

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 949 841**

51 Int. Cl.:

C03B 5/237 (2006.01)

C01B 3/46 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2016** **PCT/US2016/067778**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017** **WO17112671**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2016** **E 16823136 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2023** **EP 3393986**

54 Título: **HORNO DE VIDRIO CON RITMO DE PRODUCCIÓN MEJORADO**

30 Prioridad:

23.12.2015 US 201562387125 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.10.2023

73 Titular/es:

PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
10 Riverview Drive
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:

KOBAYASHI, HISASHI

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 949 841 T3

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

DESCRIPCIÓN

Horno de vidrio con ritmo de producción mejorado

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos industriales en los que se hace funcionar un horno cerrado a temperatura elevada. La presente invención se refiere especialmente a hornos para producir vidrio.

10 Antecedentes de la invención

El vidrio se produce habitualmente fundiendo materiales de fabricación de vidrio, por los que se entiende materias primas tales como arena, piedra caliza y ceniza de sosa (denominado "hornada"), y trozos reciclados de vidrio (denominado "chatarra de vidrio"), en un horno. Los materiales de fabricación de vidrio se alimentan de forma típica en o cerca de un extremo del horno (la "pared posterior") para producir una corriente uniforme de vidrio fundido que puede procesarse adicionalmente, por ejemplo, mediante la eliminación de gases disueltos y burbujas ("refinado"), y el vidrio fundido sale del horno (de forma típica de la "pared frontal") para formarse y enfriarse corriente abajo del horno en productos sólidos.

La fusión de los materiales de fabricación de vidrio requiere establecer temperaturas elevadas en el horno, fundir materiales de fabricación de vidrio sólidos y mantener los materiales de fabricación de vidrio fundidos en estado fundido en el horno y a medida que atraviesan y salen del horno. La temperatura elevada se establece de forma típica quemando combustible en una pluralidad de quemadores dentro del horno. El combustible puede quemarse con aire como fuente de oxígeno, o en lo que se denomina combustión de "oxicombustible", el combustible puede ser con un oxidante gaseoso que tiene un contenido de oxígeno mayor que el del aire, como se describe en la presente memoria.

En un horno de fusión de vidrio, la temperatura de la corona mostrará de forma típica un pico en una localización en la corona (el "punto caliente") que habitualmente dicta la capacidad operativa máxima del horno para producir vidrio, ya que el ritmo de producción máxima del horno está de forma típica limitada por la temperatura máxima utilizable del refractario de la corona. Los intentos de aumentar la producción de un horno de fundición de vidrio fundiendo más vidrio, es decir, cargando más hornada y materiales de chatarra de vidrio al horno de vidrio, se cree que requieren aumentar la entrada de combustible al horno para proporcionar el calor adicional necesario y mantener un perfil de temperatura adecuado en el baño de vidrio fundido. Sin embargo, a medida que aumenta la entrada de combustible para producir más vidrio, la temperatura de la corona aumentará. Esta no es una solución práctica porque al aumentar la combustión aumentará el punto caliente de la corona y porque cuando la temperatura del punto caliente de la corona ya está en, o cerca del, máximo que puede ser tolerado por la corona, la velocidad de calentamiento no puede aumentarse más cerca del punto caliente sin arriesgarse a dañar la corona. Para aumentar el ritmo de producción sin aumentar la temperatura en el punto caliente, a veces se utilizan otros métodos como el refuerzo eléctrico (calentamiento eléctrico directo de vidrio fundido por electrodos sumergidos) y el precalentamiento de la hornada y de la chatarra de vidrio. Estos métodos, sin embargo, entrañan elevados costes de capital y elevados costes operativos.

En los hornos calentados por oxicombustible y los hornos calentados por combustible y aire, la abertura de escape está situada de forma típica en la pared posterior o en la pared lateral cerca de la pared posterior, es decir, en la región relativamente más fría del horno. El motivo para situar la abertura de escape en la región más fría del horno es minimizar la apreciable pérdida de calor del gas de combustión que sale del horno. Podría esperarse que quemadores adicionales de airecombustible o de oxicombustible pudieran estar situados en esa zona para proporcionar el calor adicional que se requiere para fundir material adicional de fabricación de vidrio que se introduce al horno. Sin embargo, los presentes inventores han descubierto que cuando la velocidad de calentamiento en la zona de alimentación aumenta con la combustión de aire-combustible o combustión de oxicombustible, la temperatura del gas de combustión que sale del horno aumenta considerablemente y el consumo de energía para producir vidrio fundido aumenta considerablemente. Además, se esperaría que el flujo de calor de tales quemadores añadidos aumentara la temperatura en otras regiones del horno, incluido en el "punto caliente" de la corona debido a los intercambios de calor por radiación que tienen lugar dentro del horno. Para mantener la temperatura del punto caliente por debajo del límite de seguridad, debe reducirse la velocidad de calentamiento cerca del punto caliente. Debe compensarse una reducción de la velocidad de calentamiento cerca del punto caliente aumentando la velocidad de calentamiento en la zona de alimentación, lo que eleva aún más la temperatura del gas de combustión. Además, se cree de forma general que el perfil de temperatura de corona longitudinal adecuado es esencial para producir vidrio de buena calidad y se considera hasta ahora que el aumento de la temperatura de la zona de carga sin aumentar la temperatura del punto caliente afecta negativamente a la calidad del vidrio.

Por lo tanto, es de esperar que proporcionar quemadores en la zona del horno de fusión de vidrio cerca de la pared posterior, en la que se alimenta el material de fabricación de vidrio, no sea una opción práctica para aumentar la capacidad de fabricación de vidrio del horno.

El artículo "Optimelt regenerative thermo-chemical heat recovery for oxy-fuel glass horns" de A. Gonzalez y col. 75th Conference on Glass Problems, Columbus, Ohio, Nov. 3-6, p. 113-120, se refiere a un método para producir vidrio fundido en un horno de vidrio sin crisoles calentado por un extremo que incluye el uso alternante de regeneradores para precalentar y enfriar el gas de combustión, donde parte del gas de combustión se recicla de nuevo a la parte inferior del regenerador precalentado, se mezcla con combustible y se hace reaccionar de forma endotérmica para producir gas de síntesis. El documento US 6.210.157 B1 se refiere a un método similar, en el que se utiliza refinado de oxcombustible, sin embargo, sin reciclar el gas de combustión. El documento US 6.113.874 se refiere a un método similar que incluye el refinado de oxcombustible y el reciclado del gas de combustión.

Breve resumen de la invención

Los presentes inventores han descubierto que, contrariamente a lo que se esperaba, puede proporcionarse combustión en la zona cercana a la pared posterior del horno sin aumentar la temperatura del punto caliente de la corona del horno, y permitiendo una mayor producción de vidrio de buena calidad del horno.

Este descubrimiento es un método para producir vidrio fundido como se define en la reivindicación 1.

En las realizaciones anteriores, la combustión se lleva a cabo preferiblemente en condiciones en donde la combustión en el horno del gas de síntesis desde el primer y segundo regeneradores mantiene la temperatura de la corona en la zona de alimentación dentro de un intervalo de 75 C, y más preferiblemente de 50 C, con respecto a la temperatura más alta de la corona en el horno fuera de la zona de alimentación.

En otras realizaciones preferidas, los orificios del regenerador termoquímico están situados en la pared posterior y la longitud de la llama visible es menor que dos tercios, o incluso menor que la mitad, de la longitud longitudinal del horno.

Como se utiliza en la presente memoria, "materiales de fabricación de vidrio" comprenden cualquiera de los siguientes materiales, y mezclas de los mismos: arena (principalmente SiO_2), ceniza de sosa (principalmente Na_2CO_3), piedra caliza (principalmente CaCO_3 y MgCO_3), feldespato, bórax (borato de sodio hidratado), otros óxidos, hidróxidos y/o silicatos de sodio y potasio, materiales que también se denominan "hornada", y vidrio (tal como trozos sólidos reciclados de vidrio) producidos previamente por fusión y solidificación de cualquiera de los anteriores, que también se denomina "chatarra de vidrio". Los materiales de fabricación de vidrio también pueden incluir aditivos funcionales tales como oxidantes de hornada tales como torta de sal (sulfato de sodio, Na_2SO_4) y/o nitrato (nitrato de sodio, NaNO_3 , y/o nitrato de potasio, KNO_3), y agentes de desgasificación tales como óxidos de antimonio (Sb_2O_3).

Como se utiliza en la presente memoria, "quemador de oxcombustible" significa un quemador a través del cual se alimentan combustible y oxidante que tienen un contenido de oxígeno mayor que el contenido de oxígeno del aire, y que tiene preferiblemente un contenido de oxígeno de al menos 50 por ciento en volumen y preferiblemente al menos 80 % en volumen de oxígeno, más preferiblemente al menos 90 % en volumen de oxígeno, e incluso al menos 99 % en volumen de oxígeno.

Como se utiliza en la presente memoria, "combustión de oxcombustible" significa la combustión de combustible con oxidante que tiene un contenido de oxígeno mayor que el contenido de oxígeno del aire, y que tiene preferiblemente un contenido de oxígeno de al menos 50 por ciento en volumen y preferiblemente al menos 80 % en volumen de oxígeno, más preferiblemente al menos 90 % en volumen de oxígeno, e incluso al menos 99 % en volumen de oxígeno.

Como se utiliza en la presente memoria, "quemador de aire-combustible" significa un quemador a través del cual se alimentan combustible y aire e incluye un sistema de combustión de aire regenerativo que precalienta el aire de combustión en regeneradores.

Como se utiliza en la presente memoria, "combustión de aire-combustible" significa combustión de combustible con aire.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A, 1B, 1C, 1D y 1E son vistas superiores de cinco realizaciones distintas del interior de un horno de vidrio con las que puede ponerse en práctica la presente invención.

La Fig. 2 es una vista superior del interior de una realización de un horno de vidrio con regeneradores termoquímicos en una configuración de calentamiento por extremo, que muestra detalles adicionales con los que puede ponerse en práctica la regeneración termoquímica.

Las Figuras 3-4 son representaciones esquemáticas de distintos aspectos del proceso de la presente invención para poner en práctica el regenerador termoquímico y la operación de recuperación de calor.

La Fig. 5 es una representación esquemática de una realización alternativa de un horno de vidrio con regeneradores termoquímicos en una configuración de calentamiento por extremo, que muestra detalles adicionales con los que puede ponerse en práctica la realización alternativa.

5 Descripción detallada de la invención

Volviendo en primer lugar al propio horno de fabricación de vidrio, la Fig. 1A muestra una vista en planta superior de un horno (10) de vidrio flotado de calentamiento cruzado típico, con el que se puede poner en práctica la presente invención. La presente invención no se limita a hornos de vidrio flotado, y puede ponerse en práctica en otros tipos de fabricación de hornos de fusión de vidrio, por ejemplo, vidrios de mesa, vidrios de lámina, vidrios de pantalla y vidrios de recipiente. El horno (10) incluye una zona (11) de fusión y una zona (12) de refinado (también denominada en la presente memoria zona (12) de desgasificación). La zona (11) de fusión y la zona (12) de refinado están encerradas dentro de la pared posterior (3), la pared frontal (6) y las paredes laterales (4) y (5). Una corona o techo (no representado) se conecta a las paredes laterales (4) y (5), a la pared posterior (3) y a la pared frontal (6). El horno (10) también tiene un fondo que junto con la pared posterior (3), las paredes laterales (4) y (5), y la pared frontal (6) y la corona o techo, forman el recinto que contiene los materiales de fabricación de vidrio fundido. El flujo de materiales de fabricación de vidrio fundido fuera de una abertura en el horno (10) se representa como (90).

El horno (10) también tiene al menos una entrada de carga de material (20), de forma típica a lo largo de la superficie interior de la pared posterior (3) o en las paredes laterales (4) y/o (5) cerca de la pared posterior (3) para otros tipos de hornos de vidrio, a través de las cuales el material (30) de fabricación de vidrio puede alimentarse a la zona (11) de fusión como se ve en la Fig. 2. Más específicamente, el material de fabricación de vidrio se alimenta a la zona (13) de alimentación que se considera que forma parte de la zona (11) de fusión y que se extiende desde la pared posterior (3) hasta 30 % de la longitud de la pared posterior (3) a la pared frontal (6). También puede haber una o más chimeneas (19) a través de las cuales los productos de la combustión de combustible y oxígeno dentro de la zona (11) de fusión pueden fluir fuera del interior del horno. La o las chimeneas están situadas de forma típica en la pared posterior (3), o en una o ambas paredes laterales.

El fondo, la pared posterior, la pared frontal, los lados y la corona del horno deben estar hechos de material refractario que pueda retener su integridad estructural sólida a las temperaturas a las que se expondrá, es decir, de forma típica de 1300 °C a 1700 °C. Tales materiales son ampliamente conocidos en el campo de la construcción de aparatos de alta temperatura. Ejemplos incluyen sílice, alúmina fundida y AZS.

En las realizaciones mostradas en las Figuras 1C y 1D, la zona (11) de fusión no tiene ningún quemador u opcionalmente como se muestra en las Figuras 1A y 1B, la zona (11) de fusión incluye uno o más pares de quemadores de aire-combustible y/o quemadores de oxicomcombustible opuestos, que pueden ser aberturas regeneradoras, con al menos un quemador en cada una de las paredes laterales (4) y (5). Por "opuesto" se entiende que en un par dado de quemadores o aberturas regeneradoras, hay una abertura en cada pared lateral, enfrentadas entre sí y ambas orientadas al interior de la zona (11) de fusión. Las aberturas opuestas pueden ser esencialmente coaxiales, es decir, están enfrentadas directamente entre sí, o pueden estar desplazadas, donde el eje de cada abertura en una pared lateral no es coaxial con el eje de ninguna abertura en la pared lateral opuesta, como se muestra en el ejemplo en la Fig. 1A.

Cuando se instalan quemadores opcionales en la zona (11) de fusión, la combustión se produce en la zona (11) de fusión como combustible, tal como gas natural o fueloil, inyectado en, o cerca de, los lugares donde estas aberturas se abren en la zona (11) de fusión, se mezcla con aire de combustión caliente u oxidante para formar una llama y para generar calor en la zona de fusión para fundir el material de fabricación de vidrio y mantener el material de fabricación de vidrio en el estado fundido. La combustión puede ocurrir simultáneamente en todas las aberturas, o como en el caso de los quemadores regenerativos, la combustión puede ocurrir alternativamente en algunas aberturas y luego en algunas otras aberturas. Las Figuras 1A y 1B muestran tres pares opcionales de aberturas; las aberturas en un lado de la zona de fusión están numeradas 1L, 2L y 3L y las aberturas en el otro lado de la zona de fusión están numeradas 1R, 2R y 3R. Puede emplearse cualquier número de aberturas o quemadores, de 2 a 10 o incluso hasta 20 o más, dependiendo de la capacidad de fusión de vidrio deseada del horno.

La eliminación de burbujas de gas del vidrio fundido es un requisito esencial en el horno de fusión de vidrio para producir vidrio de buena calidad. El vidrio fundido debe permanecer en el horno durante un tiempo suficiente para permitir que las burbujas de gas salgan del vidrio por flotación, un proceso conocido como refinado. En un horno de fusión de vidrio, la condición operativa del horno se controla de forma típica monitorizando termopares de corona y termopares de fondo de tanque. Un horno de vidrio de envases del estado de la técnica con elevado ritmo de producción, que emplea una técnica de funcionamiento ya conocida que no incorpora la presente invención, puede funcionar a una temperatura de corona de punto caliente de 1550 a 1600 C situada a aproximadamente a entre dos tercios y tres cuartos de la longitud longitudinal del horno desde la pared posterior. Los materiales de hornada se cargan cerca de la pared posterior y la temperatura de la corona cerca de la pared posterior puede funcionar de 100 a 200 C por debajo de la temperatura del punto caliente o de forma típica de aproximadamente 1400 a 1450 C. La temperatura de corona en la zona (12) de refinado cerca de la pared frontal puede estar aproximadamente 50 C por debajo de la temperatura del punto caliente. Los materiales de hornada alimentados desde el cargador (20) de

hornada (Fig. 2) flotan sobre el baño de vidrio fundido como “islas” discretas y se mueven hacia la pared frontal a medida que se calientan y son fundidos por las llamas en la zona (11) de fusión. El vidrio fundido debajo de las islas de la hornada flotante fluye hacia la pared posterior desde el punto caliente del horno. El equilibrio de las islas de hornada que se mueven hacia delante y el vidrio fundido que se mueve hacia atrás por debajo forma una denominada “línea de hornada” que divide la zona (11) de fusión de la zona (12) de refinado y está situada de forma típica cerca del punto caliente. En la zona (12) de refinado no flotan islas de hornada sobre el vidrio fundido para asegurar una buena calidad del vidrio. Dado que se sabe que el patrón de circulación longitudinal del vidrio fundido es impulsado por el gradiente de temperatura del vidrio fundido, mantener un perfil de temperatura de corona longitudinal adecuado generalmente se considera esencial para producir vidrio de buena calidad. Es importante mantener la línea de hornada dentro de una determinada localización longitudinal del horno. Por ejemplo,

las patentes US-4.473.388 y US-5.116.399 describen el uso de llamas de oxcombustible dirigidas a, o cerca de, la línea de hornada para mantener la localización de la línea de hornada. Sin embargo, la línea de hornada está situada de forma típica cerca del punto caliente del horno y el calentamiento de más combustible cerca del punto caliente aumentará la temperatura de la corona. Por lo tanto, no es posible utilizar un método de este tipo si el horno ya funciona a la temperatura máxima de corona de punto caliente. Dado que la temperatura en la zona cubierta en gran parte por hornada del horno, es decir, la zona (13) de alimentación, es mucho más fría que la temperatura de corona del punto caliente, es posible aumentar la velocidad de calentamiento de combustible en esta zona sin exceder el límite refractario máximo de temperatura de la corona en esta zona. Sin embargo, se considera generalmente que el aumento de la temperatura de la zona (13) de alimentación debilita el flujo de recirculación retrógrado del vidrio fundido y que afecta negativamente a la calidad del vidrio. Además, aumentar la zona de calentamiento de combustible en la zona de alimentación aumenta la temperatura del gas de combustión en la abertura de gas de combustión situada en la zona de alimentación, aumentando la pérdida apreciable de calor.

En las Figuras 1A, 1B, 1C, 1D y 1E, (100) y (200) designan regeneradores y (101) y (102) designan aberturas que están conectadas al horno (10) que se utilizan en el regenerador termoquímico y en la operación de recuperación y reutilización de calor (“TCR”) descrita en la presente memoria. Como se muestra en las Figuras 1A y 1C, los regeneradores (100) y (200) pueden estar situados de modo que uno esté en cada pared lateral. En tales configuraciones, cada uno de dichos regeneradores se abre en la zona (13) de alimentación, y no hay un quemador de aire-combustible o abertura de regenerador entre la pared posterior (3) y cualquiera de los regeneradores (100) y (200). Opcionalmente, pueden haber presentes quemadores de oxcombustible en las paredes laterales entre los regeneradores (100) y (200) y la pared posterior. La Fig. 1E muestra una realización de este tipo, en donde el quemador de oxcombustible (F1) está entre el regenerador (100) y la pared posterior, y el quemador de oxcombustible (F2) está entre el regenerador (200) y la pared posterior. Como se muestra en las Figuras 1B y 1D, los regeneradores (100) y (200) pueden estar situados de forma que ambos estén en la pared posterior (3).

La Fig. 2 ilustra con más detalle la realización conocida como la configuración de calentamiento de abertura de extremo en la que los regeneradores (100) y (200) utilizados en la operación de TCR están situados en la pared posterior (3). El funcionamiento se describe con más detalle con referencia a las Figuras 2-4. Estos detalles también se emplean cuando los regeneradores (100) y (200) están situados en las paredes laterales (4) y (5) del horno.

Este aspecto del proceso global se lleva a cabo en dos ciclos, que se denominan en la presente memoria el ciclo de escape y el ciclo de reformado. Estos dos ciclos se llevan a cabo de forma alternante en dos o más regeneradores llenos de material refractario. Este proceso se lleva a cabo preferiblemente en asociación con la combustión de oxcombustible, porque los gases de escape producidos por la combustión de oxcombustible tienen concentraciones más altas de H₂O y CO₂, que promueven las reacciones de reformado endotérmicas que se utilizan en el método de esta invención. Cuando este proceso se lleva a cabo en la configuración de calentamiento cruzado con quemadores de aire (mostrados en las Figuras 1A y 1B), el gas de combustión de los quemadores de aire-combustible que contienen alta concentración de nitrógeno se mezcla con el gas de combustión de TCR calentado por oxcombustible y diluye la concentración de H₂O y CO₂ en el gas de combustión que entra en el regenerador en el ciclo de escape. Si la concentración total de H₂O y CO₂ en el gas de combustión es inferior a 50 % en volumen, se utiliza preferiblemente una corriente separada de gases que contiene una alta cantidad de H₂O y/o CO₂ para las reacciones de reformado endotérmicas. (Aunque todavía puede funcionar el RFG como se define en la presente memoria, con una concentración total de H₂O y CO₂ de tan solo 30 % en volumen). Durante el ciclo de escape, los materiales refractarios presentes en un primer regenerador extraen y almacenan calor desde un gas de escape a alta temperatura que se introduce desde el horno a, y a través de, este regenerador. Después, en el ciclo de reformado, de los gases de escape enfriados que salen del primer regenerador, una parte (que se denomina en la presente memoria gases de escape reciclados o RFG) se introduce en otro (segundo) regenerador y se mezcla con una corriente de combustible (denominada en la presente memoria combustible de reformado o RF). En la siguiente descripción, el metano puro (CH₄) se describe como combustible de reformado y el RFG se describe como reactivo de reformado con fines ilustrativos. Otros combustibles satisfactorios incluyen cualquier gas combustible, mezcla de gases o combustibles líquidos vaporizados que incluyen, aunque no de forma limitativa, gas natural, propano y GLP (gas licuado de petróleo). Otros reactivos de reformado satisfactorios incluyen cualquier mezcla de gases que contenga más de 50 % en volumen de H₂O y CO₂ incluyendo, aunque no de forma limitativa, vapor generado procedente de una caldera.

En el ciclo de reformado, la mezcla de RFG/combustible reformado entra en el segundo regenerador en el que ya se ha calentado el material refractario, como se describe en la presente memoria, y fluye a través del mismo hacia el horno. La temperatura de la mezcla de RFG/RF que pasa a través del segundo regenerador sigue aumentando extrayendo calor del material refractario ya precalentado. A medida que la mezcla de RFG/RF pasa a través del
 5 segundo regenerador, alcanza una temperatura a la cual comienzan a producirse reacciones de reformado y continúan produciéndose, dando lugar a productos que incluyen H₂ y CO. Las reacciones de reformación son endotérmicas y el calor necesario para promover las reacciones de reformación se absorbe del material refractario calentado. La composición gaseosa producida por las reacciones de reformado comprende de forma típica uno o
 10 más componentes tales como H₂, CO, gases sin reaccionar que comprenden H₂O, CO₂, CH₄, nitrógeno, cualquier NO_x residual y hollín. La composición gaseosa así producida puede denominarse también "gas de síntesis" en la presente memoria. El gas de síntesis sale del segundo regenerador al horno y se quema en el horno con oxidante para proporcionar energía térmica para calentar y/o fundir material en el horno.

Transcurrido un periodo de tiempo, se invierte el funcionamiento de los dos regeneradores, es decir, el regenerador
 15 que se utilizó en el ciclo de escape se cambia al ciclo de reformado, y el regenerador que se utilizó en el ciclo de reformado se cambia al ciclo de escape. Después de un período de tiempo adicional, vuelve a invertirse el funcionamiento de los dos regeneradores. Los tiempos de las inversiones pueden determinarse mediante el tiempo transcurrido o por otros criterios tales como la temperatura de los gases de escape que salen del primer generador, es decir, en el ciclo de escape. El proceso de inversión se lleva a cabo según un mecanismo y un plan
 20 predeterminados, en donde las válvulas se secuencian para abrirse y cerrarse en función de tiempos específicos.

El funcionamiento y control de este aspecto de la presente invención se describe a continuación junto con las Figs. 2 a 4, en las que el horno (10) de vidrio está equipado con dos regeneradores (100) y (200) en la pared posterior (3).

Como se muestra en la Fig. 2, el horno (10) de vidrio tiene una estación (20) de alimentación donde el material (30)
 25 de alimentación que comprende materiales sólidos para la fabricación de vidrio (hornada y/o chatarra de vidrio) se carga en el horno para ser calentado y fundido. El horno (10) está equipado con un primer regenerador (100) en el lado izquierdo del horno y el segundo regenerador (200) en el lado derecho del horno. Las vistas en sección transversal vertical de los dos regeneradores se muestran con más detalle en las Figs. 2 y 3.

Como se ve en la Fig. 3, el regenerador (200) está en el ciclo de escape en donde la corriente (50) de gas de
 30 combustión procedente del interior del horno (10) entra en el cuello (240) de la abertura y luego fluye al espacio superior (530) del regenerador (200) más allá de un analizador (250) de oxígeno. La corriente de gases de escape calienta los materiales refractarios (representados como (520)) a medida que fluye a través de los pasos entre los
 35 materiales refractarios dentro del regenerador (200), y entra en el espacio (500) inferior de la cámara a través de pasos (515) de gas soportados en un arco (510) que también soporta el peso de todo el lecho de materiales refractarios. Como se observa en Fig. 2, una parte (52) de los gases de combustión producidos en el horno (10) puede derivarse a un conducto (70) a través de una válvula (350) parcialmente abierta, que posteriormente entra a la pila (340) para salir, lo que significa que no vuelve a entrar en el horno, sino que se descarga a la atmósfera y/o se
 40 transporta a una o más otras estaciones para el almacenamiento y/o tratamiento posterior, o cualquier combinación de dichos destinos. Para obtener una recuperación de calor máxima, se prefiere que la válvula (350) esté cerrada de modo que prácticamente todos los gases de escape del horno vayan al regenerador (200) como corriente (50) de gases de escape.

Como se ve en las Fig. 2 y 3, la corriente (201) de gases de combustión enfriados sale del regenerador (200) por el
 45 conducto (260), pasa a través de una válvula abierta (210) y un sensor (310) de oxígeno, y a continuación entra por el lado de aspiración del soplador (300). La mayor parte de los gases (301) de escape que abandonan el lado de presión del soplador pasa a través de un amortiguador (330) y seguidamente un medidor (332) de flujo, y finalmente se dirige a una pila (340) a través de la cual estos gases de escape abandonan el sistema para salir como se define
 50 en la presente memoria. Una parte (303) de los gases de escape se recicla a la parte inferior del regenerador (100) pasando a través del conducto (320) y la válvula (360). Estos son los Recycled Flue Gas (Gases de escape reciclados - RFG). Su caudal se mide mediante un medidor (322) de flujo. El combustible reformado que debe alimentarse al segundo regenerador (100) se suministra por un conducto (130) a través de la válvula (120).

Como se ve en la Fig. 4, el combustible de reformado (RF) de la corriente (130) se cruza y se mezcla con el RFG
 55 (303) en la localización (127) en el conducto (128) que también se comunica con el espacio inferior (400) del regenerador (100). Esta mezcla de RFG/RF entra en el paquete (420) de material refractario ya precalentado del regenerador (100) a través de los pasos (415) de gas en el arco (410). El regenerador (100) ya se ha calentado en un ciclo anterior mediante el paso de gases de escape procedentes del horno en, y a través del, regenerador (100).
 60 La temperatura de la mezcla RFG/RF aumenta a medida que fluye a través del paquete de material refractario del regenerador (100). Cuando la temperatura de RFG/RF alcanza la temperatura de reformado, se producen reacciones endotérmicas de reformado en las que el combustible reformado (por ejemplo, CH₄) reacciona con CO₂ y H₂O en el RFG y forma CO, H₂, y algo de hollín. El calor requerido para las reacciones endotérmicas de reformado se obtiene de los materiales refractarios calentados. La reacción de reformado continúa a medida que la
 65 mezcla de RFG/RF sigue desplazándose hacia el espacio superior (430). La corriente gaseosa (425) (denominada en la presente memoria corriente de gas "reformado" o de "gas de síntesis") sale de la parte superior del paquete

(420) de materiales refractarios. La corriente (425) tiene una temperatura elevada e incluye especies tales como CO, H₂, hollín, CH₄ sin reaccionar, y CO₂ y H₂O sin reaccionar. La corriente (425) de gas de síntesis pasa a través del cuello (140) de la abertura y el sensor (150) de oxígeno, y entra en el horno (10). La corriente de gas de síntesis sale del paquete(420) de materiales refractarios a temperaturas que varían, por ejemplo, de 1800 F a 2500 F. Este gas de síntesis se quema en el horno (10) representado como llama (40) para generar calor de combustión adicional útil para calentar y/o fundir material en el horno, tal como materiales de fabricación de vidrio. El oxidante requerido para la combustión del gas de síntesis es suministrado por un conducto (135) a través de una válvula abierta (115). Este oxidante puede ser aire, o puede tener un contenido de oxígeno más alto que el del aire, es decir, al menos 21 % en volumen, y preferiblemente igual o mayor de 80 % en volumen, más preferiblemente igual o mayor de 90 % en volumen, o incluso al menos 99 % en volumen.

De forma típica, el proceso de recuperación de calor procede con un regenerador en el ciclo de escape y un regenerador en el ciclo de reformado, como se ve en la Fig. 2, durante aproximadamente 20 a 40 minutos o hasta que los materiales refractarios en el regenerador de reformado estén demasiado fríos para proporcionar suficiente calor para promover las reacciones químicas endotérmicas deseadas. En ese punto, y continuando con la descripción de la presente memoria donde el regenerador (200) estaba en el ciclo de escape y el regenerador (100) estaba en el ciclo de reformado, el horno (10) experimenta una inversión, en la que el regenerador (200) pasa al ciclo de reformado para recuperación de calor y el regenerador (100) se lleva al ciclo de escape para la acumulación de calor. Antes de la inversión, el gas de síntesis restante en el regenerador (100) se purga al horno (10). En este caso, el combustible de reformación suministrado al regenerador se corta primero cerrando la válvula (120) al tiempo que se permite el flujo de RFG desde el soplador (300). El gas de síntesis restante en el regenerador (100) se purga mediante el RFG durante una cantidad de tiempo especificada, por lo que casi todo el gas de síntesis en el regenerador se expulsa al horno y se quema completamente.

En la inversión, los gases de escape procedentes del horno pasan a través del regenerador (100), y una parte de los mismos pasa a escape (como se define en la presente memoria) mientras que una parte o el resto se mezcla con combustible y la mezcla se hace pasar por el regenerador (200) y al horno. La válvula (110) que se había cerrado se abre, la válvula (210) está cerrada, y la válvula (360) está cerrada y la válvula (380) se abre, para permitir que los gases de escape calentados pasen del regenerador (100) hacia, y a través de, un soplador (300), y para permitir que una parte (303) de estos gases de escape pasen al regenerador (200) una vez mezclado con el combustible reformado (230) que entra a través de la válvula (220) que se había cerrado pero que ahora está abierta. La válvula (115) que había estado abierta se cierra, dado que no se produce combustión ayudada por oxidante a través de la válvula (115) en esta fase, y se abre la válvula (225). La mezcla resultante de combustible de reformado y de gases de escape reciclados experimenta en el regenerador (200) las reacciones endotérmicas producidas en el regenerador (100) en el ciclo anterior como se describe en la presente memoria, para producir gas (425) de síntesis, que pasa al horno (10) donde se quema con oxidante (235) que se introduce a través de la válvula (225).

La cantidad de gas de combustión que sale por el regenerador en el que se enfrió, que se recicla al otro regenerador para el reformado, puede adaptarse al horno particular y a las características particulares del gas de combustión, pero puede decirse que de forma típica hasta aproximadamente 40 % (en volumen), y preferiblemente de aproximadamente 6 % a 27 % del gas de combustión que sale del regenerador que funciona en el ciclo de escape se recicla para alimentarse al, y a través del, regenerador que funciona en el ciclo de reformado.

Mientras que puede utilizarse eficazmente cualquier relación de RFG a FG en la formación de la corriente de gas que se alimenta al regenerador que está funcionando en el ciclo de reformado en el método de esta invención, una relación preferida de RFG a FG (en volumen) es de 0,5 a 2,0.

En una realización alternativa de esta invención, el RFG alimentado de forma alternante de uno de los regeneradores termoquímicos al otro, puede sustituirse por una corriente de reactivos de reformado separada que contiene más de 50 % en volumen de H₂O y CO₂, que incluye, aunque no de forma limitativa, vapor. Esta realización se describe con referencia a la Fig. 5, en la que los números de referencia que también aparecen en las Figuras 2, 3 y/o 4 tienen los significados que se les atribuyen en la descripción anterior de las Figuras 2, 3 y 4.

Con referencia a la Fig. 5, los productos de combustión gaseosos (260) que salen del regenerador (200) (y, de forma alternante, los productos de combustión gaseosos que salen del regenerador (100)) no se hacen pasar al otro regenerador. Por lo tanto, la corriente (303) y la corriente que pasa a través de las válvulas (360) y (380) en la Fig. 2, no necesitan estar presentes. En vez de ello, la corriente (260) puede pasar como corriente (260A) al escape, o como corriente (260B) a otro destino donde se recoge o se somete a procesamiento químico adicional, o a ambos. De forma similar, en el ciclo donde el gas de combustión se hace pasar del horno (10) a través del regenerador (100) al regenerador de calor (100), la corriente (128) en la Fig. 5 puede pasar como corriente (128A) al escape, como corriente (128) a otra recogida o procesamiento, o como ambos.

En la realización de la Fig. 5, las corrientes que comprenden combustible de reformado y reactivos de reformado se alimentan de forma alternante como corriente (130) al regenerador calentado (100), a través de la válvula (120) que está abierta con la válvula (220) cerrada, y luego en el otro ciclo la válvula (220) se abre, la válvula (120) se cierra, y la corriente (230) se alimenta al regenerador calentado (200). Los reactivos de reformado adecuados comprenden

más del 30 % en volumen, preferiblemente más del 50 % en volumen y, más preferiblemente, más del 70 % en volumen de H₂O y/o CO₂ (combinados) y también pueden comprender uno o más de nitrógeno, argón, monóxido de carbono, hidrógeno y/o metano.

5 El combustible de reformado y los reactivos de reformado experimentan reacciones de reformado en cada uno de los regeneradores calentados a los que se alimentan de forma alternante, y forman gas de síntesis por reacción endotérmica en el regenerador calentado, y el gas de síntesis se hace pasar entonces al horno y se quema, todo como sucede con respecto a las realizaciones descritas con respecto a las Figuras 2-4.

10 La presente invención mejora lo que se habían considerado resultados y limitaciones establecidos en los modos convencionales de funcionamiento de un horno de vidrio.

15 Una condición de funcionamiento crítica de un horno de vidrio es que las temperaturas dentro del horno no deben ser tan altas que se dañen los materiales a partir de los que se construye el horno. Como la temperatura dentro del horno es de forma típica máxima en la superficie interior de la corona, es beneficioso controlar las operaciones controlando la temperatura máxima que se alcanza en el punto más caliente en la superficie interior de la corona (el "punto caliente").

20 Un horno de vidrio de recipientes típico del estado de la técnica con elevado ritmo de producción puede funcionar a una temperatura de corona de punto caliente de 1550 C a 1600 C situada aproximadamente a entre dos tercios y tres cuartos de la longitud longitudinal del horno desde la pared posterior. La temperatura en la zona (13) de alimentación es de forma típica de 100 C a 200 C menor que la temperatura del punto caliente, o de forma típica de aproximadamente 1400 a 1450 C.

25 Para aumentar la producción de un horno de vidrio cargando más materiales de hornada y de chatarra de vidrio en el horno de vidrio, debe aumentarse la entrada de combustible al horno para mantener un perfil adecuado de temperatura del baño de vidrio fundido. Sin embargo, a medida que aumenta la entrada de combustible para producir más vidrio, aumentará la temperatura de la corona y se transferirá más calor procedente del espacio de combustión por encima de los materiales de fabricación de vidrio fundido a la alimentación entrante de materiales de fabricación de vidrio y vidrio fundido, impulsado por la mayor diferencia de temperatura entre la corona y la superficie de vidrio fundido. Por lo tanto, cuando la temperatura del punto caliente de la corona ya está en, o cerca de, su máximo práctico viable, no es posible aumentar la producción del horno aumentando la velocidad de calentamiento de combustible de una forma que pudiera entrañar un riesgo de aumentar la temperatura de la corona en su punto más caliente. En teoría, es posible aumentar la velocidad de calentamiento del quemador más cercano al extremo de carga en la zona (13) de alimentación en un horno de calentamiento cruzado para aumentar la entrada de calor sin aumentar significativamente la temperatura de corona en el punto caliente. Hay dos limitaciones prácticas en este enfoque. En primer lugar, la velocidad máxima de calentamiento del quemador en el horno de calentamiento cruzado está de forma típica limitada por la longitud máxima de la llama, que es la anchura del horno. Cuando la longitud de la llama excede la anchura del horno, los materiales refractarios de la abertura de escape pueden dañarse por sobrecalentamiento y la temperatura del gas de combustión aumenta, lo que reduce el calor disponible dentro del horno. En segundo lugar, el arrastre de materiales de hornada finos al gas de combustión aumenta cuando aumenta la velocidad del gas de la llama.

45 Se ha pensado que podría proporcionarse calor adicional al horno de vidrio instalando y haciendo funcionar quemadores de oxicomcombustible o quemadores de aire-combustible en los lugares designados (100) y (200) en las Figuras 1A y 1C y 1E, es decir, en la zona de alimentación, pero se ha encontrado que esto aumenta fuertemente la temperatura del gas de combustión y lleva a pérdidas de calor fuera de la chimenea que, como se ha indicado, también está situada de forma típica en la zona (13) de alimentación. Además, se cree generalmente que es esencial un perfil de temperatura de corona longitudinal adecuado para producir vidrio de buena calidad y se ha considerado hasta ahora que aumentar la temperatura de la zona de alimentación sin aumentar la temperatura del punto caliente afecta negativamente a la calidad del vidrio. Se ha encontrado inesperadamente que la presente invención evita estos inconvenientes, y proporciona una mayor producción de vidrio sin exceder la temperatura máxima tolerable en la corona, haciendo funcionar los regeneradores termoquímicos (100) y (200) mencionados anteriormente de modo que la combustión del gas de síntesis del primer y segundo regenerador (100) y (200) mantiene la temperatura de la atmósfera en la zona de alimentación dentro de un intervalo de no más de 100 C con respecto a la temperatura más alta en la atmósfera del horno fuera de la zona de alimentación. Puede establecerse y monitorizarse esto mediante sensores de temperatura adecuados dentro del horno. Una condición típica que lleva a este resultado es funcionar de modo que las longitudes de las llamas formadas por la combustión del gas de síntesis que emerge al horno desde uno u otro de estos regeneradores [tal como la llama (40)] sea de menos de dos tercios de la longitud del horno, preferiblemente inferior a la mitad de esa longitud en la configuración de calentamiento de abertura de extremo de las Figuras 1B y 1D; o las llamas de los regeneradores (100) y (200) en las paredes laterales (como se ve en las Figuras 1A y 1C y 1E) no alcancen la pared lateral opuesta en la configuración de calentamiento cruzado. Las longitudes de las llamas respectivas pueden controlarse hasta las longitudes deseadas mediante una técnica bien conocida, tal como controlando el tamaño y el ángulo de la abertura desde la que sale el gas de síntesis de los regeneradores al horno y el control de la velocidad, ángulo, número y localizaciones de las corrientes de oxidante inyectadas al horno. Caudales típicos para este resultado en la

configuración de calentamiento cruzado son 3.000 SCFH a 100.000 SCFH (gas de síntesis) y 2.000 SCFH a 60.000 SCFH (oxidante).

Sin pretender limitarse a una explicación particular para estos hallazgos inesperados, se cree que la llama de combustión de gas de síntesis producida bajo el funcionamiento de TCR tiene una temperatura adiabática de llama significativamente más alta que la temperatura adiabática de llama normal de la combustión de gas natural y oxígeno a temperatura ambiente, debido a que el gas de síntesis de TCR tiene una concentración de hidrógeno más alta y una temperatura de precalentamiento alta de aproximadamente 1100 a 1300 C. En la configuración de la Fig. 2, la mayor parte del calor de combustión se libera en la región del horno más cercana a la pared posterior, y como resultado de ello, la temperatura máxima de la corona se desplaza hacia la pared posterior del horno, y la diferencia de temperatura entre el punto caliente de la corona y la corona cerca de la pared posterior se reduce de 130 C para un horno de vidrio convencional calentado con oxícombustible a aproximadamente 50 C para un horno que emplea la regeneración termoquímica de recuperación de calor descrita en la presente memoria. Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre el punto caliente de la corona y la corona cerca de la pared posterior puede controlarse mediante el funcionamiento de TCR por debajo de 100 C, o por debajo de 75 C o incluso por debajo de 50 C controlando la velocidad de calentamiento y la longitud de llama de la llama de TCR.

En un horno de vidrio calentado con oxícombustible convencional sin el aspecto de TCR de la presente invención, cuando se aumenta la velocidad de calentamiento, también aumenta la temperatura del gas de combustión que sale del horno, y el consumo de energía para producir vidrio fundido aumenta considerablemente. Este problema del aumento del consumo de energía por unidad de vidrio producido se resuelve incorporando el proceso (TCR) de regeneración termoquímica y combustión de esta invención para recuperar de forma eficiente el mayor calor residual del gas de combustión. Es decir, se ha descubierto que la TCR tiene una característica única, en el sentido de que la eficiencia de la recuperación de calor aumenta a medida que aumenta la temperatura del gas de combustión. En un regenerador de calentamiento de aire convencional, la eficiencia de recuperación de calor (% de calor residual recuperado como energía de precalentamiento transferida al aire de combustión) permanece aproximadamente igual cuando aumenta la temperatura del gas de combustión. La temperatura del gas de combustión enfriado después del regenerador aumenta a medida que aumenta la temperatura del gas de combustión caliente que entra en el regenerador. Por el contrario, en el proceso de recuperación de calor de TCR empleado en la presente invención, la eficiencia de recuperación de calor aumenta cuando se aumenta la temperatura del gas de combustión, y la temperatura del gas de combustión enfriado después del regenerador aumenta poco a medida que aumenta la temperatura del gas de combustión caliente que entra en el regenerador. Se cree que el motivo de esta característica única es que el calor almacenado en el regenerador se recupera parcialmente a través de las reacciones químicas endotérmicas que forman el gas de síntesis. La velocidad de la reacción química endotérmica pasa a ser significativa por encima de 1500 F y aumenta exponencialmente con la temperatura. Cuando se aumenta la temperatura del gas de combustión que entra en un lecho regenerador de TCR (100) o (200), se almacena más calor en la zona de temperatura más alta del lecho y se producen más reacciones endotérmicas durante el ciclo de recuperación de calor para recuperar el calor almacenado en la zona de temperatura alta. El gas de síntesis caliente resultante procedente del regenerador contiene más energía y produce una llama más caliente que libera más energía cerca de la zona de alimentación, favoreciendo una fusión más rápida de los materiales cargados.

Esto permite aumentar la temperatura en la zona de alimentación sin aumentar la temperatura máxima que aparece en el punto caliente del horno.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un método de funcionamiento de horno mejorado para aumentar el ritmo de producción específica de un horno de vidrio calentado con oxícombustible o de un horno calentado con aire-combustible en una configuración de calentamiento cruzado, aumentando la temperatura en la zona de alimentación cerca de la pared posterior por el intenso calor de la llama producido por la combustión de gas de síntesis precalentado a alta temperatura y oxígeno, sin aumentar la temperatura del punto caliente al tiempo que se mantiene un buen consumo específico de energía, empleando el funcionamiento del regenerador termoquímico descrito en la presente memoria y la combustión de oxícombustible. De esta forma, puede producirse vidrio de buena calidad incluso cuando el perfil de temperatura de la corona se aplanan (es decir, se mantiene una alta temperatura de la corona en una extensión más larga de la corona) aumentando la velocidad de calentamiento de gas de síntesis cerca de la pared posterior mientras se carga más hornada/materiales de chatarra de vidrio.

Mediante estudios de modelización por ordenador se demuestra que este fenómeno observado es consistente con el material de hornada flotante sobre el vidrio fundido en la zona de alimentación del horno que aísla el vidrio fundido por debajo de las islas de hornada flotante del intenso calor de radiación procedente del espacio de combustión situado encima y mantiene la temperatura del vidrio fundido más fría que la temperatura del vidrio fundido cerca del punto caliente. Dado que el flujo de circulación retrógrado del vidrio fundido desde el punto caliente hacia la pared posterior es impulsado por la diferencia de temperatura del vidrio fundido entre el punto caliente y la pared posterior, se mantiene un buen flujo de circulación retrógrado a pesar de un perfil de temperatura de corona más plano. A medida que se carga material de hornada relativamente frío adicional cerca de la pared posterior, este enfría el vidrio fundido que circula en esta zona y ayuda a mantener un gradiente de temperatura suficiente para producir el flujo de recirculación requerido de vidrio fundido desde el punto caliente del horno.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir vidrio fundido, que comprende

(A) alimentar material (30) de fabricación de vidrio a un horno (10) de fusión de vidrio que tiene una pared posterior (3), una pared frontal (6) y un par de paredes laterales (4, 5) enfrentadas entre sí y cada una extendiéndose desde la pared posterior hasta la pared frontal, y una corona, en donde el material de fabricación de vidrio se introduce en una zona (13) de alimentación que se extiende de la pared posterior hasta el 30 % de la longitud del horno de la pared posterior a la pared frontal,

en donde no hay quemadores situados en paredes laterales o al menos un quemador de oxicomcombustible o de aire-combustible está situado en cada pared lateral para proporcionar calor al material de fabricación de vidrio en el horno por combustión en cada uno de dichos quemadores,

en donde dicho horno incluye un primer regenerador y un segundo regenerador que tienen cada uno una abertura (101, 201) que se abre en dicha zona de alimentación y (i) dicha primera abertura del regenerador está situada en una pared lateral y dicha segunda abertura del regenerador está situada en la otra pared lateral, y ningún quemador de aire-combustible está situado entre cualquiera de dichas aberturas del regenerador y de la pared posterior, o (ii) dichas aberturas del primer y segundo regenerador están situadas en la pared posterior; mientras

(B) se quema combustible en dicho horno en dichos quemadores que están presentes, y

(C) de forma alternativa

(1) hacer pasar productos de combustión gaseosos del horno a, y a través de, un primer regenerador enfriado para calentar el primer regenerador y enfriar dichos productos de combustión gaseosos, y hacer pasar reactivos de reformado gaseosos a un segundo regenerador calentado y, en el segundo regenerador, hacer reaccionar los reactivos de reformado gaseosos y el combustible en una reacción endotérmica para formar gas de síntesis que comprende hidrógeno y CO, y hacer pasar dicho gas de síntesis del segundo regenerador a la zona de alimentación y quemarlo en la zona de alimentación, y

(2) hacer pasar productos de combustión gaseosos del horno a, y a través de, un segundo regenerador enfriado para calentar el segundo regenerador y enfriar dichos productos de combustión gaseosos, y hacer pasar reactivos de reformado gaseosos a un primer regenerador calentado y, en el primer regenerador, hacer reaccionar los reactivos de reformado gaseosos y el combustible en una reacción endotérmica para formar gas de síntesis que comprende hidrógeno y CO, y hacer pasar dicho gas de síntesis del primer regenerador a la zona de alimentación y quemarlo en la zona de alimentación,

al tiempo que se mantienen las condiciones en donde la combustión en el horno del gas de síntesis del primer y segundo regenerador mantiene la temperatura de la corona en la zona de alimentación dentro de un intervalo de 100 °C con respecto a la temperatura más alta de la corona en el horno fuera de la zona de alimentación, en donde dichas condiciones en la alternativa (i) incluyen que las llamas de los regeneradores no alcancen la pared lateral opuesta y en donde dichas condiciones en la alternativa (ii) incluyen que la longitud visible de las llamas de las aberturas del regenerador sea menor que dos tercios de la longitud longitudinal del horno de la pared posterior a la pared frontal, para mantener la temperatura de la atmósfera en la zona de alimentación dentro de un intervalo de 100 °C con respecto a la temperatura más alta en la atmósfera del horno fuera de la zona de alimentación.

2. Un método según la reivindicación 1, en donde la combustión en el horno (10) del gas de síntesis del primer y segundo regenerador se lleva a cabo en condiciones que mantienen la temperatura de la corona en la zona de alimentación en un intervalo de 75 °C con respecto a la temperatura más alta de la corona en el horno fuera de la zona (13) de alimentación.

3. Un método según la reivindicación 1, en donde la combustión en el horno (10) del gas de síntesis del primer y segundo regenerador se lleva a cabo en condiciones que mantienen la temperatura de la corona en la zona (13) de alimentación dentro de un intervalo de 50 °C con respecto a la temperatura más alta de la corona en el horno fuera de la zona de alimentación.

4. Un método según la reivindicación 1, en donde en la alternativa (ii) la longitud de la llama visible es menor que la mitad de la longitud longitudinal del horno (10) de la pared posterior (3) a la pared frontal (6).

5. Un método según la reivindicación 1, en donde en la alternativa (i) hay situado al menos un quemador de aire-combustible en cada pared lateral (4, 5).

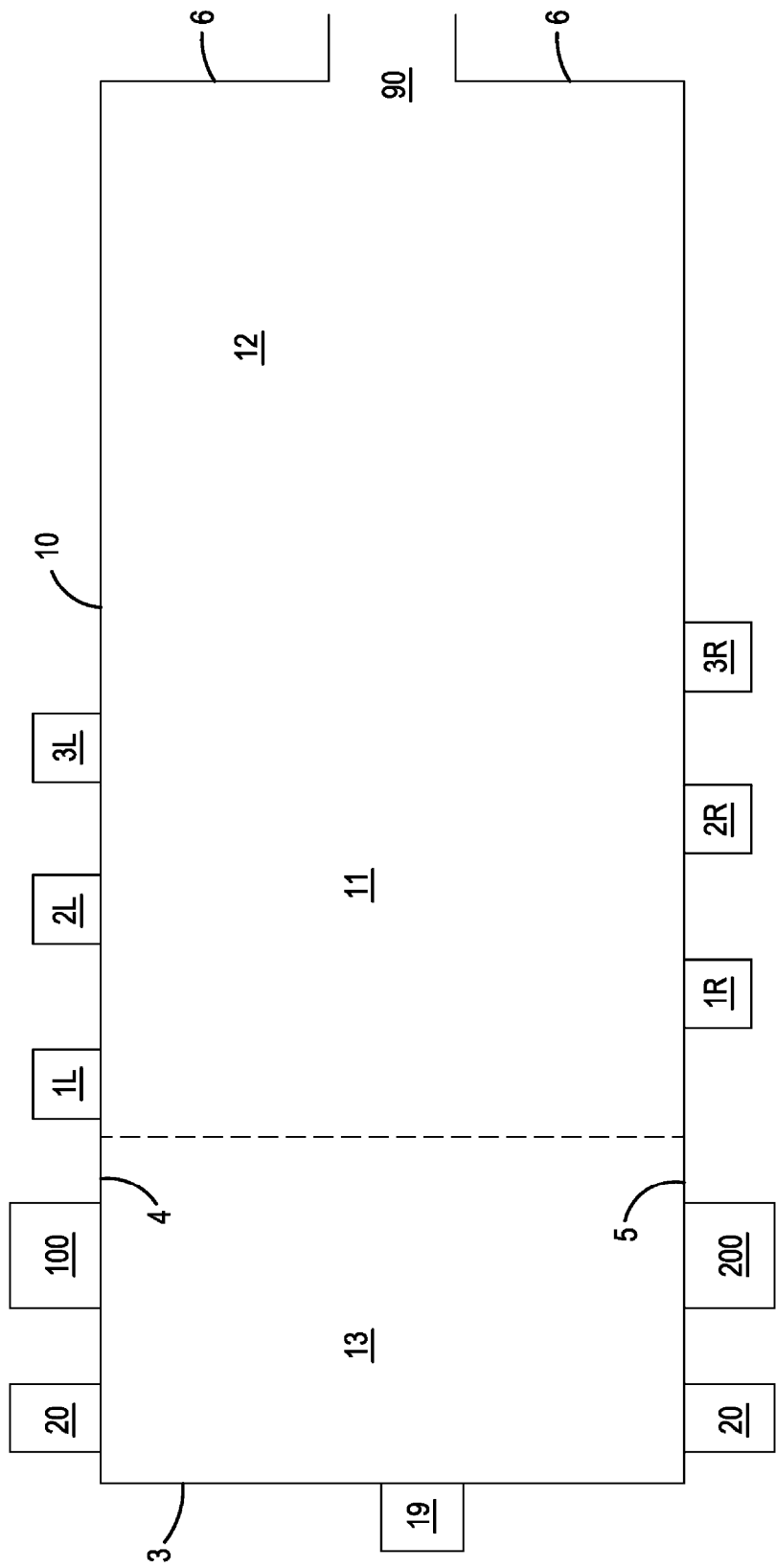
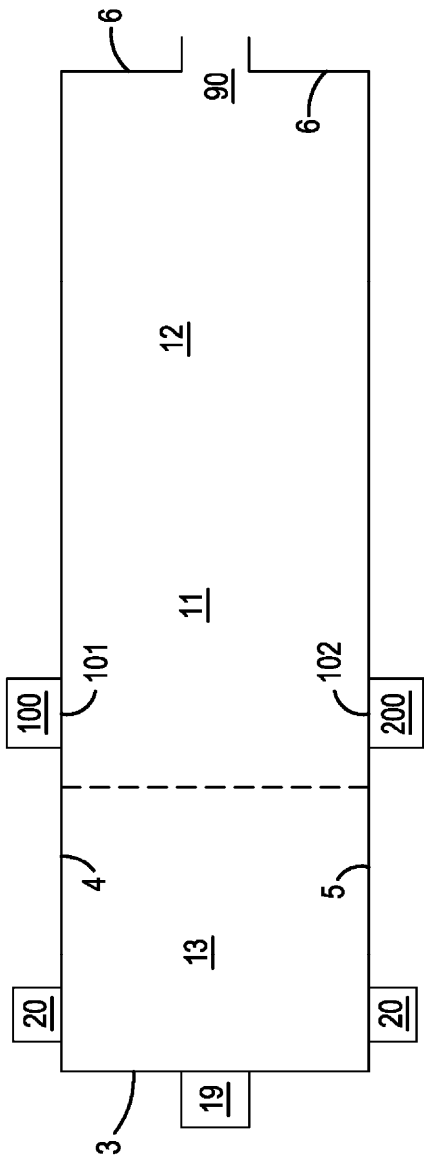
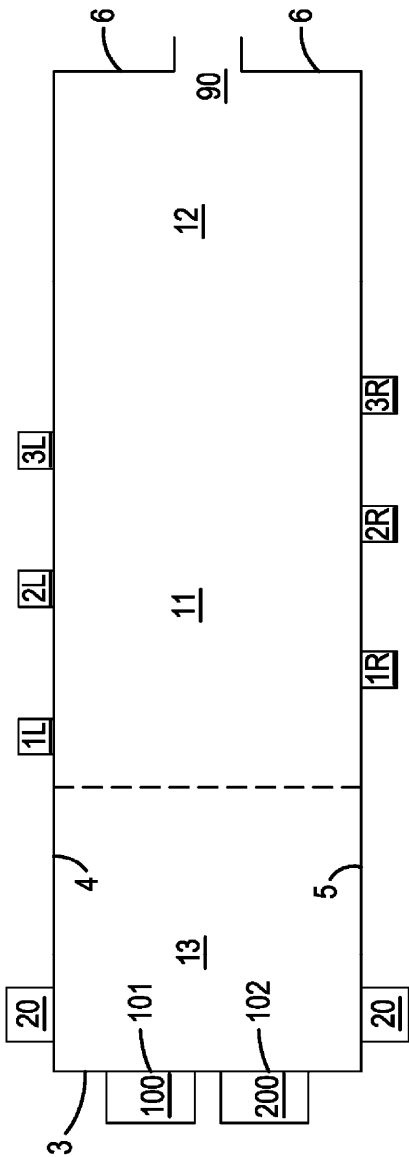


FIGURA 1A



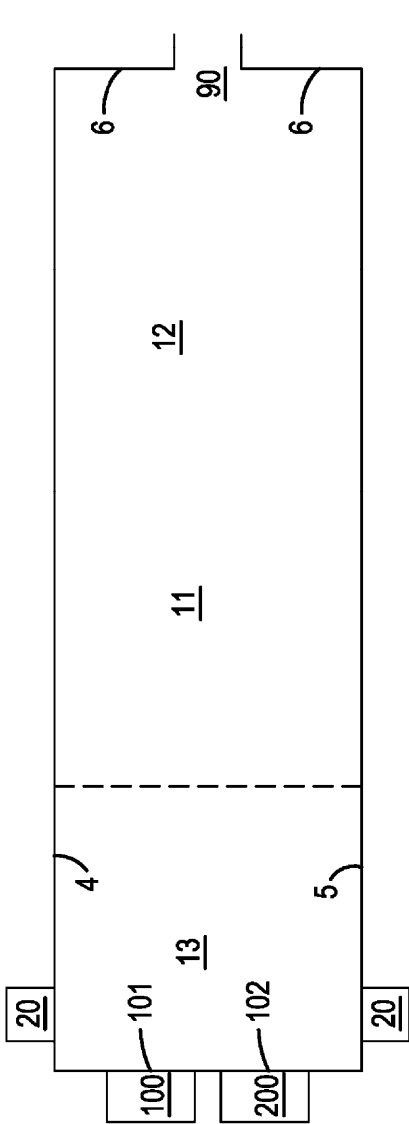


FIGURA 1D

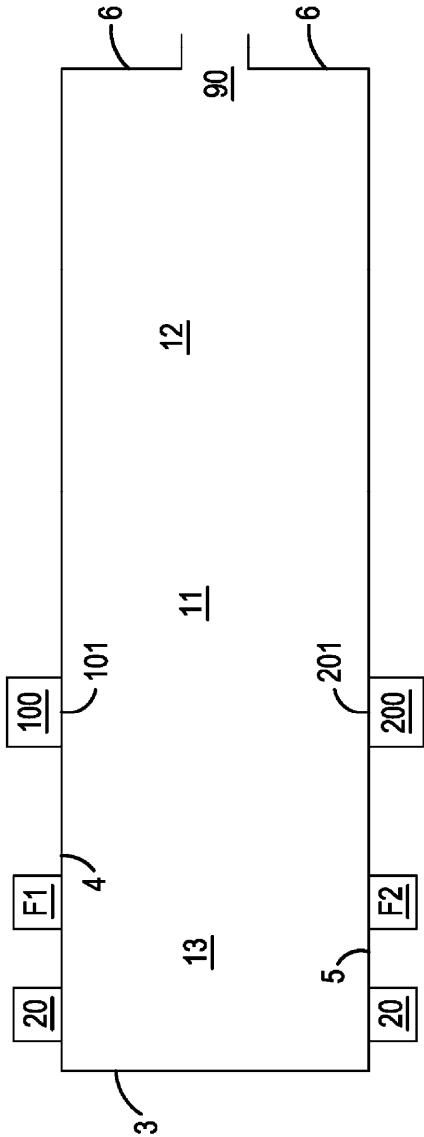


FIGURA 1E

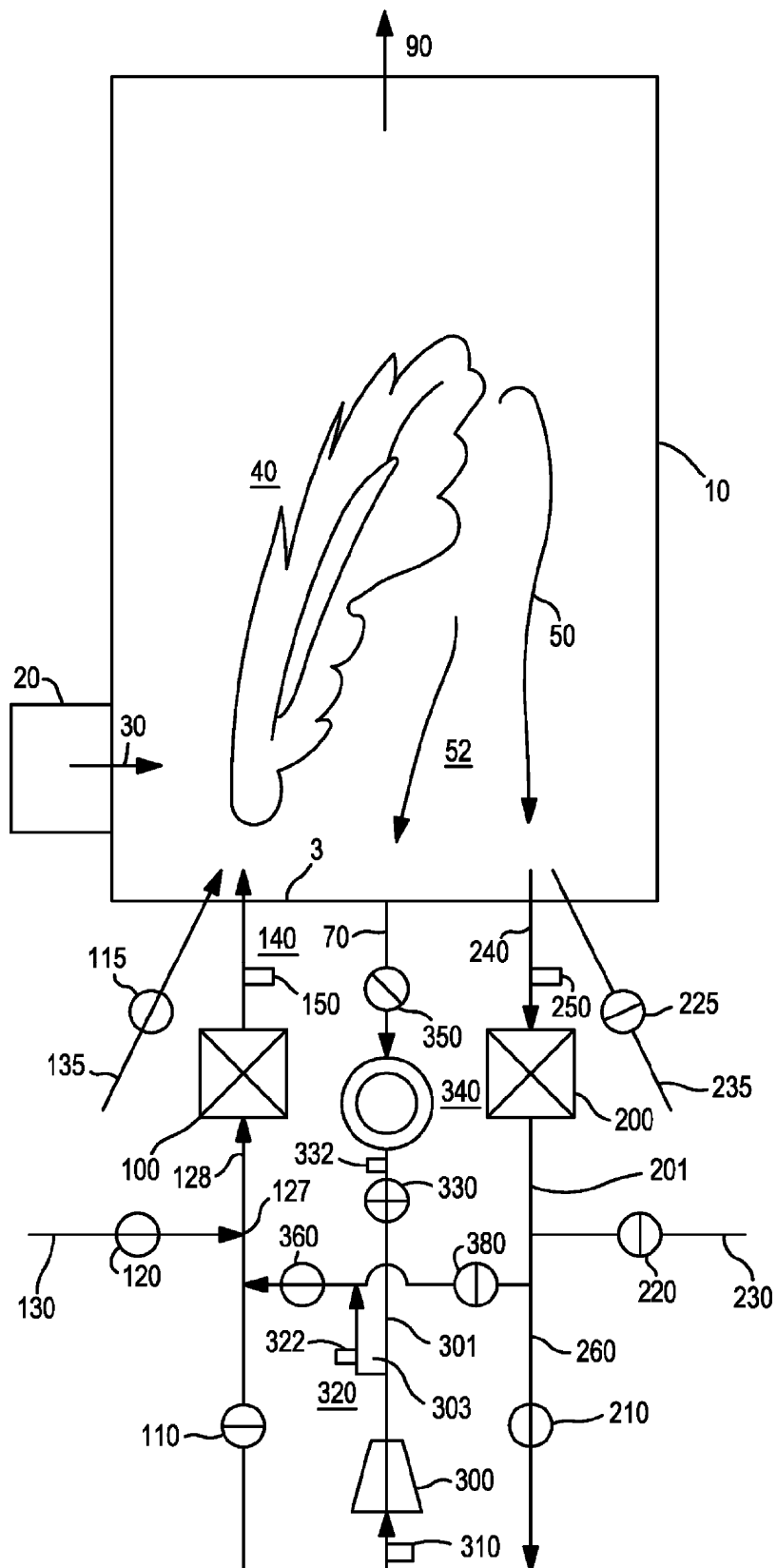


FIGURA 2

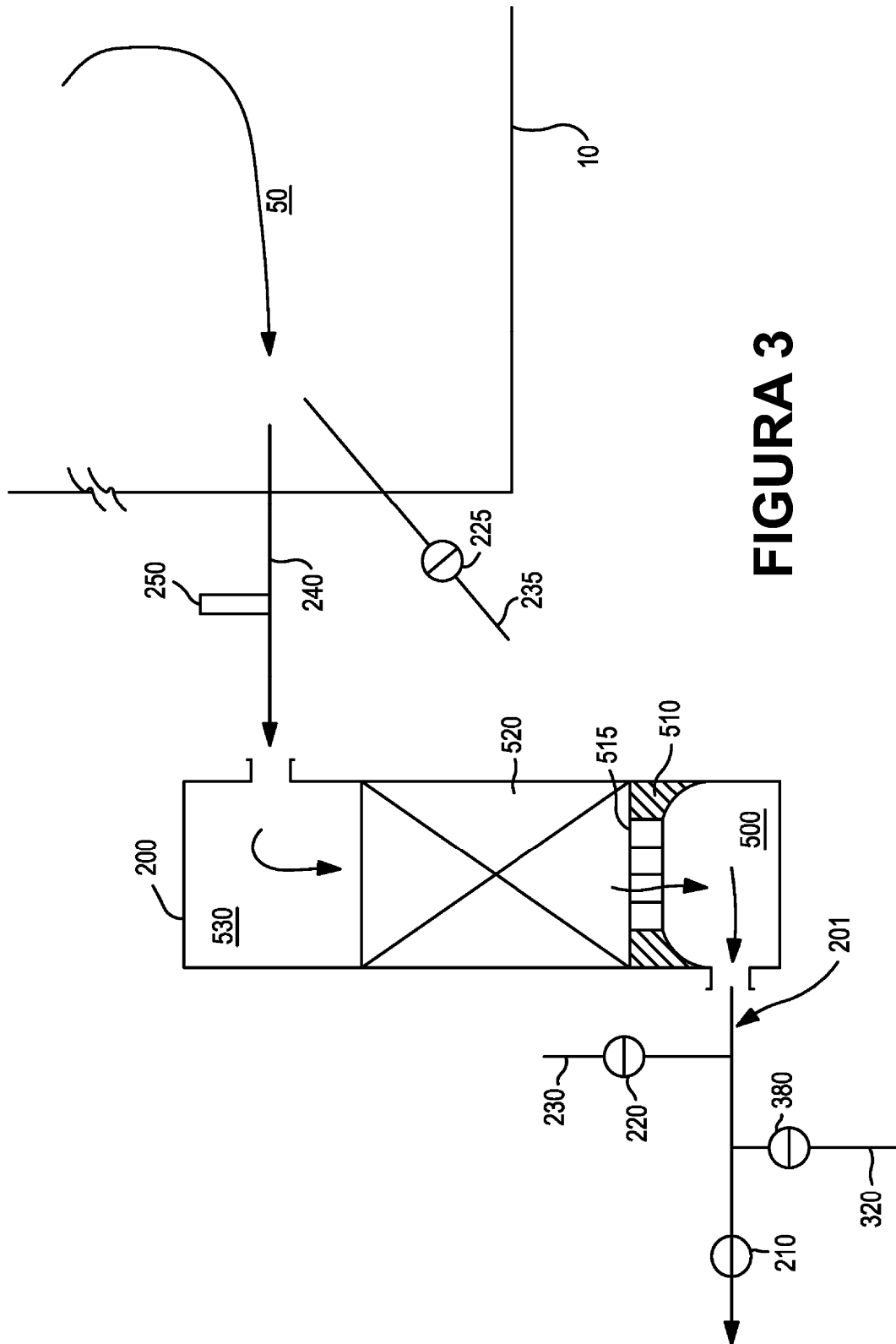


FIGURA 3

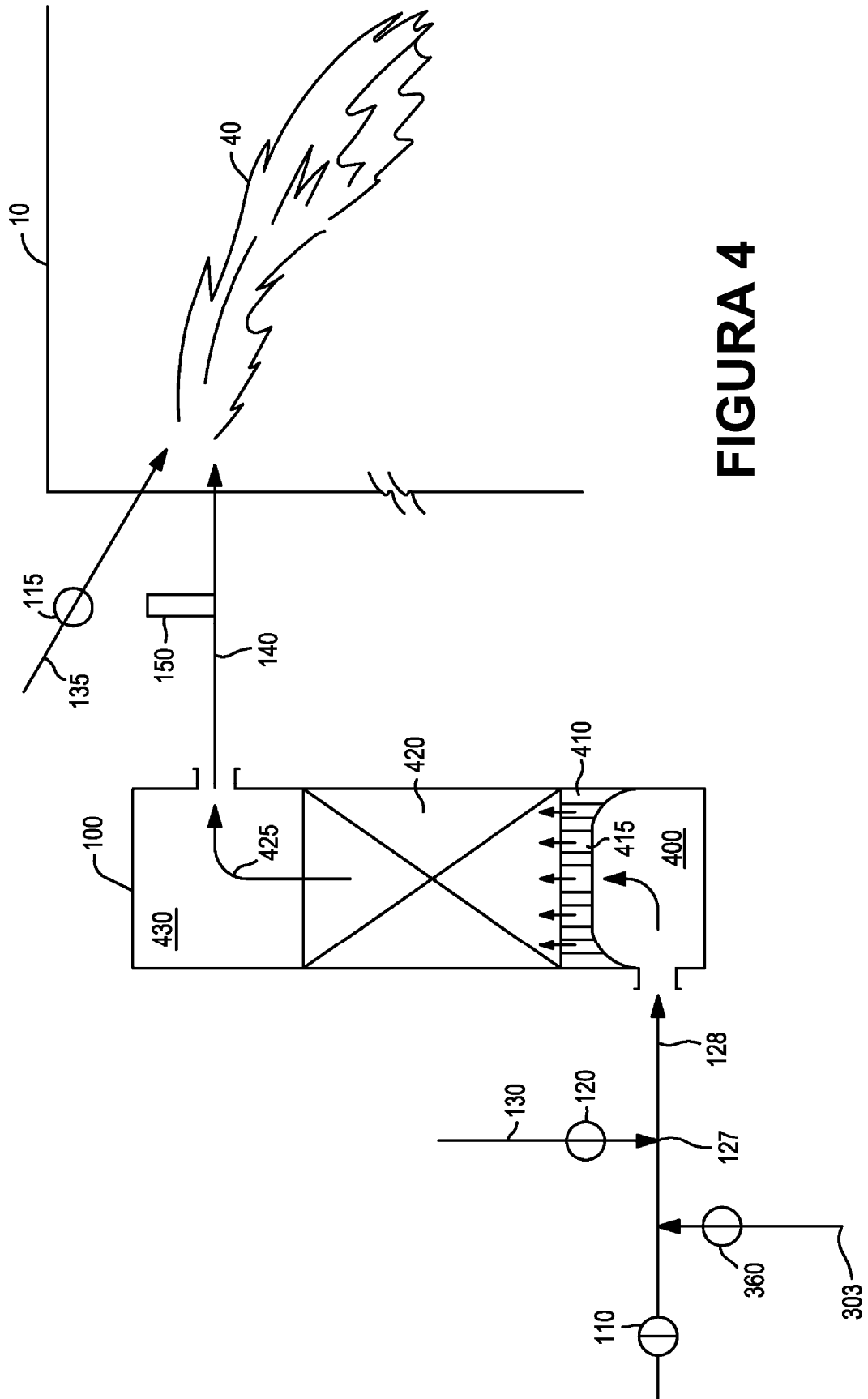


FIGURA 4

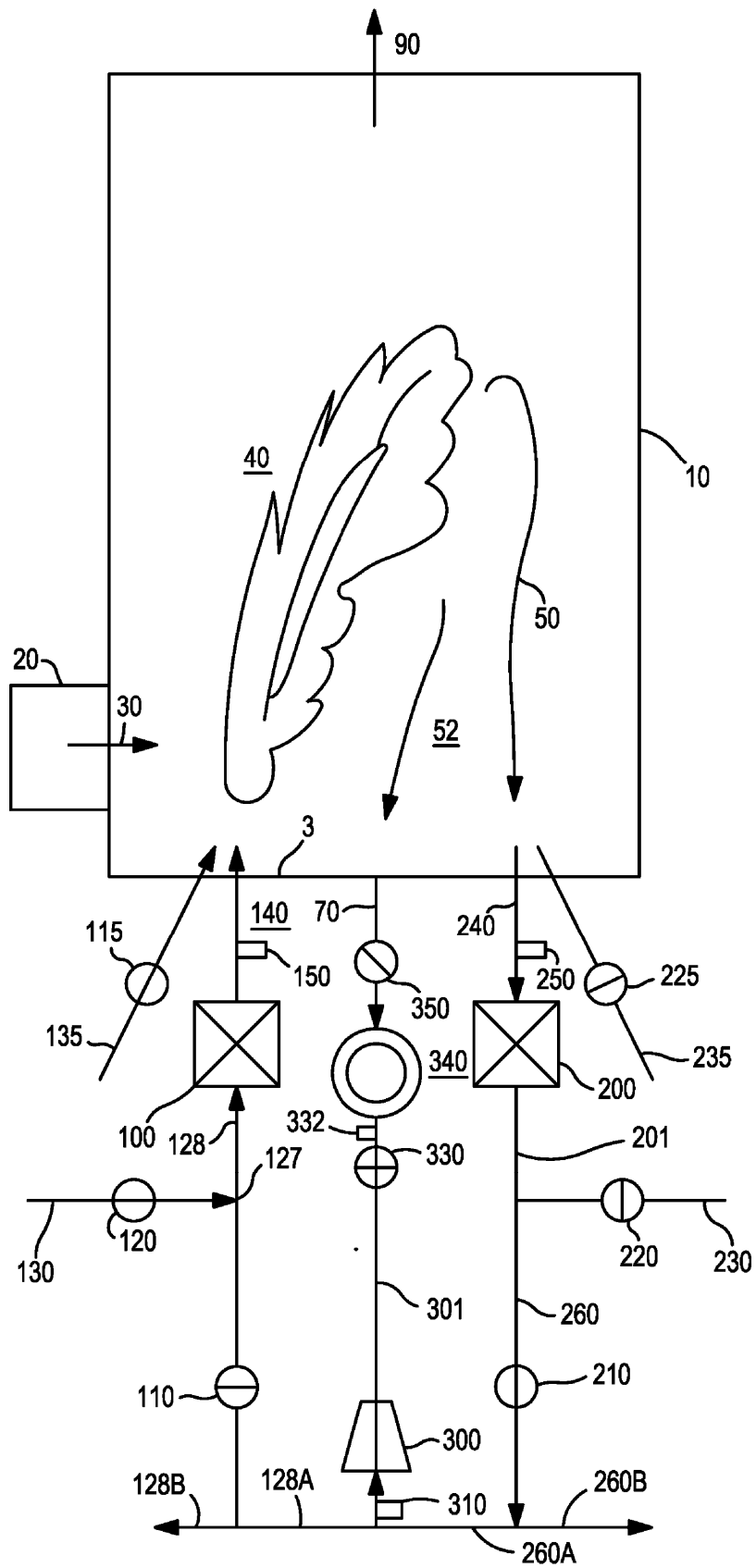


FIGURA 5