

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 009**

51 Int. Cl.:

**C03B 5/237** (2006.01)

**F23L 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2019** **E 21211970 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 3984967**

54 Título: **Método de reciclado de gases de escape para regeneración termoquímica**

30 Prioridad:

**16.10.2018 US 201862746324 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**02.12.2024**

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 2 991 009 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 de reciclado de gases de escape para regeneración termoquímica

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la combustión en hornos, tales como los hornos de fusión de vidrio, en donde el material se introduce en el horno y se calienta y/o funde mediante el calor de combustión que se produce dentro del horno.

10 **Antecedentes de la invención**

Se conoce de forma general la tecnología en la que se utilizan pares de regeneradores en ciclos repetidos para utilizar el calor contenido en los productos de combustión gaseosos calientes (también denominado gases de escape) de un horno (tal como un horno de fusión de vidrio). En un ciclo, los gases de escape se hacen pasar a través de un primer regenerador en el que los gases de escape calientes calientan la estructura en el interior del primer regenerador, mientras que otra corriente de gas, tal como el oxidante gaseoso, se hace pasar a través de un segundo regenerador que ya se ha calentado, para calentar la corriente de gas, que luego pasa al horno y, que de este modo enfrían el segundo regenerador. A continuación, en el segundo ciclo, los gases de escape se hacen pasar en vez por el segundo regenerador para calentarlo, y la corriente de gas se hace pasar en vez por el primer regenerador, que se había calentado en el ciclo anterior. Los dos ciclos se alternan.

Se describe una tecnología mejorada, que puede ponerse en práctica utilizando regeneradores emparejados, en la patente US-6.113.874, que describe métodos de recuperación de calor útiles con hornos que emplean regeneradores. Más específicamente, se hace pasar una corriente de productos de combustión formados en el horno a través de un primer regenerador de calor, para calentar el primer regenerador y enfriar los productos de combustión y, a continuación, una parte de los productos de combustión enfriados se mezclan con combustible para formar una mezcla que se hace pasar por un segundo regenerador calentado, en el que la mezcla experimenta una reacción endotérmica, para formar gas de síntesis que luego pasa al horno y se quema.

La presente invención proporciona la capacidad de poner en práctica estas tecnologías con una eficiencia y economía mejoradas.

En US-2018/0118600 A1, US-2016/305656 A1 y US-2017/121206 A1 se describe un método para llevar a cabo la combustión en un horno como se define en la parte de precaracterización de la reivindicación 1.

35 **Breve resumen de la invención**

La presente invención es un método para llevar a cabo la combustión en un horno, como se define en la reivindicación 1. El método comprende

- 40 (A) quemar combustible en un horno, para producir productos gaseosos de combustión, y
- (B) de forma alternativa
- 45 (1) pasar productos gaseosos de combustión del horno a, y a través de, un primer regenerador enfriado, para calentar el primer regenerador y enfriar dichos productos gaseosos de combustión, e inyectar una corriente de combustible gaseoso a una corriente de reciclado que comprende dichos productos gaseosos de combustión enfriados en dicho primer regenerador, para arrastrar dicha corriente de reciclado a dicha corriente inyectada de combustible gaseoso, formando de este modo una mezcla del combustible gaseoso con dichos productos gaseosos de combustión arrastrados, y para impulsar la mezcla a un segundo regenerador calentado y, en el segundo regenerador, hacer reaccionar los productos gaseosos de combustión y el combustible en dicha mezcla, en una reacción endotérmica, para formar gas de síntesis que comprende hidrógeno y CO, y pasar dicho gas sintético del segundo regenerador al horno, y quemarlo en el horno, y
- 50
- 55 (2) pasar productos gaseosos de combustión del horno a, y a través de, un segundo regenerador enfriado, para calentar el segundo regenerador y enfriar dichos productos gaseosos de combustión, e inyectar una corriente de combustible gaseoso a una corriente de reciclado que comprenda dichos productos gaseosos de combustión enfriados en dicho segundo regenerador, para arrastrar dicha corriente de reciclado a dicha corriente inyectada de combustible gaseoso, formando de este modo una mezcla del combustible gaseoso con dichos productos gaseosos de combustión arrastrados, y para impulsar la mezcla a un primer regenerador calentado y, en el primer regenerador, hacer reaccionar los productos gaseosos de combustión y el combustible en dicha mezcla, en una reacción endotérmica, para formar gas sintético que comprende hidrógeno y CO, y hacer pasar dicho gas de síntesis del primer regenerador al horno, y quemarlo en el horno.
- 60

Según la invención de la etapa (B)(1), dicha corriente de combustible gaseoso se inyecta a dichos productos gaseosos de combustión en una primera cámara ( de un dispositivo que tiene una primera y segunda cámaras conectadas por un paso, y dicha mezcla de combustible gaseoso y productos gaseosos de combustión se hace pasar de dicha primera cámara a través de dicho paso y a través de dicha segunda cámara, al segundo regenerador calentado; y en la etapa

65

(B)(2), se inyecta una corriente de combustible gaseoso a dichos productos gaseosos de combustión en la segunda cámara del dispositivo y dicha mezcla de combustible gaseoso y productos gaseosos de combustión pasa de dicha segunda cámara, a través de dicho paso y a través de dicha primera cámara, al primer regenerador calentado.

5 La corriente de reciclado de gases de escape a la que se le inyecta la corriente de combustible gaseoso, se divide de forma típica de toda la corriente de productos gaseosos de combustión enfriados, que deja, a su vez, cada regenerador enfriado, en cuyo caso el resto de los productos gaseosos de combustión enfriados se lleva a los gases de escape.

10 En una realización preferida de esta invención, después de que se forme cada mezcla de combustible gaseoso con los productos gaseosos de combustión arrastrados, se añade combustible gaseoso adicional a las mezclas antes de que las mezclas se introduzcan de forma alternante al primer y segundo regenerador calentados.

15 En una variante preferida de esta realización de la invención, la primera cámara está dentro del primer regenerador, y la segunda cámara está dentro del segundo regenerador, el primer y segundo regenerador están separados por una pared que está en contacto con el primer y segundo regenerador, y el paso entre la primera y la segunda cámaras pasa a través de la pared. En esta variante, no son necesarios conductos externos a los regeneradores.

### Breve descripción de los dibujos

20 La Figura 1 es un diagrama de flujo de una realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de una parte de la realización de la Figura 1.

25 La Figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de otra parte de la realización de la Figura 1.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de otra realización de la presente invención.

La Figura 5 es una vista en sección transversal de un dispositivo útil en la práctica de la presente invención.

30 La Figura 6 es un diagrama de flujo de otra realización de la presente invención

La Figura 7 es una vista en sección transversal de un dispositivo útil en la práctica de la presente invención.

35 La Figura 8 es una vista en sección transversal de un equipo de regenerador que incorpora otra realización más de la invención

### Descripción detallada de la invención

40 La presente invención emplea un proceso de recuperación de calor que recaptura calor utilizable a partir de corrientes de escape de gases de escape a alta temperatura. Los ejemplos preferidos de los procesos de combustión con los que puede ponerse en práctica el método de esta invención, incluyen hornos de fusión de vidrio, en los que los ingredientes que forman el vidrio se funden entre sí para formar vidrio fundido.

45 Este proceso de recuperación de calor se realiza en dos ciclos, que reciben el nombre en la presente memoria de ciclo de escape y ciclo de reformado. Estos dos ciclos se llevan a cabo de forma alternante en dos o más regeneradores llenos de material refractario. El proceso de recuperación de calor se lleva a cabo, preferiblemente, en asociación con hornos y otros dispositivos de combustión que emplean procesos de combustión "oxicombustible", es decir, combustión de combustibles con oxidante gaseoso que comprende un contenido de oxígeno de al menos 50 % en volumen de oxígeno, 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, dado que los gases de escape producidos por la combustión oxicombustible tienen unas concentraciones de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> más elevadas, favoreciendo ambos las reacciones endotérmicas de reformado que se utilizan en el método de esta invención. 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 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 descripción que sigue, el metano puro (CH<sub>4</sub>) se describe como combustible de reformado a título ilustrativo. 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).

60 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 corrector ya precalentado. A medida que la mezcla de RFG/RF pasa a través del segundo regenerador, alcanza una temperatura a la cual comienzan a producirse reacciones de reformado y continúan produciéndose, dando lugar a productos que incluyen H<sub>2</sub> 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 que se produce por las reacciones de reformado comprende de forma típica uno o más componentes, tales como H<sub>2</sub>, CO, gases sin reaccionar que comprenden H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, nitrógeno, cualquier NO<sub>x</sub> 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 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 periodo 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 predeterminados, en donde las válvulas se abren y cierran de forma secuencial y los gases motrices se encienden y apagan basándose en tiempos específicos.

El funcionamiento y control de la presente invención se describe con más detalle a continuación junto con las Figuras 1 a 8. Haciendo referencia primero a la Figura 1, se utiliza como ejemplo un horno (5) de vidrio de combustión en puerto final, equipado con dos regeneradores (100) y (200) en la pared (3) de extremo del horno (5). Sin embargo, el funcionamiento descrito en la presente memoria de un par de regeneradores puede llevarse a cabo del mismo modo cuando los pares de regeneradores estén situados uno junto al otro en un lado del horno (5), o se sitúen en lados opuestos del horno (5).

Como se muestra en la Figura 1, el horno (5) de vidrio de puerto final tiene una estación de alimentación, representada como (31), donde el material (30) de alimentación que comprende materiales sólidos para fabricación de vidrio (conocido como lote y/o vidrio triturado), se carga en el horno para calentarse y fundirse. El flujo de vidrio fundido que sale del horno (5) se representa como (90). El horno (5) está equipado con un primer regenerador (100) en el lado izquierdo del horno, y con un 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 Figuras 2 y 3.

Como se ve en las Figuras 1 y 2, el interior del horno (5) está conectado al espacio superior (530) del regenerador (200) por el cuello (205) del puerto. Los materiales refractarios [representados como (520)] se proporcionan dentro del regenerador (200), y se disponen con pasos entre los materiales refractarios, a través de los cuales puede fluir el gas a y desde el espacio inferior (500) de la cámara a través de los pasos (515) de gas soportados en el arco (510), que también soporta el peso del lecho de materiales refractarios en el regenerador (200).

Como se ve también en las Figuras 1 y 2, el conducto (260) está conectado al espacio inferior (500) y al dispositivo (210), que se describe con más detalle a continuación. La línea (21) de alimentación de combustible gaseoso suplementario está conectada al conducto (260) a través de la válvula (230). La línea (20) de combustible de reformado está conectada al dispositivo (210) a través de la válvula (220), para que pueda pasar combustible de reformado al dispositivo (210), como se describe en la presente memoria. La línea (22) de gas motor está conectada al dispositivo (210) a través de la válvula (240), para que pueda pasar el gas de purga al dispositivo (210), como se describe en la presente memoria. La línea (250) de gases de escape está conectada al dispositivo (210), para que pueda pasar gas al dispositivo (210) o para recibir gas del dispositivo (210), como se describe en la presente memoria. La línea (250) de gases de escape se extiende del dispositivo (210) a la línea (350) y la línea (150), que se describe a continuación. La línea (350) pasa a través de la válvula (300), que ajusta la proporción de gas que fluye a través de las líneas (250) y (150) con respecto al flujo de gas que pasa a través de la línea (350) al dispositivo motor (310), que es cualquier dispositivo capaz de extraer gas hacia sí mismo a través de la línea (350), tal como un ventilador, un soplador o un eductor. La línea (315) está conectada al dispositivo motor (310) y al escape, representado como (400), lo que significa que no vuelve a entrar en el horno, sino que se descarga a la atmósfera y/o se transporta a una o más de otras estaciones para su almacenamiento y/o tratamiento adicional, o cualquier combinación de tales destinos.

Como se ve en las Figuras 1 y 3, el interior del horno (5) está conectado al espacio superior (430) del regenerador (100) por el cuello (105) del puerto. Los materiales refractarios [representados como (420)] se proporcionan dentro del regenerador (100), y se disponen con pasos entre los materiales refractarios, a través de los cuales puede fluir el gas a y desde el espacio inferior (405) de la cámara a través de los pasos (415) de gas soportados en el arco (410), que también soporta el peso del lecho de materiales refractarios en el regenerador (100).

Como se ve también en las Figuras 1 y 3, el conducto (160) está conectado al espacio inferior (405) y al dispositivo (110), que se describe con más detalle a continuación. La línea (11) de alimentación de combustible gaseoso suplementario está conectada al conducto (160) a través de la válvula (130). La línea (10) de combustible de reformado está conectada al dispositivo (110) a través de la válvula (120), para que pueda pasar combustible de reformado al dispositivo (110), como se describe en la presente memoria. La línea (12) de gas motor está conectada al dispositivo (110) a través de la válvula (140), para que pueda pasar gas de purga al dispositivo (210), como se describe en la presente memoria. La línea (150) de gases de escape está conectada al dispositivo (110), para que pueda pasar gas al dispositivo (110) o para recibir gas del dispositivo (110), como se describe en la presente memoria. La línea (150) de gases de escape se extiende del dispositivo (110) a la línea (150) y a la línea (350) y al escape (400), que se describen más arriba.

En la realización mostrada en la Figura 4, los elementos que llevan números de referencia que aparecen en la Figura 1, son los mismos que los descritos en la presente memoria con respecto a la Figura 1. Además de estos elementos, la línea (150A) está conectada al conducto (160) y a la línea (250) y a la línea (350B). La línea (250A) está conectada al conducto (260) y a la línea (150) y a la línea (350A). La línea (350A) pasa a través de la válvula (300A) al dispositivo motor (310), y la línea (350B) pasa a través de la válvula (300B) al dispositivo motor (310). Los flujos de gas a través de estas líneas, y las proporciones de flujos que pasan a través y que no pasan a través de los dispositivos (110) y (210), pueden controlarse mediante el tamaño de las líneas y mediante los ajustes de la válvula (300) y del dispositivo motor (310) y, opcionalmente, proporcionando válvulas de control en las líneas (150A) y (250A). Esta realización puede ser preferible en algunas operaciones, en comparación con la realización de la Figura 1, en que la realización de la Figura 1 requiere que todos los productos gaseosos de combustión que salen del regenerador (200) en el conducto (260) al dispositivo (110) o a la línea (350) pasen a través del dispositivo (210), y requiere que todos los productos gaseosos de combustión que salgan del regenerador (100) en el conducto (160) al dispositivo (210) o a la línea (350) pasen a través del dispositivo (110), mientras que la realización de la Figura 4 no requiere que todos estos flujos de gases pasen a través de los dispositivos (210) y (110), respectivamente, lo que proporciona una flexibilidad operativa que los operarios que pueden encontrar útil.

La Figura 5 representa una realización útil (550) de un dispositivo que puede emplearse como el dispositivo (110) y/o el dispositivo (210) descrito en la presente memoria. El dispositivo (550) tiene un exterior sólido (560) provisto de una abertura (551) de entrada, una segunda abertura (552) y una salida (558), todas las cuales se comunican con un interior hueco (557). El interior hueco (557) incluye la cámara (554), y el paso (555) que se comunica con la cámara (554). La abertura (551) termina en una abertura (553) de boquilla que está orientada hacia la cámara (554). El paso (555) puede ser esencialmente cilíndrico, pero preferiblemente incluye una configuración convergente/divergente, que aparece en la Figura 5 como (556). Es decir, el diámetro del paso (555) disminuye con la distancia desde la cámara (554), desde donde se encuentra con la cámara (554) hasta un punto (o segmento) en el que el diámetro es mínimo, aumentando desde ese punto con el aumento de la distancia desde la cámara (554). Esta forma convergente / divergente mejora el arrastre de los productos gaseosos de combustión en la sección convergente, y ayuda a recuperar la presión estática en la sección divergente. Los dispositivos del tipo descrito en la presente memoria útiles como los dispositivos (110) y (210), incluyen dispositivos conocidos como educutores, que utilizan la energía cinética de un fluido en movimiento [tal como la corriente que sale de la boquilla (553)] para arrastrar otro fluido. En funcionamiento, cuando va a emplearse un dispositivo (550) como el dispositivo (210), como se describe en la presente memoria, el conducto (260) se conecta a la abertura (552), y la línea (20) se conecta a la abertura (551), y la línea (250) se conecta a la abertura (558). De igual modo, cuando va a emplearse un dispositivo (550) como el dispositivo (110), como se describe en la presente memoria, el conducto (160) se conecta a la abertura (552), y la línea (10) se conecta a la abertura (551), y la línea (150) se conecta a la abertura (558). Cuando dos gases motores distintos tales como el combustible y el gas motor para producir una corriente de gas de purga, estén conectados a un educutor, se emplea una sola boquilla, tal como la boquilla (553), o dos boquillas distintas (no mostradas) con dos líneas de conexión y aberturas distintas (no mostradas). Una configuración preferida de dos boquillas es la de boquillas concéntricas que consisten en una boquilla central conectada al primer gas motor, y una boquilla anular alrededor de la boquilla central conectada al segundo gas motor.

Las Figuras 6 y 7 representan otra realización alternativa del equipo, que es útil en la presente invención. En la realización mostrada en la Figura 6, los elementos que llevan números de referencia que aparecen en la Figura 1, son los mismos que los descritos en la presente memoria con respecto a la Figura 1. Además de estos elementos, el dispositivo (610) se proporciona en vez del dispositivo (110), del dispositivo (210) y de las líneas (150) y (250). La válvula (300) proporciona el control de la proporción del gas que fluye en los conductos (160) y (260), que pasa al escape (400) en vez de pasar al dispositivo (610), de la misma forma que la válvula (300) controla los flujos a la línea (350), como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

Haciendo referencia ahora a la Figura 7, el dispositivo (610) es en efecto un par de dispositivos del tipo descrito en la presente memoria como (550) con respecto a la Figura 5, conectado de extremo a extremo en sus respectivas aberturas (558). Es decir, el dispositivo (610) tiene un exterior sólido (620) provisto de dos aberturas (611) de entrada y dos segundas aberturas (612), todas las cuales se comunican con un interior hueco. El interior hueco incluye dos cámaras (614) y un paso (615) que está conectado a ambas cámaras (614). Las aberturas (611) terminan en aberturas (613) de boquilla, cada una de las cuales se abre en una de las cámaras (614). El paso (615) puede ser esencialmente cilíndrico, pero preferiblemente incluye una configuración convergente/divergente, que aparece en la Figura 7 como (616). Es decir, el diámetro del paso (615) disminuye con la distancia desde una cámara (614), desde donde el paso (615) se encuentra con la cámara (614), hasta un punto (o segmento) en el que el diámetro está en su menor tamaño, y luego desde ese punto aumenta con la distancia decreciente desde la otra cámara (614). Esta forma convergente / divergente mejora el arrastre de los productos gaseosos de combustión en la sección convergente, y ayuda a recuperar la presión estática en la sección divergente. Preferiblemente, el paso en esta realización es "geométricamente simétrico", lo que significa que las distancias desde cada cámara hasta el punto o segmento del diámetro más pequeño, son las mismas, y la tasa de cambio del diámetro con respecto a la distancia desde cada cámara, para cada paso entre una cámara (614) y el punto o segmento del diámetro más pequeño, es la misma. En funcionamiento, el conducto (260) está conectado a una de las aberturas (612), y la línea (20) está conectada a una de las aberturas (611); y el conducto (160) está conectado a la otra de las aberturas (612), y la línea (10) está conectada a la otra de las aberturas (611).

La Figura 8 representa otra disposición alternativa del equipo, con la que puede llevarse a cabo la presente invención. Esta realización se emplea ventajosamente cuando los regeneradores (100) y (200) están separados por una pared común (800) que está en contacto con ambos regeneradores (100) y (200). Tal pared común puede ser una única estructura sólida construida de ladrillos refractarios o de otro material termorresistente, o puede comprender dos de tales estructuras sólidas que encierran un espacio entre estas. Una superficie (801) de la pared (800) está en contacto con el espacio que contiene los materiales refractarios (420), y otra superficie (802) de la pared (800) está en contacto con el espacio que contiene los materiales refractarios (520). En la realización mostrada en la Figura 8, el dispositivo (610) está situado en la abertura (805) que se extiende a través de la pared (800), de modo que una de las aberturas (612) mencionadas anteriormente está dentro del regenerador (100), y otra abertura (612) está dentro del regenerador (200). Más específicamente, una abertura (612) está en el espacio inferior (500), y otra abertura (612) está dentro del espacio inferior (405). Preferiblemente, la abertura (612) está situada en el dispositivo (610) orientado hacia abajo hacia el suelo inferior de los regeneradores, para impedir que el polvo y los restos de los materiales refractarios de más arriba caigan en la abertura. Además, hay una abertura (611) del dispositivo (610) dentro del regenerador (100), y una abertura (611) dentro del regenerador (200). En esta realización no se necesita ningún sistema de conductos entre las aberturas (612) y el interior de los regeneradores, ya que los dispositivos (610) ya están dentro de los regeneradores.

El método de la presente invención puede llevarse a cabo de la siguiente forma.

Haciendo referencia primero a las Figuras 1, 2 y 3, en un ciclo de funcionamiento, el regenerador (200) operativo está en el ciclo de escape en donde los productos gaseosos de combustión ("gases de escape") del interior del horno (5) entran en el cuello (205) del puerto, y luego fluyen al espacio superior (530) del regenerador (200). Esta corriente de gases de escape calienta los materiales refractarios (520) a medida que fluye a través de los pasos entre los materiales refractarios dentro del regenerador (200), y entra en el espacio inferior (500) de la cámara a través de pasos (515) de gas en el lecho de materiales refractarios.

Como se ve en las Figuras 1 y 2, la corriente de gases de escape enfriada sale del regenerador (200) en el conducto (260). En este ciclo, las válvulas (230), (220) y (240) están cerradas. En esta realización de la invención, los gases de escape enfriados pasan a través del dispositivo (210) a la línea (250). La mayoría de los gases de escape en la línea (250) pasa a través de la válvula (300) al escape (400) como escape, según se define en la presente memoria. Una parte de los gases de escape de la línea (250), preferiblemente entre el 5 y el 30 % de los gases de escape, pasa a la línea (150), y luego entra en el dispositivo (110) a través de la abertura (552) (Figura 5). Esto son gases de escape reciclado (RFG, por sus siglas en inglés). El resto de los gases de escape se hace pasar preferiblemente al escape.

El combustible de reformado (RF) es suministrado por la línea (10) a través de la válvula (120), que está abierta, al dispositivo (110) a través de la abertura (551) y la boquilla (553). La válvula (140) debe estar cerrada durante esta parte del ciclo.

Introducir combustible de reformado a través de la boquilla (553) arrastra los gases de escape que entraron al dispositivo (110) hacia la corriente de gas combustible. Este arrastre forma en la cámara (554) una mezcla de gases de escape y combustible de reformado. El arrastre se logra preferiblemente inyectando el gas combustible a una presión y velocidad elevadas y, preferiblemente, en una dirección que permita que la corriente de gases de escape inyectada sinterseque la corriente entrante de gases de escape. Preferiblemente, la relación de flujo másico de los gases de escape de reciclaje arrastrado y el combustible gaseoso inyectado es de 0,5:1 a 30:1 y más preferiblemente 0,5:1 a 20:1. El gas combustible inyectado debe salir de la boquilla (553) a una velocidad alta creada por una presión de suministro de gas alta, preferiblemente de 5 psig a 200 psig, más preferiblemente de 5 psig a 100 psig, para arrastrar los gases de escape al gas combustible inyectado, para crear una mezcla del gas combustible inyectado y los gases de escape, y para impulsar la mezcla creada hacia el regenerador (100).

Como se observa con referencia a las Figuras 1 y 3, la mezcla de combustible de reformado y gases de escape sale del dispositivo (110) en el conducto (160) y pasa al espacio inferior (405) del regenerador (100). Si se desea, se introduce combustible de reformado adicional a la mezcla de combustible de reformado y gases de escape que salió del dispositivo (110). Este combustible de reformado adicional puede proporcionarse a través de la línea (11) a través de la válvula abierta (130). Preferiblemente, el caudal másico de este combustible de reformado adicional es mayor que el caudal másico del combustible gaseoso que se inyecta en, y que arrastra, los gases de escape reciclados. Añadir este combustible de reformado gaseoso adicional puede ayudar a establecer que la mezcla de combustible y gases de escape que entra en un regenerador, se ajuste a una relación deseada entre los gases de escape reciclados y el combustible de reformado (RFG/RF) dentro de un intervalo deseado, que es de forma típica 0,5:1 a 3:1 en volumen.

La mezcla de combustible de reformado y gases de escape [con o sin combustible adicional introducido a través de la línea (11) a la mezcla que salió del dispositivo (110)] entra en el paquete (420) de material refractario ya precalentado del regenerador (100) a través de los pasos (415) de gas. 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). 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, pueden producirse reacciones endotérmicas de reformado en las que el combustible reformado (p. ej. CH<sub>4</sub>) reacciona con CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O en el RFG y forma de CO, H<sub>2</sub>, 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 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, H<sub>2</sub>, hollín, CH<sub>4</sub> sin reaccionar, y CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O sin reaccionar. La corriente (425) de gas de síntesis pasa a través del cuello (105) de puerto y entra en el horno (5). La corriente de gas de síntesis sale del paquete (420) de materiales refractarios a temperaturas que varían, por ejemplo, de 982 °C a 1371 °C (1800 °F a 2500 °F). Este gas de síntesis se quema en el horno (5), representado como una 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 método de la presente invención procede con un regenerador en el ciclo de escape, y un regenerador en el ciclo de reformado, durante aproximadamente 20 a 40 minutos, o hasta que los materiales refractarios en el regenerador de reformado estén demasiado fríos como para proporcionar suficiente calor para promover las reacciones químicas endotérmicas deseadas. En ese punto, y continuando ahora 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 (5) experimenta una inversión en la que el regenerador (200) se pasa al ciclo de reformado para la recuperación de calor, y el regenerador (100) se pasa al ciclo de escape, para la acumulación de calor.

Antes de la inversión, el gas de síntesis restante en el regenerador (100) debe purgarse al horno (5). En este caso, el combustible de reformado suministrado al regenerador se detiene primero cerrando las válvulas (120) y (130), a la vez que se deja que continúe el flujo de RFG desde el dispositivo (110). Durante la purga, el caudal de RFG puede aumentarse para acortar el tiempo requerido para que se complete el purgado. 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. El purgado puede llevarse a cabo introduciendo el gas motor desde la línea (12), abriendo la válvula (140). El gas motor no debe contener combustible. Un gas de purga adecuado puede incluir cualquiera de gases de escape (preferiblemente, gases de escape comprimidos limpios que haya salido de uno de los regeneradores), vapor, aire, dióxido de carbono, y/u otros gases, o mezclas de los mismos, siempre que el contenido en oxígeno del gas de purga sea inferior a 25 % en volumen, más preferiblemente inferior a 15 % en volumen, aún más preferiblemente inferior a 2 % en volumen. La concentración de oxígeno de la mezcla de gas motor y productos gaseosos de combustión arrastrados que se forma al llevar a cabo la etapa de purga, debe ser inferior a 10 %, preferiblemente inferior a 6 %, más preferiblemente inferior a 4 %, y aún más preferiblemente inferior a 2 %, en volumen con respecto al peso húmedo. El gas de purga se introduce preferiblemente a una presión de 1 psig a 1000 psig, preferiblemente de 5 psig a 150 psig. La relación de arrastre de masa de gas motor (es decir, la relación entre el caudal másico de los gases de escape arrastrado y el caudal másico del gas motor) debería ser de 1 a 30, o de 1 a 20, preferiblemente de 5 a 30, o de 5 a 20, y más preferiblemente de 10 a 30.

Tras la inversión, los gases de escape del horno pasa a través del regenerador (100) en vez de a través del regenerador (200), y una parte de los gases de escape pasa a escape (como se define en la presente memoria), mientras que una parte o el resto se arrastra en el dispositivo (210) con combustible gaseoso, para formar una mezcla de gases de escape y combustible de reformado, que se impulsa al regenerador (200) [con o sin combustible de reformado adicional que, si se desea, es alimentado por la línea (21) a través de la válvula (230)]. Para llevar a cabo este ciclo, la válvula (240) que se había cerrado se abre, y las válvulas (120) y (130) que habían estado abiertas se cierran. La mezcla de combustible de reformado y de gases de escape reciclado experimenta en el regenerador (200) las reacciones endotérmicas producidas en el regenerador (100) en el ciclo anterior, como se ha descrito en la presente memoria, para producir gas (425) de síntesis, que pasa al horno (5), donde se quema con oxidante (235) que se introduce a través de la válvula (225).

Para realizar el método de la presente invención con la disposición que aparece en la Figura 4, la operación se realiza como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 1, 2 y 3, con la característica adicional de que las válvulas (300A) y (300B) pueden abrirse total o parcialmente, o cerrarse, según se desee, para ajustar cuánto gas pasa a través de los dispositivos (110) y (210) durante cada ciclo de la operación. Como se ha mencionado anteriormente, los flujos de gas también pueden controlarse mediante ajustes adecuados de la válvula (300) y el dispositivo motor (310).

Para realizar el método de la presente invención con las disposiciones que aparecen en la Figura 6 o la Figura 8, la operación es como se ha descrito anteriormente en referencia a las Figuras 1, 2 y 3. El dispositivo (610) es ventajoso en el sentido de que todo el gas que fluye fuera de una cámara (614), entra en la otra cámara (614), simplificando de este modo la operación, y requiriendo menos líneas y válvulas.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para llevar a cabo la combustión en un horno (5), que comprende

5 (A)quemar combustible en un horno, para producir productos gaseosos de combustión, y  
(B)de forma alternativa

10 (1)pasar productos gaseosos de combustión del horno (5) a, y a través de, un primer regenerador enfriado (100), para calentar el primer regenerador y enfriar dichos productos gaseosos de combustión, e inyectar una corriente de combustible gaseoso a una corriente de reciclado que comprende dichos productos gaseosos de combustión enfriados en dicho primer regenerador, para arrastrar dicha corriente de reciclado a dicha corriente inyectada de combustible gaseoso, formando de este modo una mezcla del combustible gaseoso con dichos productos gaseosos de combustión arrastrados, y para impulsar la mezcla a un  
15 segundo regenerador calentado (200) y, en el segundo regenerador, hacer reaccionar los productos gaseosos de combustión y el combustible en dicha mezcla, en una reacción endotérmica, para formar gas de síntesis que comprende hidrógeno y CO, y pasar dicho gas de síntesis del segundo regenerador al horno, y quemarlo en el horno, y  
20 (2)pasar productos gaseosos de combustión del horno (5) a, y a través de, un segundo regenerador enfriado (200), para calentar el segundo regenerador y enfriar dichos productos gaseosos de combustión, e inyectar una corriente de combustible gaseoso a una corriente de reciclado que comprenda dichos productos gaseosos de combustión enfriados en dicho segundo regenerador, para arrastrar dicha corriente de reciclado a dicha corriente inyectada de combustible gaseoso, formando de este modo una mezcla del combustible gaseoso con dichos productos gaseosos de combustión arrastrados, y para impulsar la mezcla a un primer  
25 regenerador calentado (100) y, en el primer regenerador, hacer reaccionar los productos gaseosos de combustión y el combustible en dicha mezcla, en una reacción endotérmica, para formar gas sintético que comprende hidrógeno y CO, y hacer pasar dicho gas de síntesis del primer regenerador al horno, y quemarlo en el horno;

30 **caracterizado porque** en la etapa (B)(1) dicha corriente de combustible gaseoso se inyecta a dichos productos gaseosos de combustión en una primera cámara (614) de un dispositivo que tiene una primera y segunda cámaras (614) conectadas por un paso (615), y dicha mezcla de combustible gaseoso y productos gaseosos de combustión se hace pasar de dicha primera cámara (614), a través de dicho paso y a través de dicha segunda  
35 cámara (614), al segundo regenerador calentado (200); y en la etapa (B)(2), dicha corriente de combustible gaseoso se inyecta a dichos productos gaseosos de combustión en dicha segunda cámara (614) de dicho dispositivo, y dicha mezcla de combustible gaseoso y productos gaseosos de combustión se hace pasar de dicha segunda cámara, a través de dicho paso (615) y a través de dicha primera cámara (614), al primer regenerador calentado (100).

40 2. Un método según la reivindicación 1, que comprende además, en la etapa (B)(1), introducir combustible gaseoso adicional a la mezcla de combustible gaseoso con productos gaseosos de combustión arrastrados, antes de que la mezcla se impulse al segundo regenerador calentado (200) y, en la etapa (B)(2), introducir combustible gaseoso adicional a la mezcla de combustible gaseoso con productos gaseosos de combustión  
45 arrastrados, antes de que la mezcla se impulse al primer regenerador calentado (100).

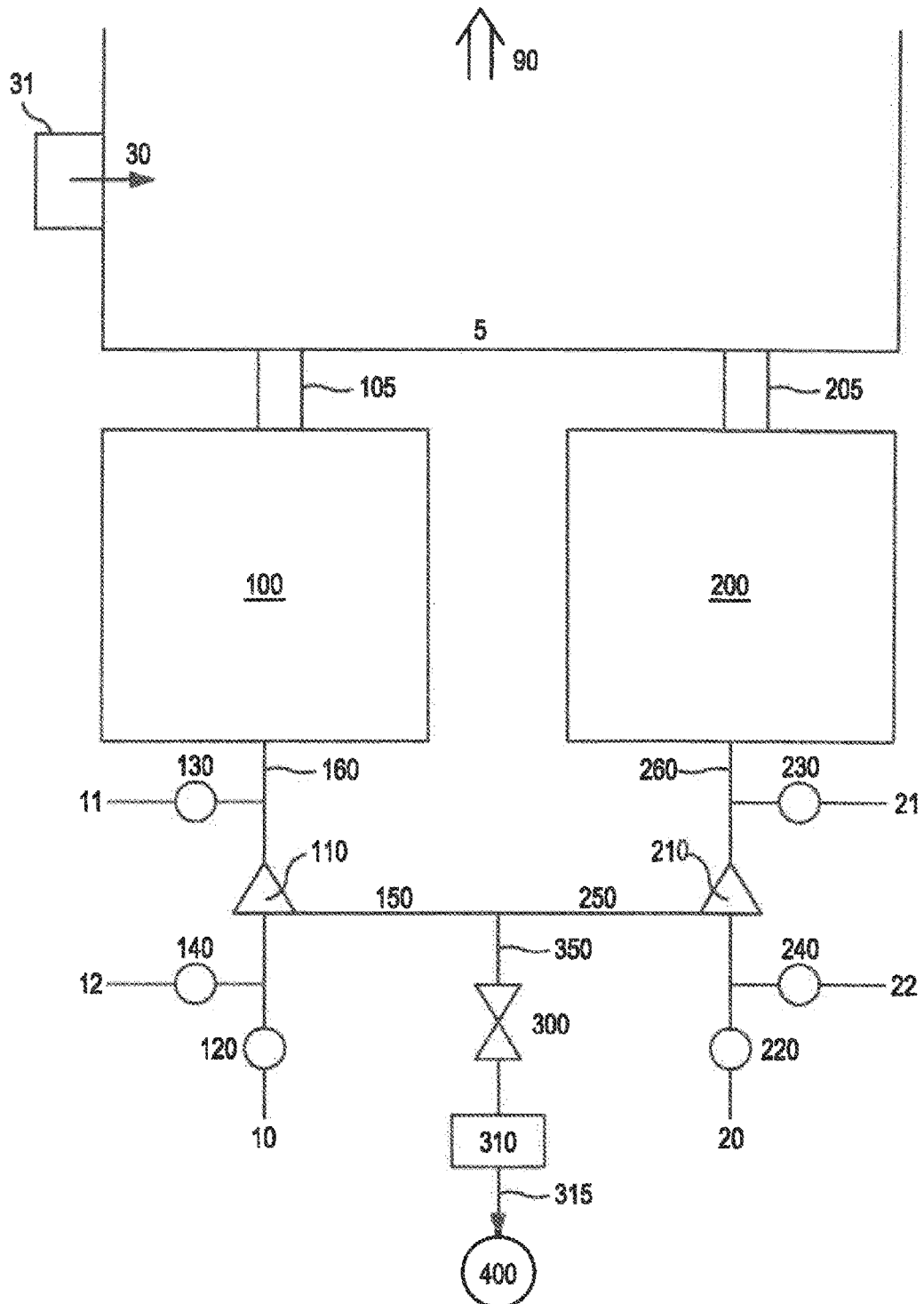
3. Un método según la reivindicación 1, en donde la primera cámara está dentro del primer regenerador (100), y la segunda cámara está dentro del segundo regenerador (200), estando separados el primer y segundo regenerador por una pared (800) que está en contacto con los regeneradores, y el paso (615) entre la  
50 primera y segunda cámaras (614) pasa a través de la pared.

4. Un método según la reivindicación 2, en donde el caudal másico de dicho combustible gaseoso adicional es mayor que el caudal másico de dicho combustible gaseoso de la reivindicación 1.

55 5. Un método según la reivindicación 1, en donde dicho paso (615) tiene una sección convergente-divergente en el paso.

6. Un método según la reivindicación 5, en donde dicha sección convergente-divergente es geométricamente simétrica.





**Figura 1**

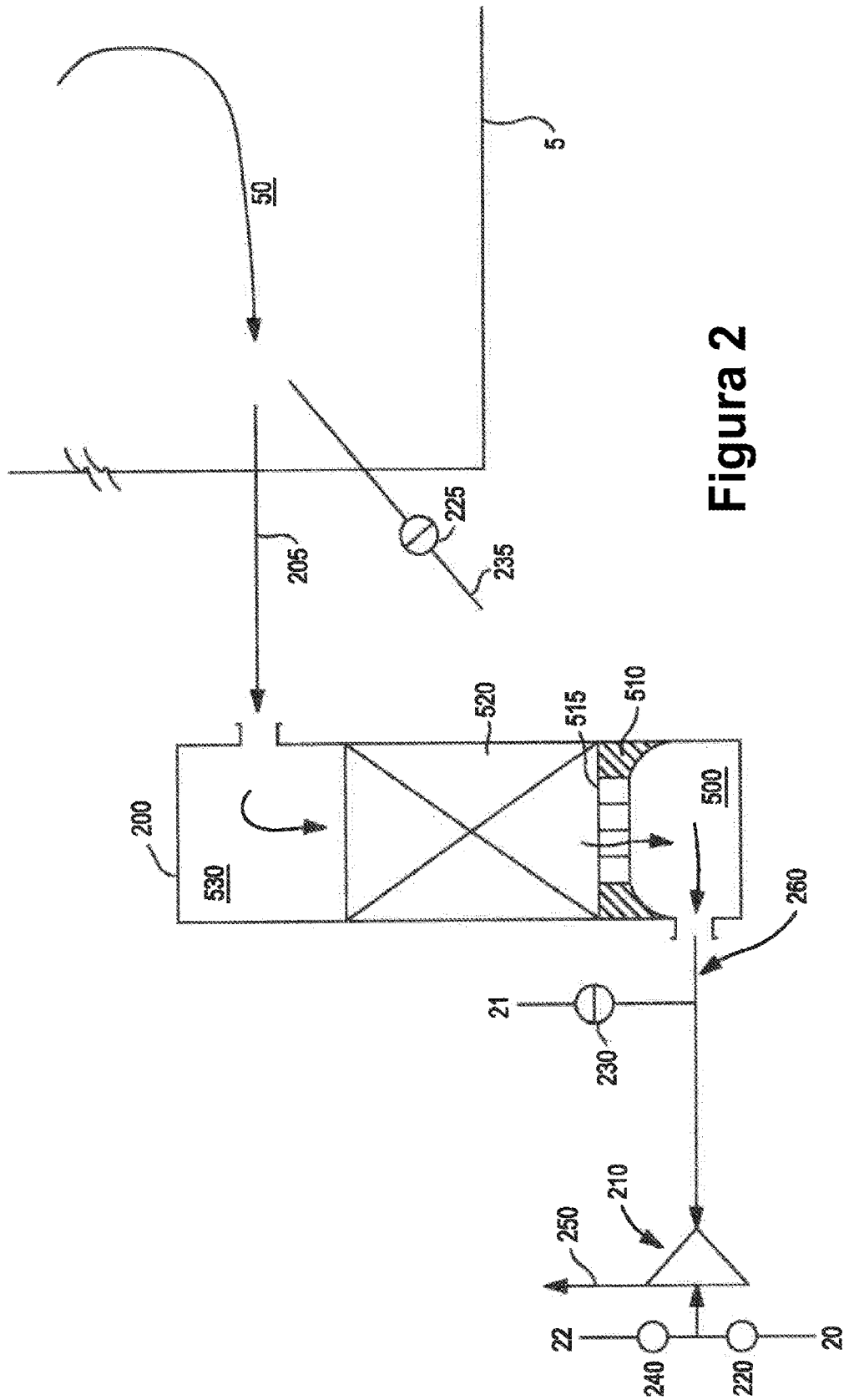


Figura 2

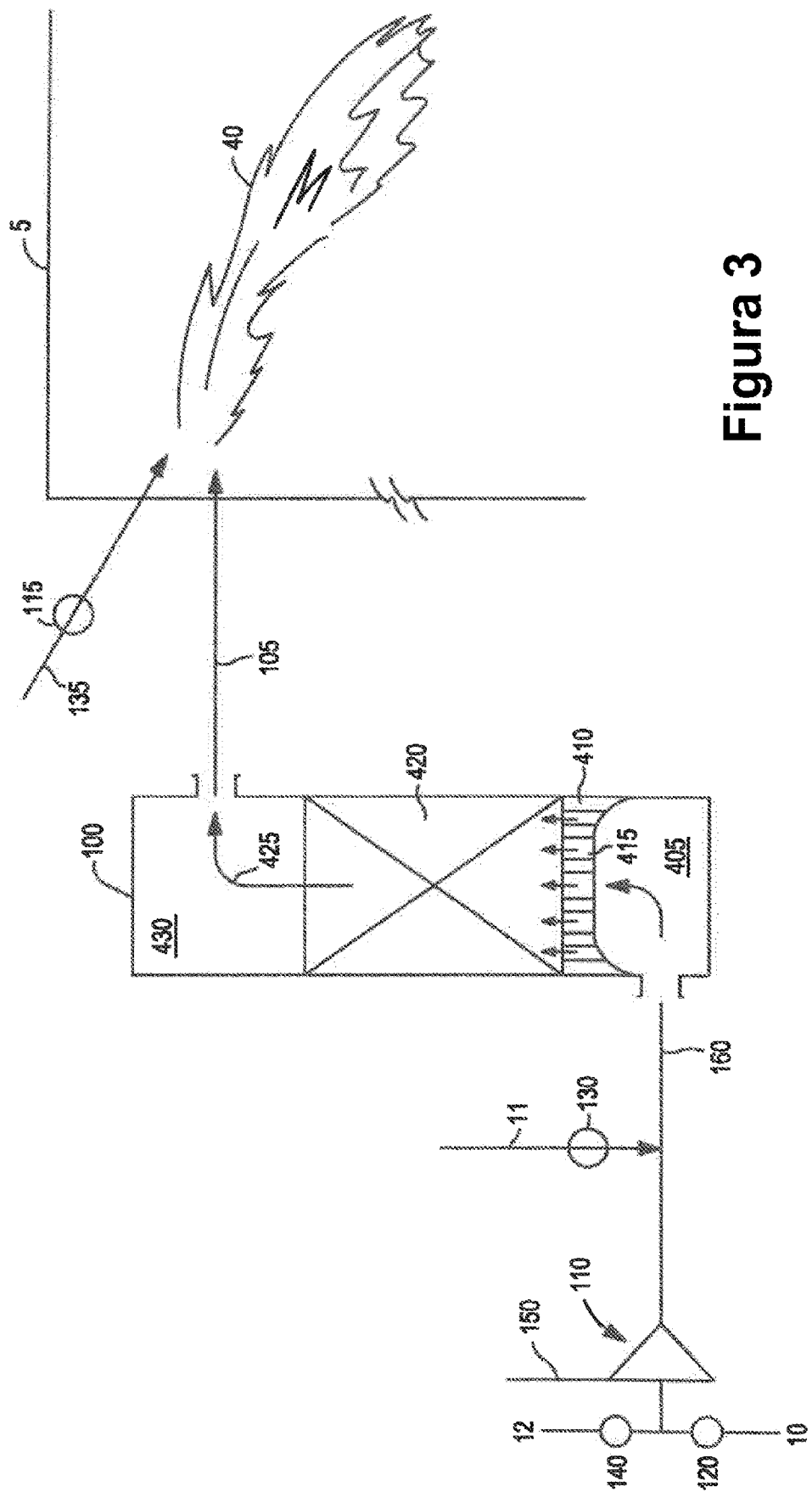


Figura 3

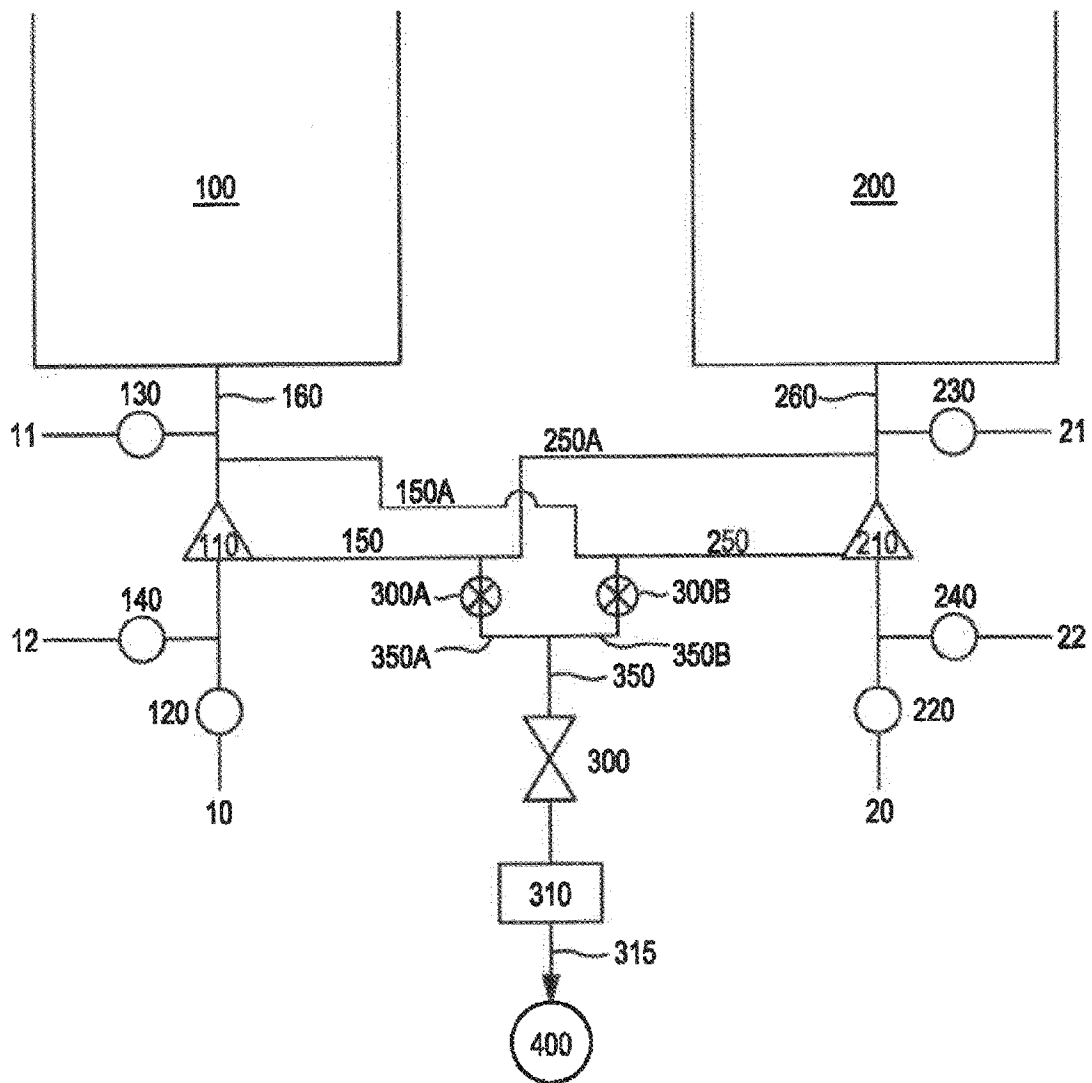
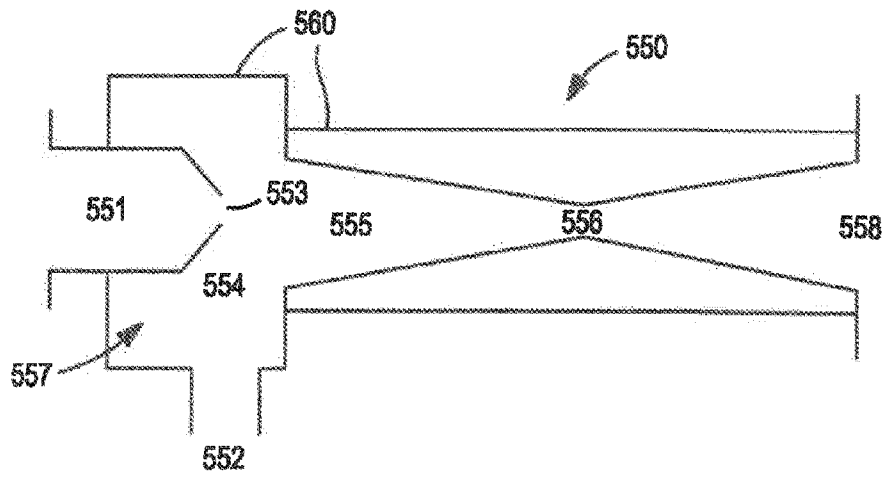
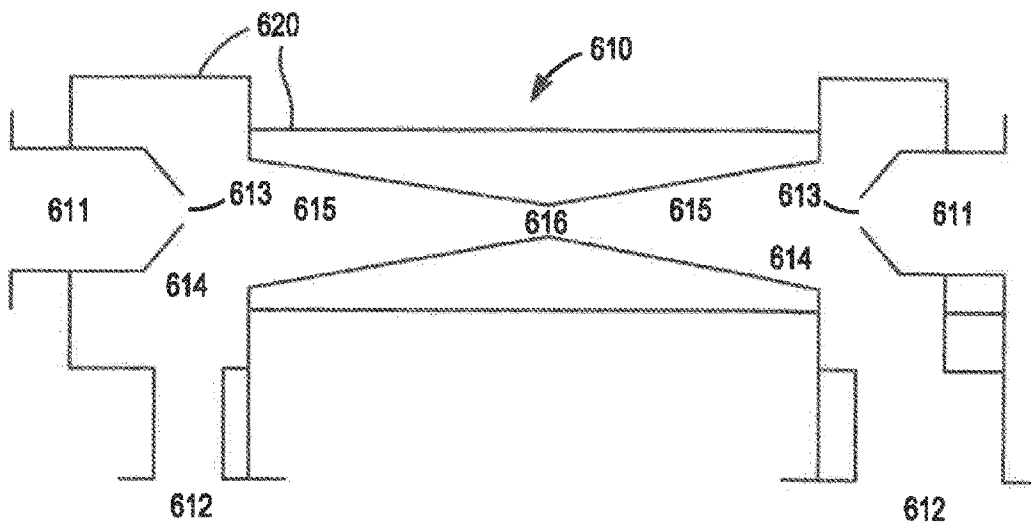


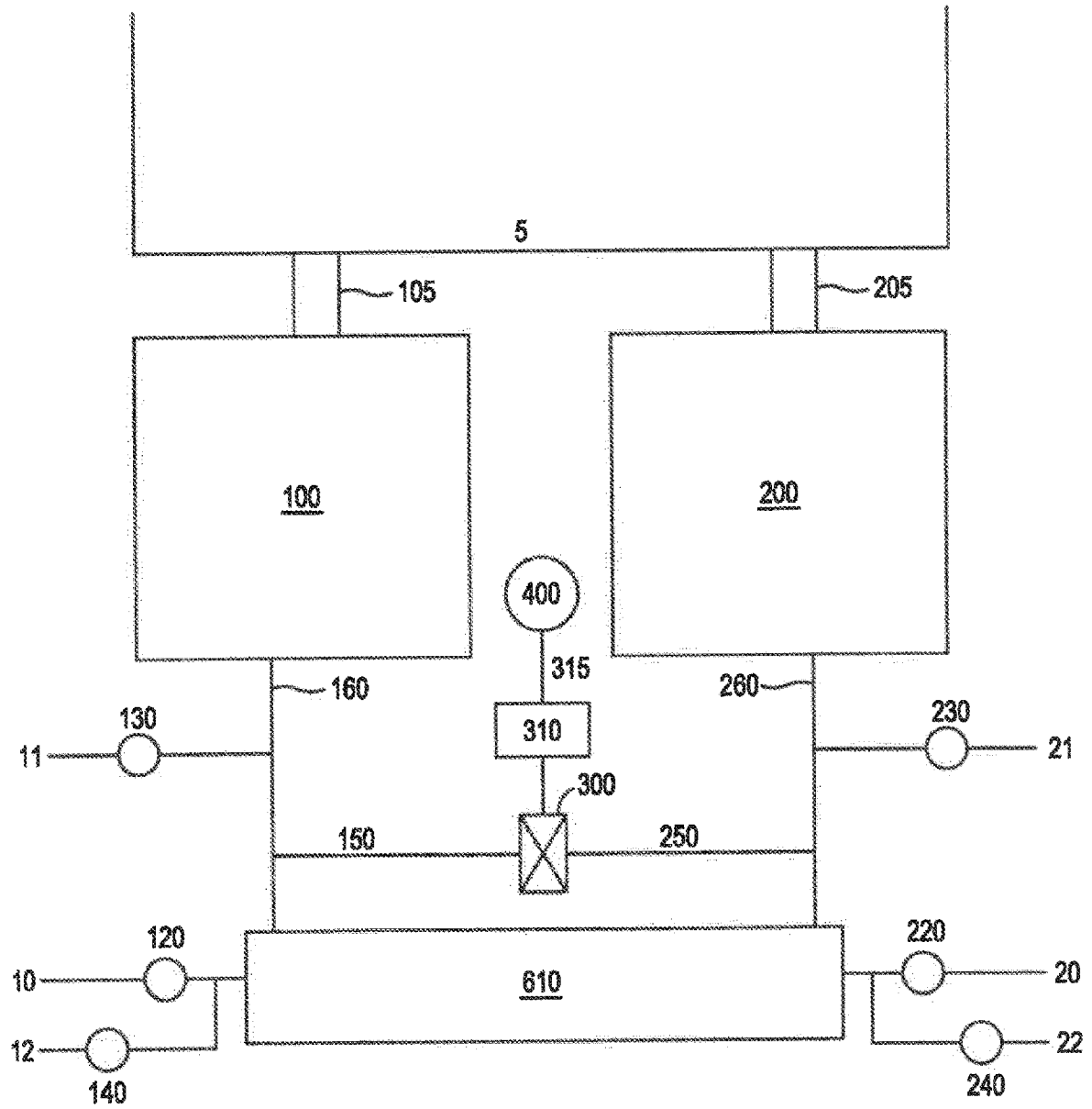
Figura 4



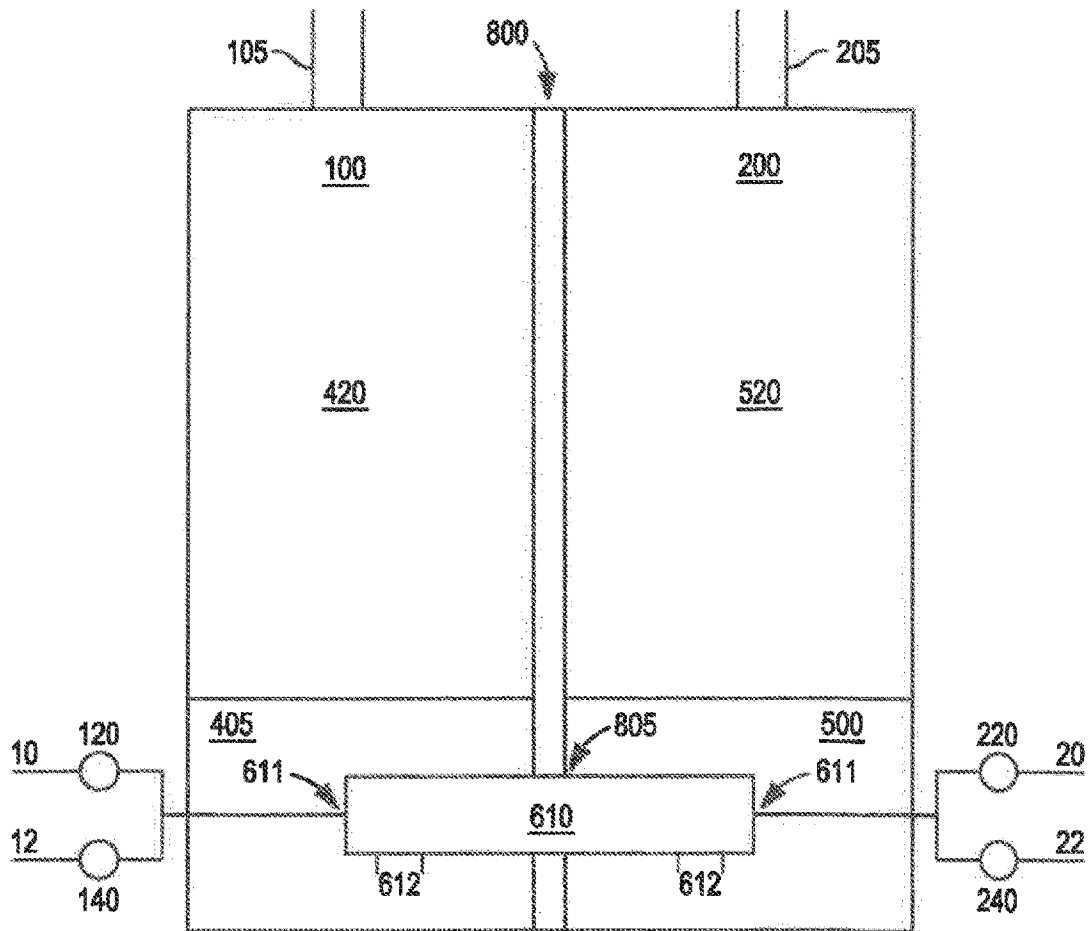
**Figura 5**



**Figura 7**



**Figura 6**



**Figura 8**