las formas circular, rectangular y particularmente cuadrada. Puede haber una vía de paso 12 que rodea completamente la vía de paso 11, o la vía de paso 12 puede estar dividida en dos o más de estas vías de paso por elementos divisores verticales situados apropiadamente dentro del espacio que rodea inmediatamente la vía de paso 11.

La corriente 5 de productos de combustión calientes del horno de fusión de vidrio se suministra a través de una boquilla de entrada en el fondo de la unidad 7 al interior de la vía de paso 11. Ventajosamente, la corriente 5 se conduce a la unidad de intercambio de calor 7 en un tubo que tiene un forro interior refractario adecuadamente resistente al calor que puede resistir la alta temperatura de esta corriente. La corriente 5, dado que entra en la vía de paso 11 está a una temperatura de como mínimo 982,2°C y puede ser superior a 1093°C o incluso superior a 1204°C. Así, una ventaja de la práctica de la presente invención es que se puede practicar sin requerir una
30 significativa reducción de la temperatura de los productos de combustión calientes antes de comenzar a transferir calor desde los productos de combustión calientes al material de fabricación de vidrio. Significativamente, no es necesario añadir aire de dilución u otro medio de enfriamiento a la corriente 5 entre el horno de fusión de vidrio y la unidad 7.

Como se ve en la Figura 2, la corriente 9 de entrada de material para fabricar vidrio de entrada, a precalentar se suministra a la vía de paso o las vías de paso 12. Las corrientes 9 se pueden suministrar a las vías de paso fuera de los lados de la unidad 7, o se pueden suministrar a la cabecera de la superficie superior 17 si la superficie está inclinada, de manera que el material se mueva a lo largo de la superficie inclinada, hacia las vías de paso 12. Preferiblemente, el material para formar el vidrio es de un tamaño que varía desde pequeñas piezas de chatarra de vidrio a material en partículas finamente dividido, de manera que el material para hacer el vidrio es capaz de pasar
40 descendiendo a través de las vías de paso 12 bajo la influencia de la gravedad. A medida que el material para hacer el vidrio pasa a través de la vía o las vías de paso 12, su temperatura aumenta por efecto del flujo de calor desde los productos de combustión calientes de la vía de paso 11 a través de la barrera 13. El material para hacer vidrio así calentado sale de la unidad de intercambio de calor 7 como corriente 8 que luego se puede suministrar al horno de fusión de vidrio. Un tratamiento alternativo del material de fabricación de vidrio se ilustra en la Figura 5 y se discute seguidamente. La corriente 6 de productos de combustión enfriados sale de la unidad de intercambio de calor 7 por la cabecera 17 a una temperatura típicamente de 760°C o menos, aunque la temperatura en este punto se puede ajustar dependiendo de las características operativas de la unidad de intercambio de calor 7 y dependiendo de si el operador desea pasar esta corriente a otra unidad desde la que se puede extraer ventajosamente calor adicional de la corriente 6, como puede ser otra unidad de intercambio de calor
50 que pasa calor a material que entra para fabricación de vidrio, o a una o varias corrientes de oxidante a emplear en la combustión que se realiza en el horno de fusión de vidrio 3. Si se desea, se pueden hacer una o varias corrientes de gas 21 desde las vías de paso a través de las cuales pasan los materiales para hacer vidrio que llegan, tales como vías de paso 12 en esta realización, preferiblemente trazadas en el extremo superior, y que alimentan la corriente 5 o la vía de paso a través de la cual pasan los gases de combustión calientes (vía de paso

11 en esta realización), o un incinerador u otra unidad para oxidar, descomponer de otra forma u oxidar componentes indeseables del gas de salida (tales como vapor de agua, humos orgánicos o subproductos que están presentes en los materiales de chatarra de vidrio de entrada).

5 La corriente 9, se puede obtener, como se ha indicado antes, a partir de un depósito de almacenamiento o aparato similar que proporciona el material para hacer el vidrio, o puede obtenerse como una corriente de material calentado que sale de otra unidad de Intercambio de calor en la que se calienta preliminarmente el material para hacer vidrio, por ejemplo por intercambio de calor con productos de combustión calientes tales como la corriente 6.

10 La unidad de intercambio de calor 7 se puede construir de cualquier material que sea capaz de resistir las temperaturas encontradas en la operación aquí descrita. Preferiblemente, la barrera 13 se hace de metal, tal como acero al carbono, acero inoxidable u otras aleaciones para alta temperatura. La parte de arriba y el fondo de la unidad 7 deben hacerse de materiales cerámicos aislantes. La parte superior 17 puede ser plana como se muestra en la Figura 2 o como se muestra en la Figura 2. El entorno que rodea el exterior de la vía o las vías de paso 12 se puede hacer de ladrillos de metal o refractarios. Preferiblemente la boquilla 14 se construye de material cerámico, que puede resistirla temperatura de la corriente de producto de combustión caliente que llega.

15 El material para hacer el vidrio que se puede suministrar a través de una vía o unas vías de paso 12, a una velocidad tal que esos pasajeros topan con un lecho móvil relleno o un lecho fluidizado de material para fabricar vidrio que se está calentando. Preferiblemente, sin embargo, para conseguir una transferencia de calor más rápida y alcanzar una uniformidad mayor de la temperatura a la que se calienta el material, el material para producir el
20 vidrio se suministra en un lecho fluidizado de material para vidrio que se calienta, o de manera dispersada tal que partículas discretas de material caen a través de del espacio en las vías de paso 12 como corriente de "lluvia" de material. La eficiencia de la transferencia de calor al material para producir el vidrio en la corriente de lluvia puede incluso intensificarse suministrando unas pantallas adecuadas con guías en ángulo cóncavo descendente dispuestas en el paso de las partículas que caen, para desviarlas de su paso, aumentando así el tiempo de residencia e intensificando aún más la transferencia de calor. Un ejemplo de intercambiadores de calor usando
25 tales pantallas se describe en la patente U.S nº, 5.992.041.

Se ha determinado que se puede obtener una transferencia de calor eficiente al material para producir el vidrio sin encontrar los problemas de los dispositivos previos de transferencia de calor si la vía de paso a la que se suministran los productos de combustión calientes se configura de manera que la temperatura de la superficie de barrera 13 que está en contacto con el material para hacer el vidrio en la vía o las vías de paso 13 no es superior a
30 871,1°C y la temperatura del material para hacer el vidrio en las vías de paso 12 no alcanza o excede la temperatura a la que el material para hacer el vidrio se hace adherente

Los componentes e intervalos típicos de sus cantidades en diversos tipos de vidrio se pueden determinar de las fuentes publicadas y de ensayos de rutina. A fines ilustrativos se puede mencionar que muchos tipos de vidrio pueden contener de 55% en peso a 85% en peso de sílice (SiO_2), un total de 4,5% en peso a 20% en peso de Na_2O o K_2O , un total de 0,05% en peso a 25% en peso de CaO y MgO y de 0 a 15% e peso de Al_2O_3 , y
35 opcionalmente otros componentes tales como Fe_2O_3 , PbO (usado en vidrio cristal y cristal de plomo), B_{22}O_3 (en vidrio borosilicato) y/o compuestos que son o contienen óxidos de Ti, S, Cr, Zr, Sb y/o Ba.

Sin embargo, la determinación de la temperatura apropiada a la que se practica la presente invención está basada en las propiedades de la mezcla de ingredientes de los materiales de fabricación dl vidrio que se suministran por
40 las vías de paso 11 o 12 en el camino al horno de fabricación de vidrio. Como es sabido en este campo, esos ingredientes necesitan contener, o ser capaces después de la aplicación de altas temperaturas, de convertirse en los componentes de producción de vidrio deseados. Entre tales ingredientes adecuados pueden figurar no solo los compuestos antes mencionados, sino también precursores tales como (pero no limitativamente) silicatos, carbonatos e hidróxidos alcalinos, y silicatos, carbonatos e hidróxidos alcalinotérreos, así como hidratos de
45 cualquiera de los anteriores. Generalmente están asociadas temperaturas adherentes bajas (tal como se usa aquí ese término) con cantidades altas de óxidos e hidróxidos de metales alcalinos o alcalinotérreos.

Para ingredientes que se convierten en adherentes a temperaturas relativamente bajas (tales como los ingredientes usados para hacer vidrio común de calcio-sodio o vidrio borosilicato), la temperatura debe no exceder de 704°C, preferiblemente de 649°C. Puesto que en la producción de vidrio se usan muchos ingredientes diferentes y las
50 características adherentes de los materiales para producción de vidrio no sólo dependen de los ingredientes sino también de la distribución del tamaño de partículas y los metales usados para la barrera 13, las pantallas u otros metales que llegan a estar en contacto con los materiales del lote calentados, deben realizarse ensayos para determinar la temperatura máxima para evitar problemas de pegajosidad. Un procedimiento de ensayo recomendado es calentar 250 gramos del material para hacer el vidrio, que está en forma de partículas de
55 deslizamiento libre, a una temperatura dada en un recipiente metálico (o un crisol) hecho del mismo metal que la barrera 13 a estar en contacto con los materiales del lote calentados y mantener el material calentado a esa temperatura durante 30 min. Luego se invierte el recipiente calentado para estimar las características de flujo del material que se está ensayando así. La temperatura más baja a la que al menos 1% del material se adhiere a la

superficie del recipiente después de haber sido sometido a estas etapas se define como la “temperatura adherente” del material para el metal usado para el recipiente. La temperatura a la que se calienta el material en la unidad debe no superar la temperatura adherente, y preferiblemente no debe exceder de 55,6°C por debajo de la temperatura adherente. El cumplimiento de estas condiciones asegura que el material para fabricar vidrio no llegue a calentarse calendarse y se vuelva pegajoso y que comience taponar los pasos de guía o las aberturas por las cuales el material de vidrio abandona los pasos de guía.

Se ha determinado que se pueden satisfacer estas condiciones para cualquier conjunto dado de condiciones operativas, como se describe más adelante, haciendo que el flujo de calor (en unidades de energía por área de superficie de transferencia de calor en la barrera 13 por unidad de tiempo) a la totalidad de la superficie de transferencia de calor de la barrera 13 permanezca suficientemente baja para que la superficie de barrera 13 que está expuesta al material de fabricación del vidrio no alcance una temperatura superior a 871,1°C y la temperatura del material para fabricar el vidrio en las vías de paso 12 no alcance o supere la temperatura a la que se vuelve adherente. El flujo térmico y las distribuciones de temperatura de la barrera 13 se pueden estimar por cálculos de transferencia de calor radiativa y convectiva teniendo en cuenta, inter alia, la temperatura de llegada y el caudal de la corriente de productos de combustión calientes, la temperatura de entrada y el caudal del material de producción del vidrio en la unidad de intercambio de calor 7, la configuración geométrica de la de paso 11 y las propiedades térmicas y físicas (esto es, conductividad, emisividad y espesor) de la barrera 13. Generalmente, la predicción exacta de la distribución de temperatura, aunque realizable, es difícil y requiere para optimización una aplicación de un modelo matemático detallado de transferencia de calor. Una manera práctica para conseguir practicar la presente invención es proporcionar una superficie de transferencia de calor suficientemente grande y un espacio suficientemente grande de la vía de paso 11 a la que se suministran los productos de combustión. La geometría de la vía de paso 11 se selecciona para que haya buenos intercambios de calor radiactivo entre las paredes de la barrera y los productos de combustión calientes. Una vía de paso larga y estrecha hace que el área de la superficie cerca de la entrada (boquilla) de la corriente de llegada del producto de combustión caliente esté demasiado caliente.

Por ejemplo, la cuestión de la relación de aspecto de una vía de paso rectangular, definido como la relación de la longitud vertical de la vía de paso al lado más corto del rectángulo, preferiblemente es menor que 5 y más preferiblemente menor que 3. Los productos de combustión se introducen cerca del fondo 16 a través del cual pasan la boquilla 14 de manera que la distancia de incluso la porción más caliente de los productos de combustión de las paredes de transferencia de calor es suficientemente grande, no siendo demasiado alto el flujo de calor a las superficies de la barrera e hiciera que la temperatura a la que se exponga el material de fabricación del vidrio fuera demasiado alta. Así, los factores que se pueden ajustar más fácilmente como determinantes para proporcionar unas condiciones operativas de acuerdo con la invención son el área total de la superficie de intercambio de calor de la barrera 13 y la distancia desde el punto o los puntos en los que los productos de combustión son los más calientes al ser suministrados a la unidad de intercambio de calor (ésta está en la boquilla o las boquillas 14 cuando los productos de combustión calientes se alimentan en la vía de paso 11 de la unidad de intercambio de calor a través de una o varias boquillas) al punto o los puntos más próximo(s) de las superficies interiores de la barrera 13 en los que se exponen a los productos de combustión calientes.

Sí que se desee estar condicionados por una explicación particular de la eficacia de esta invención, parece que el modo predominante de la transferencia de calor de los productos de combustión a la barrera que separa los productos de combustión del material para producir el vidrio es por radiación más que solamente por convección. Así, los cálculos que se han realizado para determinar un área de la superficie de transferencia de calor y una localización adecuada de la boquilla o boquillas de entrada son los realizados en la caracterización de la transferencia de calor radiactivo.

La Figura 3 ilustra otra realización útil de la presente invención. En esta realización de unidad de intercambio de calor 7 ilustrada en la Figura 3, la corriente 9 de material de fabricación de vidrio a alentar se suministra a la vía de paso 11 que está rodeada por la vía o las vías de paso 12 por las que se desliza los productos de combustión calientes 5. La descripción anterior con respecto a la realización representada en la Figura 2 es también aplicable a la realización mostrada en la Figura 3, excepto que el material para hacer el vidrio pasa a través de una vía de paso 11 que está situada centralmente con respecto a la vía o las vías de paso 11 por las que se deslizan los productos de combustión calientes. Preferiblemente, 12 denota una vía de paso que rodea completamente el paso e vía central 11, aunque tal pase de vía circundante 12 se puede dividir en sectores mediante elementos divisores colocados verticalmente. Sobre si tal vía de paso 12 es integral o subdividido, se prefiere suministrar los productos de combustión calientes en la vía de paso 12 en más de una corriente y, preferiblemente, en 2-16 corrientes espaciadas en torno al fondo de la vía de paso 12. El que haya corrientes adicionales coadyuva a la existencia de condiciones de temperatura relativamente uniformes en torno a la vía de paso 11, en cualquier elevación dada dentro de la vía de paso 12. La superficie de barrera 13 que está expuesta al material de producción de vidrio y cuya temperatura no debe permitir superar 871,1°C es en esta determinación la superficie interior de la barrera 13. Consecuentemente, la observación de esta condición se puede lograr muy efectivamente dimensionando

adecuadamente no sólo el área global de la superficie de transferencia de calor de la barrera 13, sino también la geometría de la vía de paso 11 y la localización de una o varias boquillas 14 y sus distancias respectivas desde la barrera 13, de manera que de nuevo el flujo de calor desde la vía o las vías de paso 12 a la superficie de barrera 13 a la que se exponen los productos de combustión se pueda controlar como para controlar la temperatura de la superficie de barrera a la que se expone el material para hacer vidrio.

La Figura 4 ilustra otra realización útil de la presente invención. La Figura 4 representa la realización de la Figura 3, pero a la que se ha añadido la "pared sombra" 15. Cada pared sombra 15 preferiblemente está situada entre una boquilla de entrada 14 y la barrera 13, de manera que una línea recta trazada desde la abertura de una boquilla de entrada 14 a la barrera 13 debe pasar a través de la pared sombra 15. La pared sombra está hecha de un material refractario adecuado, tal como material cerámico muy tolerante de altas temperaturas, que puede resistir la temperatura de la corriente de producto de combustión caliente que llega. Cada pared sombra tiene aberturas a través para que pase flujo de calor sólo parcialmente radiactivo de la corriente de producto de combustión caliente hacia la barrera 13, reduciéndose así el flujo de calor radiactivo de manera controlada. Las aberturas pueden ser circulares o poligonales, o pueden tener la forma de ranuras alargadas. Generalmente, las aberturas pueden ocupar de 10% a 90% de la superficie de la pared sombra; el porcentaje particular puede determinarse con facilidad experimentalmente. Las aberturas pueden estar uniformemente distanciadas en la superficie de la pared sombra, o una puede suministrar menos aberturas cerca del fondo (esto es, más cerca del punto en el que los productos de combustión calientes pueden entrar en la vía de paso), y más aberturas además desde el fondo. La pared sombra 15 también puede absorber calor de los productos de combustión calientes, e irradiar el calor de nuevo hacia la superficie de barrera 13. Estas paredes sombra 15 permiten al operario reducir el tamaño global de la unidad 7 de intercambio de calor reduciendo el flujo de calor de la región más caliente de la vía de paso a través de la cual se desliza el producto de combustión que usualmente es la región más próxima en la que los productos de combustión en caliente entran en esa vía de paso. Las dimensiones efectivas de cualesquier vías de paso 15, especialmente el número de aberturas y sus dimensiones se pueden determinar con facilidad experimentalmente.

Se apreciará obviamente que también se pueden adaptar las realizaciones del tipo ilustrado en la Figura 2 en las que los productos de combustión se desliza por una vía de paso central rodeada por una o más vías de paso por las que pasa material para fabricar vidrio, para inclusión de una o varias paredes sombra entre una o varias entradas por las que los productos de combustión entran en la vía de paso central, y la superficie interior de la barrera 13.

La Figura 5, que no se relaciona con la invención, ilustra una manera de conducir el material calentado para hacer vidrio al horno de fusión de vidrio después de que el material para hacer vidrio ha pasado por la unidad 7 de intercambio de calor. El material para hacer vidrio calentado 8 desciende sobre un lecho 18 del que el material para hacer vidrio pasa al horno 3. El lecho 18 puede ser horizontal o inclinado, esto es, que todavía tiene un componente horizontal. El material sobre el lecho 18 se puede mover bajo la influencia de la gravedad, pero preferiblemente se mueve con ayuda de una cinta transportadora móvil, núcleo rotatorio o equipo similar tal como una rejilla móvil, que hay disponibles para mover lechos de sólidos calentados. Una pared divisora 20 puede ayudar a retener la atmósfera de fusión de vidrio caliente dentro del horno 3. Los productos de combustión calientes salen del horno 3 después de la superficie posterior del lecho 18 de manera que puede hacer un cierto intercambio de calor incluso antes de que los productos de combustión entren en la vía de paso 1 para calentar por intercambio en la vía o las vías de paso 12.

La Figura 6 ilustra otra realización útil en la presente invención. En esta realización, los productos de combustión calientes y el material para hacer vidrio se deslizan conjuntamente, más bien que en contracorriente, como se ilustra en las Figuras 2, 3 y 4. Los números de referencia empleados en las Figuras 2 y 5 tienen el mismo significado en la Figura 6 que el que tienen en la Figura 2. La diferencia, como se puede ver, es que los productos de combustión calientes se suministran a través de la boquilla de entrada 14 a la parte superior de la vía de paso 11 y la corriente 6 de productos de combustión enfriados sale del fondo de la vía de paso 11. Se debe reconocer que las realizaciones de las Figuras 3 y 4 también se pueden adaptar para un flujo en contracorriente de las corrientes de intercambio de calor.

La presente invención se puede practicar en realizaciones en las que dos o más vías de paso 11, típicamente 2-10 vías de paso, preferiblemente 2-6 vías de paso, cada una unida por su propia barrera 13, están situadas lo suficientemente cercanas entre sí salvo las vías de paso 12 que están situadas entre dos (o más) vías de paso 11. Una realización así se muestra en la Figura 7, en la que cada una de cuatro vías de paso 11 recibe a través de una entrada 14 una porción de los gases de combustión calientes que luego se desplazan ascendiendo por las vías de paso 11. Las cuatro vías de paso 11 están situadas entre sí de manera que algunas vías de paso 12 están delimitadas entre pares de vías adyacentes 11. El calor fluye a través de las barreras 13. Preferiblemente, los productos de combustión calientes pasan a través de las vías de paso 11 y el material de fabricación de vidrio se desliza por las vías de paso 12, en cuyo caso fluye calor desde las vías de paso 11 a las vías de paso 12. El aparato representado en la Figura 7 se puede usar también de manera que los productos de combustión calientes pasen a través de las vías de paso 12 y el material para hacer vidrio se deslice por las vías de paso 11, pero esto

es menos preferido dado que las dimensiones más exactas de las vías de paso 12, harían necesario proporcionar paredes sombra o equivalente para mantener sí que fuera excesivo el flujo de calor a las paredes 13.

Como se ha indicado antes, una ventaja significativa de la presente invención es que se puede usar ventajosamente más del contenido de energía de la corriente de productos de combustión aun cuando su temperatura sea más alta que la obtenida por oxi-combustión, sin requerir un reducción significativa de la temperatura de la corriente mediante por ejemplo, la adición de un corriente de fluido diluyente. Otras ventajas son inherentes al hecho de que la transferencia de calor entre los productos de combustión calientes y el material de fabricación de vidrio es indirecta, lo que significa que no hay riesgo de atrapar polvo u otras partículas en el material para hacer vidrio que entra, ni de contaminación de la corriente de producto de combustión que sale con polvo atrapado y otro material en partículas, ni de una oxidación sustancial del contenido de carbono de los materiales del lote.

El hecho de que la presente invención puede tener la ventaja de que se puede emplear una corriente de combustión que entra, que tiene una temperatura más alta que la de la práctica anterior, para calentar material de fabricación de vidrio que se suministra, significa también que la temperatura del producto de combustión enfriado que sale de la unidad 7 de transferencia de calor, todavía está a una temperatura suficientemente alta, de manera que esta corriente se puede usar para un intercambio de calor convencional. Por ejemplo, la corriente del producto de combustión 6 se puede suministrar a un intercambiador de calor convencional que intercambia calor de una corriente de producto de combustión que tiene una temperatura del orden de 530°C o menos, mediante intercambio de calor por convección, con material para fabricar vidrio que entra, con un oxidante o combustible a quemar posteriormente en el horno de fusión de vidrio, o con otro material gaseoso, líquido o sólido. Como otra realización ventajosa, el material para producir vidrio que se suministra como corriente 9 puede haber sido calentado ya, por ejemplo, por paso a través de una unidad convencional de intercambio de calor convectivo, antes de suministrarlo como corriente 9 a la unidad de intercambio de calor descrita aquí. El intercambio de calor puede ser con productos de combustión enfriados pero que todavía conservan calor, o con una corriente de otro material caliente.

La corriente de productos de combustión enfriados que sale de la unidad 7 de intercambio de calor, o de un intercambiador de calor posterior, se puede someter a etapas de tratamiento si se desea o es necesario antes de descargar la corriente a la atmósfera o se emplea como etapa de procesamiento químico. Por ejemplo, la corriente puede hacerse pasar a través de un precipitador electrostático o aparato equivalente para eliminar partículas finas contaminantes. La corriente se puede tratar para eliminar contaminantes atmosféricos gaseosos tales como óxidos de azufre, como puede ser por contacto de la corriente con un absorbente o reactante adecuado tal como Ca(OH)_2 o carbonato sódico.

En el siguiente ejemplo se describe un conjunto muestra basado en un conjunto hipotético de condiciones operativas que se podrían encontrar en una operación real de fabricación de vidrio.

35 Ejemplo

Un horno de fusión de vidrio con recipiente pétreo de 450 ton cortas por día se equipa con un precalentador radiactivo de lote/chatarra de vidrio y un precalentador de lote/chatarra de vidrio convencional de baja temperatura, instalado en serie. El horno se alimenta con 1.330,9 m³/h de gas natural y 2.973,29 m³/h de oxígeno comercial (92% de O₂, 4% de Ar). El caudal total de gas agotado de salida es de aproximadamente 5.436,86 m³, que incluye los gases generados de los materiales de lote del recipiente normal y algo de aire infiltrado. La temperatura del gas exhausto al dejar el horno de fusión es de 1371°C. Primeramente se seca y se calienta a 158°C en el precalentador convencional de baja temperatura de lote chatarra de vidrio una mezcla no calentada de lote/chatarra de vidrio (50/50). En las patentes U.S. n° 5.412.882 y n° 5.526.580 se describe un precalentador radiactivo de baja temperatura adecuado de lote/chatarra. Está en el gas exhausto enfriado del precalentador radiactivo de lote/chatarra de vidrio. La mezcla precalentada de lote/chatarra de vidrio del precalentador de lote/chatarra convencional de baja temperatura se introduce en el precalentador radiactivo de lote/chatarra de vidrio de la presente invención y se calienta más a 565,6°C por intercambio de calor con gas exhausto del horno de vidrio que se introduce a través de un conducto forrado con refractario en el centro del fondo del precalentador radiactivo de lote/chatarra en contracorriente. La temperatura del gas en la boquilla 14 es de aproximadamente 1274° debido a la infiltración de 283,17 m³/h de aire frío y a pérdidas de calor de la pared de 146,55 kW después de la salida del gas circulante del horno. En el precalentador radiactivo de lote/chatarra de vidrio se requieren 2110,32 kW de energía para precalentar el lote y la chatarra desde aproximadamente 158°C a 565,6°C. Cálculos aproximados de transferencia de calor radiactivo muestran que por radiación de gas en la vía de paso 11 se puede obtener una media de aproximadamente 19,95 W/m² a la barrera. Así, el área de la superficie total de transferencia de calor requerida de la barrera 13 es de aproximadamente 108,1 m². Las temperaturas medias de gas y de la superficie de barrera pueden cambiar de 960°C y 732,2°C en el extremo caliente a 537,8°C y 371°C en el extremo frío. Por ejemplo, se pueden construir y ensayar las dimensiones aproximadas de una vía de paso rectangular de 7,6 m W x 3,1 m (10') D x 5,06 m (16,6 ')H. Debido a los ratios de aspecto pequeños de la gran vía de paso

5 rectangular 11 de este ejemplo, la distribución de temperatura de gas real a lo largo de la altura del precalentador puede ser más uniforme, por ejemplo, de 871,1°C en el extremo caliente y 593,3°C en el extremo frío, y dar por resultado una transferencia de calor más baja. Al aumentar la altura mientras que se mantiene la misma superficie total, por ejemplo, en las dimensiones de 3,1 m (10') W x 3,1 m (10') D x 8,87 m (29,1) 'H, la distribución de temperatura de barrera a lo largo de la altura se puede hacer más próxima a las condiciones de diseño deseadas. La determinación final más totalmente optimizada de las dimensiones óptimas preferiblemente se obtiene luego por cálculos detallados de transferencia de calor radiactivo usando un modelo matemático tridimensional y/o experimentos a escala piloto.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fusión de vidrio que comprende:

(A) hacer pasar material calentado para producir vidrio (8) a un horno de fusión de vidrio (3);

5 (B) quemar combustible para combustión (1) con oxidante (2) que tiene un contenido global medio de oxígeno de como mínimo 35% en volumen de oxígeno para producir calor para fundir el mencionado material para producir vidrio calentado en el mencionado horno de fusión de vidrio y producir productos de combustión (5) calientes que tienen una temperatura superior a 982,2°C;

10 (C) extraer los mencionados productos de combustión calientes del mencionado horno de fusión de vidrio y suministrar los mencionados productos de combustión calientes a como mínimo una primera vía de paso (11) o una unidad (7) de intercambio de calor en los que la temperatura de los mencionados productos de combustión que entran en al menos una primera vía de paso es de como mínimo 982,2°C;

(D) conducir los mencionados gases de combustión calientes a través de y a la salida de la mencionada al menos primera vía de paso;

15 (E) suministrar material para producir vidrio (9) a y a través de una segunda vía de paso (12) de la mencionada unidad de intercambio de calor, separada de al menos una primera vía de paso por un barrera (13) por la que no pueden pasar el mencionado material para producir vidrio y los mencionados productos de combustión calientes, y a través de los cuales pasa calor de los mencionados productos de combustión calientes al mencionado material para producir vidrio formando el mencionado material para producir vidrio calentado, con la al menos una segunda vía de paso que rodea la al menos primera vía de paso; y

20 (F) mantener, seleccionando la geometría de la(s) primera(s) vía(s) de paso el área de la superficie total de intercambio de calor de la barrera y la distancia de como mínimo una boquilla de entrada (14) de los productos de combustión calientes en la al menos una primera vía de paso de la barrera, suficiente para que la temperatura de la superficie de la mencionada barrera que está en contacto con el mencionado material para producir vidrio no exceda de 871,1°C y que la temperatura del mencionado material para producir vidrio no alcance o exceda la temperatura a la que el material para producir vidrio se vuelve adherente, en el que, cuando 250 gramos de material para producir vidrio, que está en forma de polvo que se desliza libremente a temperatura ambiente se calienta a la mencionada temperatura, a la que el material para producir vidrio es adherente, en un recipiente de metal hecho del mismo material que la barrera, que el material ha de pasar al fluir y se mantiene a esa mencionada temperatura durante 30 minutos, y luego se invierte el recipiente, al menos 1% del material se adhiere a la superficie del recipiente; y en el que la temperatura mencionada es la temperatura más baja a la que se satisface esta condición.

30

2. Un procedimiento de fusión de vidrio que comprende:

(A) hacer pasar material calentado para producir vidrio (8) a un horno de fusión de vidrio (3);

35 (B) quemar combustible para combustión (1) con oxidante (2) que tiene un contenido global medio de oxígeno de como mínimo 35% en volumen de oxígeno para producir calor para fundir el mencionado material para producir vidrio calentado en el mencionado horno de fusión de vidrio y producir productos de combustión (5) calientes que tienen una temperatura superior a 982,2°C;

40 (C) extraer los mencionados productos de combustión calientes del mencionado horno de fusión de vidrio y suministrar los mencionados productos de combustión calientes a como mínimo una primera vía de paso (12) de una unidad (7) de intercambio de calor en los que la temperatura de los mencionados productos de combustión que entran en al menos una primera vía de paso es de como mínimo 982,2°C;

(D) conducir los mencionados gases de combustión calientes a través de y a la salida de la mencionada al menos primera vía de paso;

45 (E) suministrar material para producir vidrio (9) a y a través de una segunda vía de paso (11) de la mencionada unidad de intercambio de calor, separada de al menos una primera vía de paso por un barrera (13) por la que no pueden pasar el mencionado material para producir vidrio y los mencionados productos de combustión calientes, y a través de los cuales pasa calor de los mencionados productos de combustión calientes al mencionado material para producir vidrio formando el mencionado material para producir vidrio calentado, con la al menos una primera vía de paso que rodea la al menos segunda vía de paso; y

50 (F) mantener, seleccionando la geometría de la(s) segunda(s) vía(s) de paso, el área de la superficie total de intercambio de calor de la barrera y la distancia de como mínimo una boquilla de entrada (14) de los productos de combustión calientes en la al menos una primera vía de paso de la barrera, el caudal de calor de los productos de combustión calientes en la mencionada al menos una primera vía de paso a la barrera que está en contacto el

- 5 mencionado material para producir vidrio no exceda de 871,1°C y que la temperatura del mencionado material para producir vidrio no alcance o exceda la temperatura a la que el material para producir vidrio se vuelve adherente, en el que, cuando 250 gramos de material para producir vidrio, que está en forma de polvo que se desliza libremente a temperatura ambiente, se calienta a la temperatura mencionada, a la que el material de producción de vidrio se vuelve adherente, en un recipiente de metal hecho del mismo material que la barrera, que el material ha de pasar al fluir y se mantiene a esa temperatura durante 30 minutos, y luego se invierte el recipiente, al menos 1% del material se adhiere a la superficie del recipiente; y en el que la temperatura mencionada es la temperatura más baja a la que se satisface esta condición.
- 10 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en la etapa (F) el caudal de calor de los productos de combustión calientes (5) en las mencionadas primeras vías de paso (11, 12) a la mencionada barrera (13) es suficiente para que la temperatura de la superficie de la mencionada barrera que está en contacto con el mencionado material para producir vidrio (9) no exceda de 760°C y que la temperatura del mencionado material para producir vidrio no exceda de 648,9°C.
- 15 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en la etapa (F) el caudal de calor de los productos de combustión calientes (5) en las mencionadas primeras vías de paso (11, 12) a la mencionada barrera (13) es suficiente para que la temperatura de la superficie de la mencionada barrera que está en contacto con el mencionado material para producir vidrio (9) no exceda de 648,9°C y que la temperatura del mencionado material para producir vidrio no exceda de 537,8°C.
- 20 5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los productos de combustión calientes (5) suministrados en la etapa (D) tienen una temperatura de como mínimo 1093,3°C.
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el oxidante quemado en la etapa (B) tiene un contenido global medio de como mínimo 50% en oxígeno.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el oxidante quemado en la etapa (B) tiene un contenido global medio de como mínimo 90% en oxígeno.
- 25 8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 en el que una porción del calor que fluye de los mencionados productos de combustión calientes (5) a la mencionada barrera (13) es absorbida en una pared sombra (15) en la(s) mencionada(s) primera(s) vía(s) de paso (12) y reduce la transferencia de calor radiactivo directo de los mencionados productos de combustión calientes a la mencionada barrera, en el que la pared sombra está hecha de un material refractario que puede resistir la temperatura de los productos de combustión calientes que entran y tiene aberturas de paso parcial a través para sólo flujo de calor radiactivo de los productos de combustión calientes hacia la barrera, reduciendo así el caudal de calor radiactivo de manera controlada.
- 30 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que el mencionado material para producir vidrio (9) pasa a través de la(s) mencionada(s) segunda(s) vía(s) de paso (12, 11) en corriente concurrente con el paso de los mencionados productos de combustión calientes (5) por la(s) mencionada(s) primera(s) vías de paso (11, 12).
- 35 10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que el mencionado material para producir vidrio (9) pasa a través de la(s) mencionada(s) segunda(s) vía(s) de paso (12, 11) en contracorriente con el paso de los mencionados productos de combustión calientes (5) por la(s) mencionada(s) primera(s) vías de paso (11, 12).
- 40 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que, antes de haber suministrado el mencionado material para producir vidrio (9) a la(s) mencionada(s) segunda(s) vía(s) de paso (12,11), se calienta en una segunda unidad de intercambio de calor por intercambio de calor indirecto.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que los mencionados productos de combustión (6), después de salir de la(s) mencionada(s) primera(s) vía(s) de paso (11, 12) se enfrían en una segunda unidad de intercambio de calor por intercambio de calor indirecto.
- 45 13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que, antes de haber suministrado el mencionado material para producir vidrio (9) a la(s) mencionada(s) segunda(s) vía(s) de paso (12,11), se calienta en una segunda unidad de intercambio de calor por intercambio de calor indirecto con los mencionados productos de combustión (6) que han salido de las mencionadas primeras vías de paso (11, 12) .
- 50 14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el que al menos una corriente de gas exhausto es extraída de la(s) mencionada(s) segunda(s) vía(s) de paso (12,11) y suministrada a la(s) mencionada(s) primera(s) vía(s) de paso (12,11).
- 55 15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que hay de 2 a 10 de las primeras vías de paso (11,12) y al menos dos de las segundas vías de paso (12,11) y el que en la etapa (C) los mencionados productos de combustión calientes (5) se suministran a cada uno de las de 2 a 10 primeras vías de pas

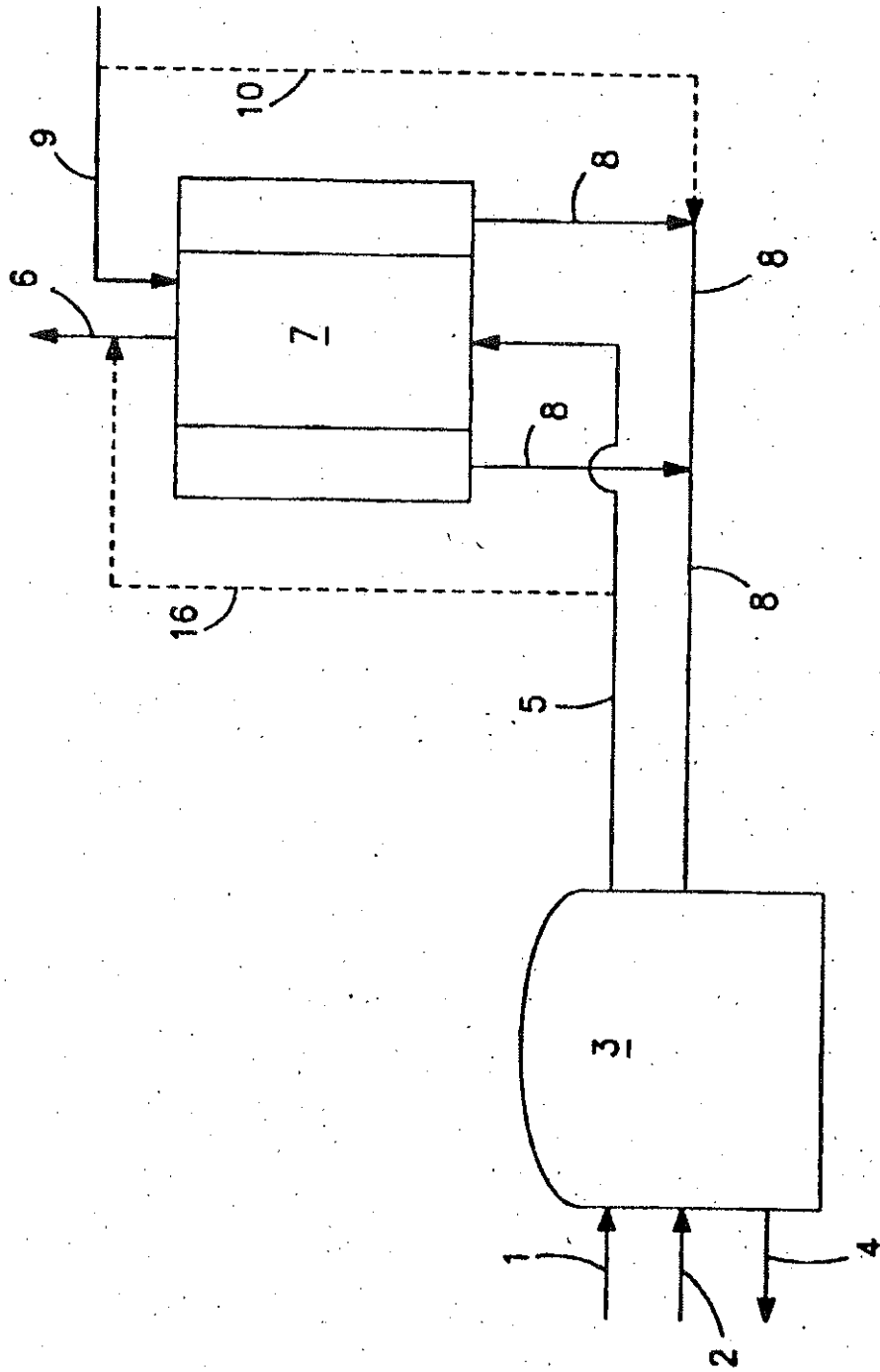


FIG. 1

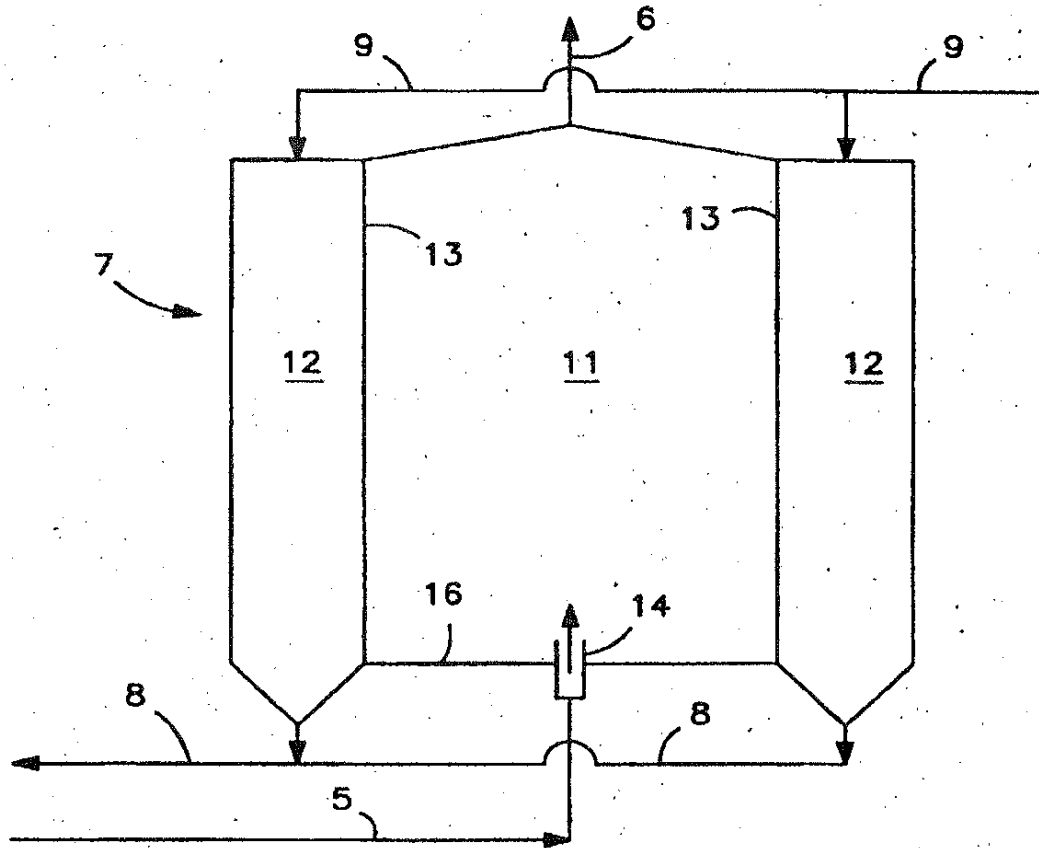


FIG. 2

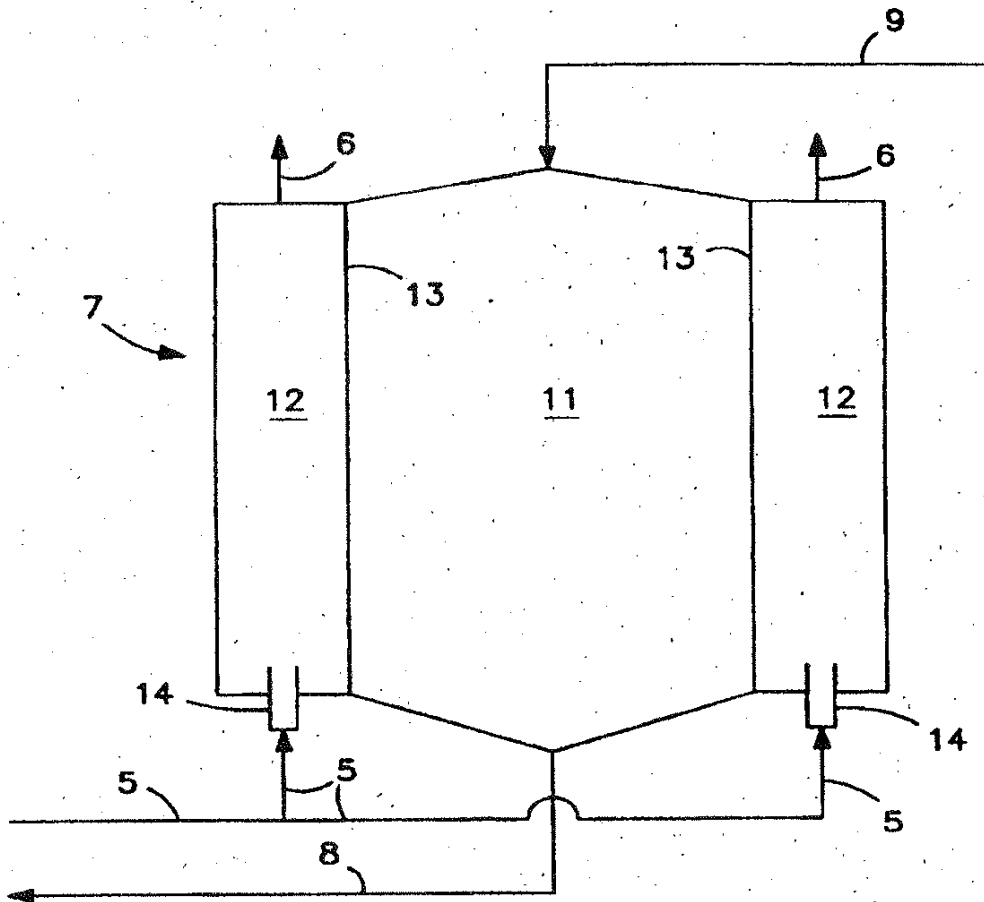


FIG. 3

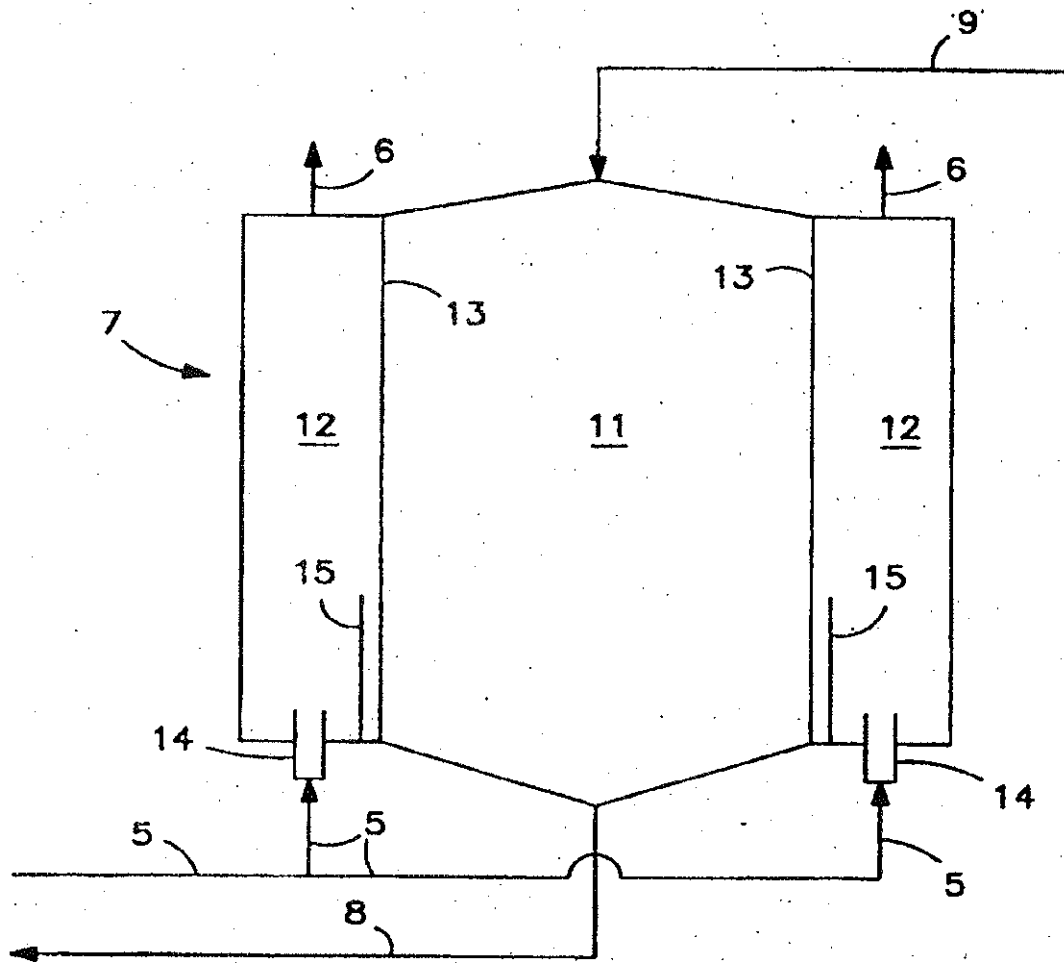


FIG. 4

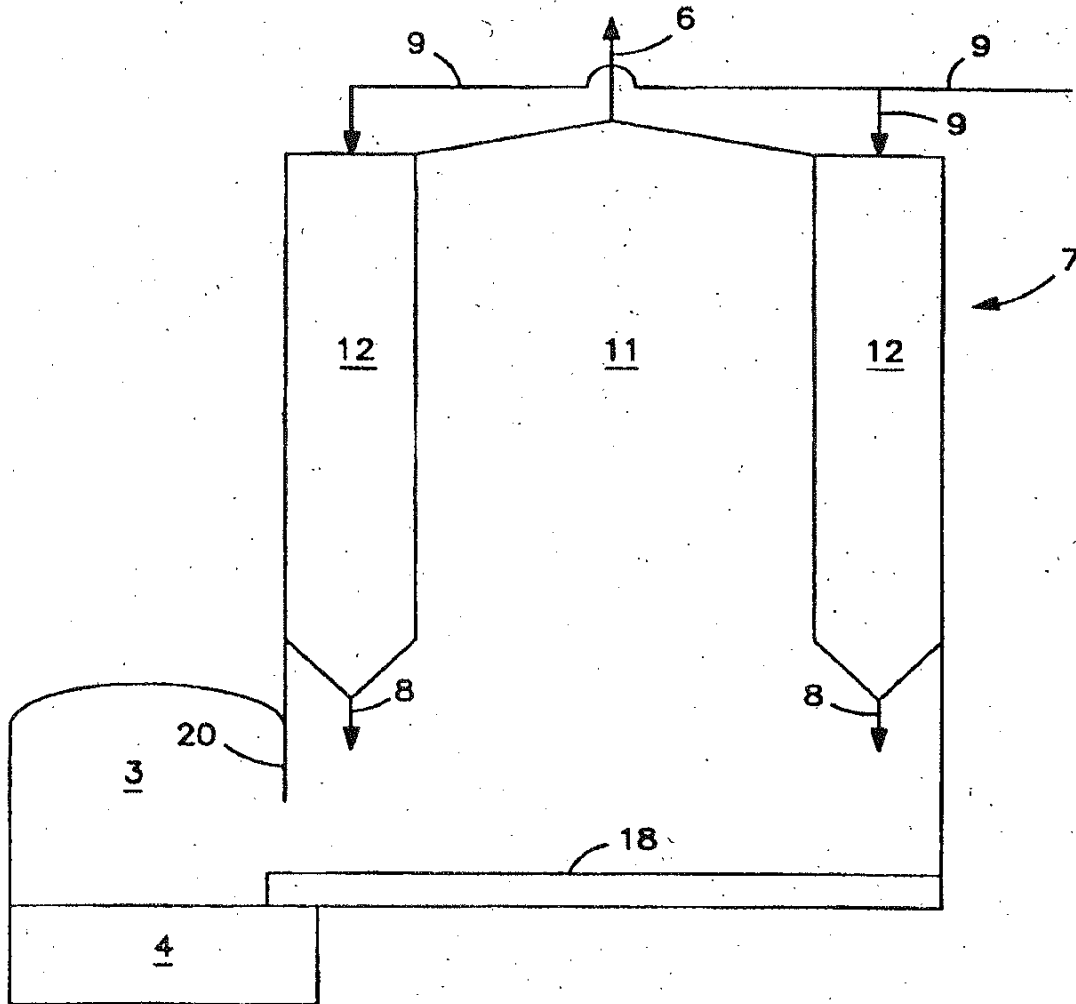


FIG. 5

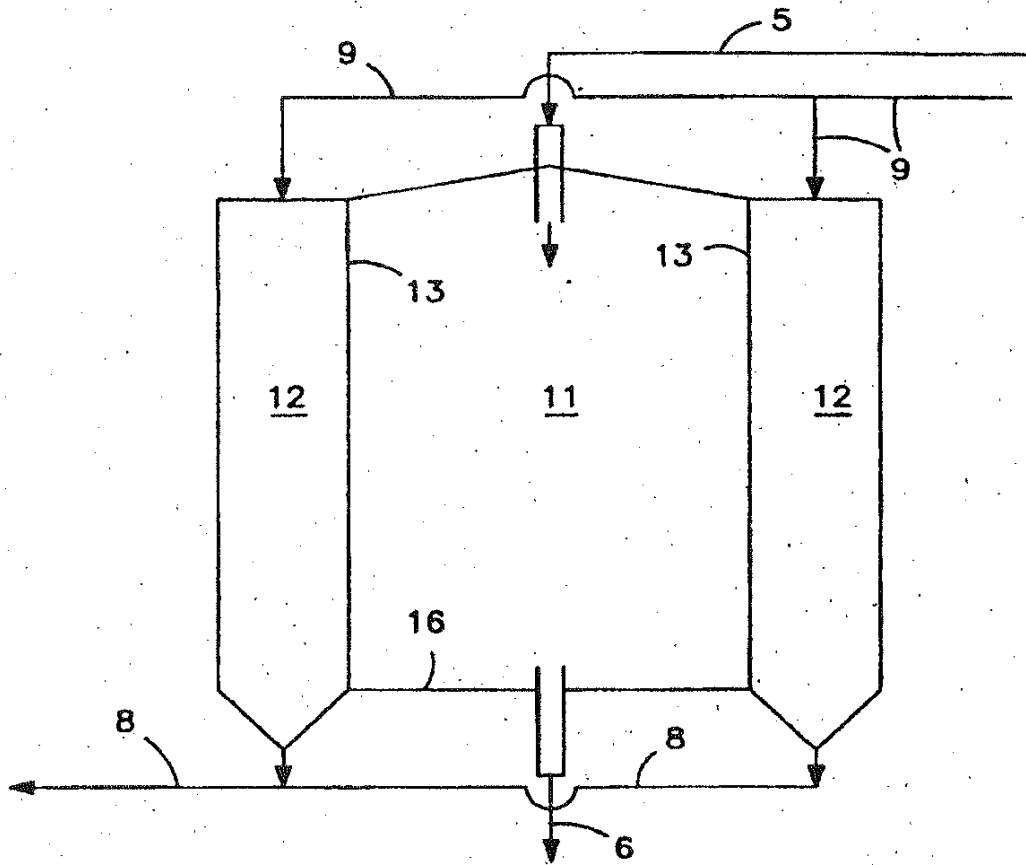


FIG. 6

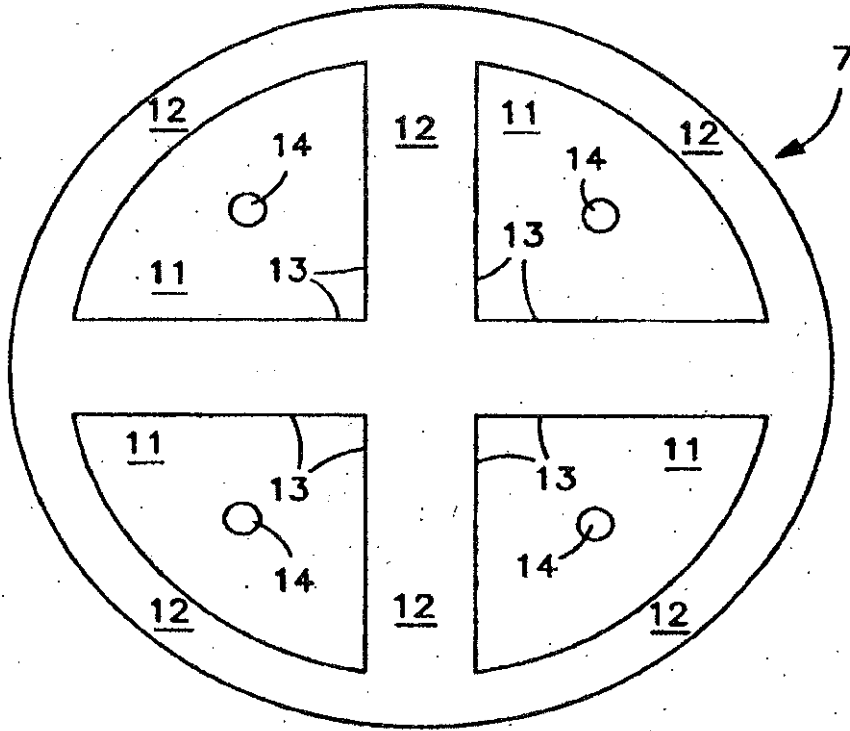


FIG. 7