

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 186**

51 Int. Cl.:

F23N 1/02 (2006.01)
F23D 99/00 (2010.01)
F23D 14/22 (2006.01)
F23D 14/32 (2006.01)
F23N 1/00 (2006.01)
F23D 14/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2009 PCT/EP2009/058293**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10003866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2009 E 09793921 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2310744**

54 Título: **Conjunto de quemador y método de combustión**

30 Prioridad:

08.07.2008 EP 08305386

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2019

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**AMIRAT, MOHAND;
DUPERRAY, PASCAL;
GRAND, BENOIT;
MORTBERG, MAGNUS;
MULON, JACQUES;
PAUBEL, XAVIER;
TSIAVA, RÉMI y
KALCEVIC, ROBERT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 186 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

Conjunto de quemador y método de combustión

5 La presente invención se refiere a un proceso de combustión y a un aparato para el mismo que contiene inyectores separados de combustible y oxidante para introducir separadamente gas combustible y oxidante en la cámara de combustión de un horno, de manera que el combustible se quema con el oxidante en una amplia llama luminosa y en el cual la combustión del combustible con el oxidante genera cantidades reducidas de óxidos de nitrógeno (NO_x).

10 Procesos industriales de alta temperatura, tales como fundición de vidrio o frita, fusión de materiales ferrosos y no ferrosos, usan grandes cantidades de energía para transformar una diversidad de materiales en bruto en un producto caliente que es a continuación colado, conformado o de otro modo dispuesto en etapas adicionales del proceso industrial. Esta operación es realizada generalmente en grandes hornos que pueden producir tanto como 15 500 toneladas (métricas) por día de material fundido. La combustión en el horno de combustibles de elevado valor calorífico, tales como gas natural, propano, o posiblemente combustibles de bajo valor calorífico, tales como algunos gases de alto horno, con un oxidante que contiene oxígeno, es un método preferido de proporcionar la energía. En algunos casos, la combustión es suplementada mediante calentamiento eléctrico. La mayor parte de las veces, el combustible y el oxidante son introducidos en el horno a través de quemadores con el fin de generar llamas. La transferencia de energía desde las llamas al material que se ha de calentar o fundir resulta de la combinación de convección en la superficie del material y radiación hacia la superficie o el interior del material, si el material es transparente a la radiación. Son usualmente preferidas llamas que sean altamente radiactivas (a las que se hace referencia usualmente como llamas luminosas), porque proporcionan mejor transferencia de calor y por lo tanto, 20 mayor eficacia del combustible.

Para calentamiento con llama, es también muy importante hacer que la energía procedente de la llama se distribuya uniformemente por encima de la superficie del material que se ha de calentar o fundir. De otro modo, pueden coexistir en el horno regiones calientes y frías, lo que no es generalmente deseable, ya que ello puede afectar a la calidad de los productos fabricados con material calentado o fundido en esta clase de hornos. Por ejemplo, en un 25 baño de vidrio fundido, puede haber trozos duros de vidrio en regiones frías y volatilización incrementada en regiones calientes. Se prefieren llamas amplias porque producen una difusión mejor y más uniforme.

En muchos países están siendo promulgadas regulaciones cada vez más estrictas relativas a las emisiones de NO_x. Por lo tanto, han sido desarrolladas técnicas de combustión en las que es limitada la formación de NO_x.

30 En procesos de temperatura muy elevada, la formación de NO_x es favorecida por largos tiempos de estancia de moléculas de oxígeno y nitrógeno en regiones calientes de la llama y el horno. El uso de oxígeno prácticamente puro (90% de O₂ o mayor) en lugar de aire como oxidante ha mostrado tener mucho éxito en la reducción de emisiones de NO_x en tanto como 90%, ya que es eliminada casi la totalidad del nitrógeno.

35 Si embargo, la sustitución de aire por oxígeno prácticamente puro aumenta la temperatura de la llama y crea así regiones en el horno en las que es elevada la reactividad de nitrógeno con oxígeno, y en las que la formación de NO_x puede aumentar proporcionalmente, incluso aunque disminuya globalmente en comparación con la combustión con aire. Ciertamente, en la práctica, es usualmente imposible eliminar todo el nitrógeno de un horno, debido a que los hornos industriales no son herméticos a las fugas de aire, el combustible contiene usualmente algo de nitrógeno, y el oxígeno suministrado desde fuentes no criogénicas, tales como oxígeno producido por una instalación de Adsorción Fluctuante en Vacío (Vacuum Swing Adsorption: VSA), contiene una pequeña concentración de nitrógeno residual. 40

Conjuntos de quemador capaces de funcionar a baja presión, particularmente para el gas oxidante, mientras producen una llama amplia, plana, luminosa, con emisiones reducidas de NO_x, y que proporcionan una manera de controlar la longitud de la llama de manera que se adapte la llama al horno en el que se usan, son conocidos por los documentos US-A-5984667 y US-A-6068468, y son comercializados por la solicitante bajo las denominaciones 45 comerciales AlglassTM FC y AlbathTM FC.

Un aspecto esencial de dicho conjunto de quemador es que el combustible y el oxidante están separados físicamente (es decir, están espaciados), y geoméricamente dispuestos con el fin de comunicar a las corrientes de fluido combustible y a las corrientes de fluido oxidante ángulos que permiten la combustión del fluido combustible con el oxidante en una llama estable, amplia y luminosa.

50 Más concretamente, los documentos US-A-5984667 y US5302112 describen un conjunto de quemador que comprende al menos dos cavidades de fluido combustible, al menos una cavidad de fluido oxidante y al menos una cara de salida en la que termina al menos una de las cavidades de fluido combustible y al menos una de las cavidades de fluido oxidante. El citado conjunto de quemador comprende:

- a) medios para suministrar una corriente de fluido oxidante;
- 55 b) medios para inyectar dicha corriente de fluido oxidante en dicha al menos una cavidad de fluido oxidante para crear al menos una corriente de fluido oxidante inyectado;

c) medios para suministrar una corriente de fluido combustible; y

d) medios para inyectar dicha corriente de fluido combustible en dichos al menos dos canales de fluido combustible para crear al menos dos corrientes de fluido combustible inyectado;

5 en el que las direcciones de inyección de la corriente de fluido oxidante y la corriente de fluido combustible son esencialmente convergentes y se cortan o encuentran en una zona de combustión, mientras que las direcciones de al menos dos canales de fluido combustible adyacentes son divergentes.

Beneficios demostrados de este tipo de quemadores son:

- mejoras de la eficacia del combustible al dirigir la energía de la llama hacia la carga en lugar de hacia la estructura del horno,
- 10 • mejoras en la uniformidad del calentamiento y eliminación de puntos calientes por medio de una difusión de carga mejorada,
- elevada luminosidad, que da lugar a eficacia de transferencia de calor a la carga, por ejemplo en hornos de fundición de vidrio,
- bajas emisiones de contaminantes.

15 Quemadores de este tipo funcionan de manera fiable en cierto intervalo de condiciones del proceso, en particular dentro de un cierto intervalo de regímenes de caldeo, pero pueden presentarse problemas cuando se hace funcionar el quemador fuera de dicho intervalo. Por ejemplo, un problema experimentado con quemadores de este tipo es que a bajos regímenes de caldeo (por ejemplo por debajo de 30% del régimen de caldeo normal) la llama producida por el quemador es 'lánguida' y tiende a elevarse hacia la corona del horno, creando con ello el riesgo de formación de puntos calientes en la corona del horno. A regímenes de caldeo muy elevados (por ejemplo superiores a 200% del régimen de caldeo nominal), el control de la llama es cada vez más difícil y la longitud de la llama puede ser tal que cause daños en la pared opuesta del horno.

Existe la necesidad de aumentar la flexibilidad del tipo anteriormente conocido de quemador.

25 En hornos de fundición de vidrio, por ejemplo, el régimen de tiro del horno puede tener que incrementarse, lo que entraña generalmente un aumento del régimen de caldeo de al menos uno de los quemadores montados en el horno. Bajo ciertas circunstancias puede ser necesario disminuir el régimen de tiro del horno, lo que puede originar un descenso del régimen de caldeo de al menos uno de sus quemadores. Sería deseable proporcionar más flexibilidad en el régimen de caldeo del horno sin deterioro de la calidad del producto producido en el horno y sin acelerar o aumentar esencialmente el riesgo de producir daños al horno.

30 Es un objeto de la presente invención proporcionar conjuntos de quemador y métodos de combustión que presenten de manera fiable los beneficios del tipo de quemadores anteriormente conocidos en una amplia gama de condiciones del proceso y en particular de regímenes de caldeo.

35 Son conocidos en la técnica quemadores que inyectan conjuntamente combustible y oxidante (es decir, inyección de combustible y oxidante que no está separada, como opuesta a la inyección separada) y capaces de funcionar tanto a elevada como a baja impulsión.

El documento EP-A-0563793 describe un sistema de combustión de oxígeno-combustible de impulsión variable que comprende un quemador de oxígeno-combustible que tiene un alojamiento generalmente cilíndrico con un conducto de combustible dispuesto en relación de separación y concetricidad dentro del citado alojamiento, en el cual:

- 40 - el conducto de combustible es co-extensivo a lo largo de una mayor parte de dicho alojamiento y tiene un extremo de llama que termina en el mismo plano que el extremo de llama del citado alojamiento;
- una tapa para combustible está dispuesta concéntricamente dentro del conducto de combustible, cooperando dicha tapa para combustible y dicho conducto de combustible para producir un flujo anular de combustible en dicho extremo de llama del citado alojamiento;
- 45 - un conducto de oxidante está dispuesto concéntricamente dentro de dicho alojamiento entre dicho conducto de combustible y dicho alojamiento, extendiéndose dicho conducto de oxidante coextensivamente en el citado alojamiento;
- una cámara de precombustión está montada en dicho quemador;

y en el cual:

- 50 - el conducto de combustible está adaptado para posicionamiento variable con respecto a dicho conducto de oxidante a lo largo del eje geométrico longitudinal, incluyendo una posición en la que terminan en la posición definida

por el extremo de llama del citado alojamiento para definir un orificio anular de paso de oxidante que rodea a dicho conducto de combustible; y

- el conducto de combustible y dicha tapa para combustible están adaptados para posicionamiento variable uno con relación a otra a lo largo del eje longitudinal que incluye una posición en la que terminan en el lugar definido por el extremo de llama de dicho alojamiento para definir unos medios de paso anulares de combustible para introducir combustible en el citado paso de combustible y oxidante en el citado paso de oxidación.

Un inconveniente principal del sistema de combustión de impulsión variable de acuerdo con el documento EP-A-0563793 es que la impulsión de la llama de oxígeno-combustible es modificada haciendo variar la posición de las partes constituyentes del conjunto, de tal manera que el conducto de combustible, el conducto de oxidante y/o la tapa para combustible se aproximan al extremo de llama del alojamiento. La presencia, en el conjunto, de partes móviles en un punto en que están sometidas a los efectos de la llama de oxígeno-combustible, tales como elevadas temperaturas y posiblemente depósitos de productos de combustión o material volatilizado, afectan la fiabilidad de dicho sistema de combustión en funcionamiento.

El documento EP-A-763692 describe un quemador de oxígeno-combustible que incluye un tubo de oxidante exterior, un tubo de combustible intermedio y un tubo de oxidante interior que están coaxialmente dispuestos con el tubo de combustible situado entre los tubos de oxidante interior y exterior y por lo que las características de la llama producida por el quemador pueden ser controladas variando los caudales relativos de los flujos de oxidante interior y exterior. Un aumento del porcentaje de oxidante total que es proporcionado al tubo de oxidante interior hace que disminuya la longitud y la luminosidad de la llama y aumente la impulsión de la llama. Quemadores de este tipo son comercializados por la solicitante con las denominaciones comerciales AlglassTM VM y AlbatchTM VM.

Los beneficios de esta tecnología de quemadores, según se demostró en hornos de fundición de vidrio, son:

- posibilidad de regular la atmósfera del horno,
- posibilidad de regular la impulsión de la llama, en particular en el caso de intensificación con oxígeno,
- posibilidad de ajustar la longitud de la llama de acuerdo con la geometría del horno (anchura del horno en el caso de caldeo cruzado), y
- posibilidad de modificar la luminosidad de la llama de acuerdo con el tipo de carga (composición de vidrio).

Ninguna de las tecnologías conocidas de combustión de impulsión variable para la inyección conjunta de combustible y oxidante están adaptadas para usar en conjuntos de quemadores del tipo conocido de los documentos US-A-5984667, US5302112 y US-A-6068468, que comprenden al menos dos pasos de combustible y por los cuales son inyectados combustible y gas oxidante en corrientes de fluido separadas hacia una cámara de combustión de un horno de alta temperatura.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un conjunto de quemador que comprende al menos dos canales de fluido combustible y al menos un canal de fluido oxidante y por ello las direcciones de inyección de la corriente de fluido oxidante y de la corriente de fluido combustible son esencialmente convergentes y se encuentran en una zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador.

De acuerdo con la invención, el conjunto de quemador comprende:

- al menos dos canales de gas combustible;
- al menos un canal de oxidante; y
- al menos una cara de salida en la que terminan los al menos dos canales de gas combustible o el al menos uno de los canales de oxidante o ambos.

El conjunto de quemador de la invención comprende además:

- a) medios para suministrar una corriente de oxidante;
- b) medios para inyectar dicha corriente de oxidante en dicho al menos un canal de fluido oxidante para crear al menos una corriente de oxidante inyectado;
- c) medios para suministrar una corriente de gas combustible;
- d) medios para inyectar dicha corriente de gas combustible en dichos al menos dos canales de gas combustible para crear al menos dos corrientes de gas combustible inyectado.

El conjunto de quemador está además diseñado de manera que las direcciones de inyección de la al menos una

corriente de oxidante y las al menos dos corrientes de gas combustible son esencialmente convergentes y se encuentran en una zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador.

El conjunto de quemador está además caracterizado porque

- 5 • los al menos dos canales de gas combustible comprenden un paso interior de conducción de combustible que forma una salida interior de gas combustible y un paso exterior de conducción de combustible que forma una salida exterior de gas combustible, estando dicho paso interior y dicho paso exterior de conducción de combustible dispuestos coaxialmente;
- 10 • los medios para inyectar la corriente de gas combustible comprenden un distribuidor de gas combustible para recibir la corriente de gas combustible desde los medios para suministrar una corriente de gas combustible, teniendo dicho distribuidor de gas combustible:
 - i) una primera cámara de gas combustible en conexión de fluido con el paso interior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible, por lo que la citada primera cámara de gas combustible tiene una primera entrada para recibir gas combustible suministrado por los medios para suministrar una corriente de gas combustible;
 - 15 ii) una segunda cámara de gas combustible en conexión de fluido con el paso exterior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible, por lo que dicha segunda cámara de gas combustible tiene una segunda entrada para recibir el gas combustible suministrado por los medios para suministrar una corriente de gas combustible; y
 - 20 iii) medios de control de flujo de gas combustible para controlar el flujo de la corriente de gas combustible desde los medios para suministrar una corriente de gas combustible respectivamente a las entradas primera y segunda.

25 El distribuidor de gas combustible que tiene una primera cámara de gas combustible en conexión de fluido con el paso interior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible y una segunda cámara de gas combustible en conexión de fluido con el paso exterior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible, hace posible controlar simultánea, uniforme y fiablemente el flujo de gas combustible a la totalidad de los al menos dos canales de gas combustible y, más concretamente, a respectivamente los pasos interior y exterior de conducción de combustible de los citados al menos dos canales de gas combustible. Como se aclara en los ejemplos siguientes, al distribuir de este modo la corriente de gas combustible por los pasos interior y exterior de conducción de combustible se pueden controlar tanto el régimen de caldeo del conjunto del quemador como la longitud de la llama.

35 El control uniforme y simultáneo del flujo de gas combustible hacia los respectivos pasos de los al menos dos canales de gas combustible es de la mayor importancia cuando se usa el conjunto de quemador en procesos industriales de alta temperatura, tales como en la fundición de vidrio. Ciertamente, un control no uniforme o separado en el tiempo sobre los al menos dos canales de gas combustible daría lugar a una duración o cambio transitorio en la forma de la llama y en el perfil o curva del calor de la zona de combustión con posibles consecuencias en la calidad de los productos obtenidos en el proceso o daños en el horno.

40 La simplicidad relativa del distribuidor de gas combustible también hace posible una robusta construcción del mismo. Además, como el distribuidor de gas combustible está situado en el lado de baja temperatura del conjunto de quemador, opuesto y separado de la zona de combustión, se añade también a la fiabilidad del conjunto de quemador el hecho de que el distribuidor de gas combustible y cualquier parte móvil del mismo no están sometidas a los efectos potencialmente perjudiciales de las altas temperaturas en el horno ni a la formación de depósitos de productos de combustión, productos condensados o suciedad.

45 La presente invención también se refiere a hornos equipados con al menos un conjunto de quemador de acuerdo con la presente invención y a procesos de combustión en los que un conjunto de quemador de acuerdo con la presente invención es usado para inyectar y quemar combustible y oxidante en una zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador. Hornos de acuerdo con la presente invención pueden ser en particular hornos de fundición, tales como hornos de fundición de vidrio u hornos de fundición no ferrosa, tales como hornos de fundición de aluminio.

50 De acuerdo con la invención, el paso interior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible puede estar montado en la primera cámara de gas combustible o el paso exterior de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible puede estar montado en la segunda cámara de gas combustible. Preferiblemente, los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible están montados en la primera cámara de gas combustible y los pasos exteriores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible están montados en la segunda cámara de gas combustible. Los al menos dos canales de gas combustible y el al menos un canal de fluido oxidante están normalmente situados dentro de un bloque refractario. La zona de combustión está normalmente situada en el

interior de un horno. El distribuidor de gas combustible está ventajosamente situado parcial o totalmente al exterior del bloque refractario. Una tal posición del distribuidor de gas combustible en el lado de aguas arriba del bloque refractario facilita el acceso al distribuidor de gas combustible.

5 De acuerdo con una realización ventajosa, el conjunto de quemador tiene tres canales de gas combustible. Conjuntos de quemador ventajosos tienen al menos cinco canales y, en particular, tres canales de gas combustible y dos canales de oxidante, por lo que, preferiblemente, si los canales de gas combustible están situados en una parte inferior del conjunto de quemador, los canales de oxidante están posicionados en una parte superior del mismo, o viceversa.

10 Para más detalles relativos a posibles realizaciones diferentes de la invención y, en particular, al número de canales de gas combustible, al número de canales de fluido oxidante, a su forma y orientación y a los materiales que pueden ser usados, se hace referencia a los documentos previos anteriormente mencionados US-A-5984667 y US-A-6068468.

15 Para facilidad de construcción, la segunda cámara de gas combustible rodea preferiblemente, al menos parcialmente, a la primera cámara de gas combustible. La segunda cámara de gas combustible puede en particular rodear totalmente a la primera cámara de gas combustible.

20 Los medios para suministrar una corriente de gas combustible comprenden normalmente una tubería de suministro de combustible que conecta el conjunto de quemador a una fuente de combustible, por lo que dicha fuente de combustible puede ser un depósito de combustible, una unidad de producción de combustible o una tubería adicional de suministro de combustible, por ejemplo una tubería de gas. Se apreciará que, en la fuente de combustible, el combustible puede estar en forma líquida, incluso aunque en el conjunto de quemador de aguas abajo de la citada fuente de combustible el combustible esté presente en la forma de una corriente de gas combustible (por ejemplo después de haber pasado a través de un dispositivo de expansión). Análogamente, los medios para suministrar una corriente de oxidante comprenden normalmente una tubería de suministro de oxidante que conecta el conjunto de quemador a una fuente de oxidante, tal como un depósito de oxidante, una unidad de producción de oxidante o una tubería adicional de suministro de oxidante.

25 Los medios de control de flujo de gas combustible pueden comprender una o más válvulas capaces de cerrar parcial o totalmente las entradas primera y/o segunda para conseguir el efecto de controlar la corriente de gas combustible que fluye respectivamente a través de las entradas primera y segunda.

Estas válvulas pueden ser accionadas manual y/o automáticamente.

30 En el presente contexto, el cierre parcial de una entrada ha de entenderse que significa una restricción de la apertura de la entrada, mediante la cual se obstruye parcialmente el flujo de combustible gaseoso a través de la entrada.

35 De acuerdo con una realización preferida, los medios de control de flujo de gas combustible están equipados en particular para abrir o cerrar selectivamente, parcial o totalmente, la entrada de la segunda cámara de gas combustible.

40 La presente invención hace posible controlar simultánea y uniformemente la impulsión de gas combustible a través de los al menos dos canales de combustible y, más concretamente, a través de los pasos interior y exterior de conducción de combustible de los citados canales, controlando el flujo de gas combustible a la primera entrada y por lo tanto a la primera cámara de gas combustible y el flujo de gas combustible a la segunda entrada y por tanto a la segunda cámara de gas combustible.

45 De acuerdo con una realización particular, la primera cámara de gas combustible y la segunda cámara de gas combustible están en conexión de fluido entre sí a través de una de las entradas primera y segunda. Los medios de suministro de combustible suministran la corriente de gas combustible ya sea a la primera o segunda entradas del distribuidor de gas combustible, es decir, o a la entrada ya sea de la primera o de la segunda cámara de gas combustible. De acuerdo con esta realización, los medios de control de flujo de gas combustible están equipados para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la cámara de gas combustible a la que los medios de suministro de combustible suministran la corriente de gas combustible hacia la otra cámara de gas combustible a través de la entrada de dicha otra cámara de gas combustible. Normalmente, los medios de control de flujo de gas combustible comprenden una válvula capaz de cerrar total o parcialmente la última entrada para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la cámara de gas combustible inicial a la otra cámara de gas combustible, controlando de ese modo simultánea y uniformemente las proporciones de la corriente de gas combustible inyectadas respectivamente a través de los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible y a través de los pasos exteriores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible. De acuerdo con la invención, la citada válvula puede ser accionada manual y/o automáticamente.

55 Preferiblemente, los medios de suministro de combustible suministran la corriente de gas combustible a la primera

5 entrada, es decir, a la entrada de la primera cámara de gas combustible, y los medios de control de flujo de gas combustible están equipados para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la primera cámara de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible a través de la segunda entrada. La porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la primera cámara de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible es inyectada en la zona de combustión a través de los pasos exteriores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible; el resto de la corriente de gas combustible, que no fluye desde la primera cámara de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible, es inyectado a través de los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible.

10 Alternativamente, los medios de suministro de combustible pueden suministrar la corriente de gas combustible a la segunda entrada, es decir, a la entrada de la segunda cámara de gas combustible, y el sistema de control de flujo de gas combustible está equipado para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la segunda cámara de gas combustible a la primera cámara de gas combustible a través de la primera entrada. En este caso, la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la segunda cámara de gas combustible a la primera cámara de gas combustible es inyectada en la zona de combustión a través de los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible; el resto de la corriente de gas combustible, que no fluye desde la segunda cámara de gas combustible a la primera cámara de gas combustible, es inyectado a través de los pasos exteriores interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible.

20 En este caso, el mismo gas combustible que viene de los medios para suministrar una corriente de gas combustible es alimentado tanto a la primera como a la segunda cámaras de gas combustible (o solo a una de las cámaras de gas combustible, cuando la proporción de la corriente de gas combustible que fluye desde una cámara a la otra es igual a cero).

Ejemplo:

25 (a) cuando los medios de suministro de combustible suministran la corriente de gas combustible a la primera entrada y por lo tanto a la primera cámara de gas combustible y a cuando los medios de control de flujo de gas combustible cierran completamente la segunda entrada hacia la segunda cámara de gas combustible, toda la corriente de gas combustible es inyectada a través de los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible; y

30 (b) cuando, por otra parte, dichos medios de control de flujo de gas combustible abandonan la segunda entrada hacia la segunda cámara de gas, parcial o totalmente abierta, parte de la corriente de gas combustible fluye a través de la segunda entrada hacia la segunda cámara de gas combustible, en cuyo caso dicha parte de la corriente de gas combustible que pasa a la segunda cámara de gas combustible es inyectada a través de los pasos exteriores de conducción de combustible de los al menos dos canales de combustible y el resto de la corriente de gas combustible, que no pasa a la segunda cámara de gas combustible, es inyectado a través de los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible.

El inverso es el caso en que los medios de suministro de combustible suministran la corriente de gas combustible a la segunda entrada.

40 Para un flujo idéntico del gas combustible procedente de los medios para suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor de gas combustible, la impulsión total con la cual es inyectado el gas combustible a través de los al menos dos canales de gas combustible es mayor en el caso (a), por lo que la totalidad del gas combustible es inyectado a través de los pasos interiores de conducción de combustible, en comparación con el caso (b), en el que parte del gas combustible es inyectado a través de los pasos exteriores de conducción de combustible y el resto del gas combustible a través de los pasos interiores de conducción de combustible.

45 Como se mencionó anteriormente, la presente invención se refiere también a hornos que comprenden al menos un conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las anteriores realizaciones de la presente invención. Dichos hornos pueden ser, en particular, un horno de fundición, tal como un horno de fundición de vidrio o un horno de fundición de aluminio.

50 Otro aspecto de la invención es un método de combustión de un combustible con un oxidante, que usa un conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones de la invención descritas anteriormente. Dicho método comprende

a) suministrar una corriente de oxidante, siendo dicha corriente de oxidante suministrada por los medios para suministrar una corriente de oxidante;

b) inyectar dicha corriente de oxidante en el al menos un canal de fluido oxidante para crear al menos una corriente de oxidante inyectado;

55 c) suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor de gas combustible, siendo dicha corriente de gas combustible suministrada por los medios para suministrar una corriente de gas combustible;

d) controlar el flujo de la corriente de gas combustible a las entradas primera y segunda; siendo dicho flujo de la corriente de gas combustible controlado por los medios de control de flujo de gas combustible;

e) inyectar dicha corriente de gas combustible en dichos al menos dos canales de gas combustible para crear al menos dos corrientes de gas combustible inyectado;

5 f) quemar la al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador, donde se encuentran dicha al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado.

10 El oxidante puede consistir en un oxidante tal como aire o aire enriquecido con oxígeno. La corriente de oxidante consiste ventajosamente en un oxidante que tiene una concentración molar de oxígeno de al menos 50%, preferiblemente de al menos 80%, más preferiblemente de al menos 90% y lo más preferible, de al menos 95%. Tales oxidantes incluyen aire enriquecido con oxígeno que contiene al menos 50% en volumen de oxígeno, oxígeno tal como oxígeno "industrialmente" puro (99,5%), producido por una instalación de separación de aire criogénica u oxígeno no puro producido por ejemplo por un proceso de adsorción fluctuante en vacío (88% en volumen de O₂ o más) u oxígeno "impuro", producido a partir de aire o de cualquier otra fuente mediante filtración, adsorción, absorción, separación con membrana, o similares, en el que el oxidante puede estar a la temperatura ambiente o estar previamente calentado.

15 En el caso de un conjunto de quemador de la invención, en el que los medios de suministro de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a una de las entradas primera y segunda y en el cual las cámaras de gas combustible primera y segunda están en conexión de fluido entre sí a través de la otra de las entradas primera y segunda:

- el paso c) del método de combustión comprende normalmente suministrar la corriente de gas combustible a una de las cámaras de gas combustible primera y segunda a través de la entrada de dicha cámara de gas combustible; y
- el paso d) del método comprende:

25 d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible suministrada a dicha una de las citadas cámaras primera y segunda de gas combustible a través de la entrada de la citada cámara de gas combustible, y

d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde dicha una de las cámaras de gas combustible primera y segunda a la otra cámara de gas combustible a través de la entrada de dicha otra cámara de gas combustible.

30 Cuando, como se ha descrito anteriormente, los medios para suministrar una corriente de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a la primera entrada (de la primera cámara de gas combustible), entonces el paso c) de dicho método de combustión comprende suministrar la corriente de gas combustible a la primera cámara de gas combustible a través de la primera entrada, y el paso d) del método comprende:

35 d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible suministrado a la primera cámara de gas combustible a través de la primera entrada, y

d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde dicha primera cámara de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible a través de la segunda entrada.

40 Inversamente, cuando los medios para suministrar una corriente de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a la segunda entrada (de la segunda cámara de gas combustible), entonces el paso c) del citado método de combustión comprende suministrar la corriente de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible a través de la segunda entrada y el paso d) del método comprende:

d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible suministrado a la segunda cámara de gas combustible a través de la segunda entrada, y

45 d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde dicha segunda cámara de gas combustible a dicha primera cámara de gas combustible a través de la primera entrada.

Como se ha mencionado también anteriormente, la segunda cámara de gas combustible puede rodear, al menos parcialmente y de preferencia totalmente, a la primera cámara de gas combustible.

En una realización alternativa del método de acuerdo con la invención, el paso c) de suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor de gas combustible comprende:

50 - el paso c1) de suministrar una primera corriente de gas combustible a la primera entrada (131) de la primera cámara (111) de gas combustible; y

- el paso c2) de suministrar una segunda corriente de gas combustible a la segunda entrada (132), mientras que el paso d) de controlar el flujo de la corriente de gas combustible respectivamente a la primera entrada y a la segunda entrada comprende:
- el paso d1) de controlar el flujo de la primera corriente de gas combustible a la primera entrada (131); y
- 5 - el paso d2) de controlar el flujo de la segunda corriente de gas combustible a la segunda entrada (132).

Dicho método comprende además los pasos:

- e1) de inyectar la primera corriente de gas combustible procedente de la primera cámara (111) de gas combustible en el paso interior (101) de conducción de combustible de los al menos dos canales (110) de gas combustible;
- 10 - e2) de inyectar la segunda corriente de gas combustible procedente de la segunda cámara (112) de gas combustible en el paso exterior (102) de conducción de combustible de los al menos dos canales (110) de gas combustible; y
- el paso f) de quemar la al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador, donde se encuentran la al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado.
- 15

En ese caso, el conjunto de quemador tiene normalmente unos medios para suministrar una corriente de gas combustible que comprenden (a) medios para suministrar una primera corriente de gas combustible a la primera entrada de la primera cámara de gas combustible, y (b) medios para suministrar una segunda corriente de gas combustible a la segunda entrada de la segunda cámara de gas combustible y (c) unos medios de control del flujo de gas combustible equipados para controlar el flujo de la primera corriente de gas combustible hacia la primera entada y controlar el flujo de la segunda corriente de gas combustible a la segunda entrada.

- 20

La primera corriente de gas combustible consiste en un gas combustible de bajo valor calorífico y la segunda corriente de gas combustible, en un gas combustible de alto poder calorífico, o viceversa.

25 Ventajosamente, la primera corriente de gas combustible consiste en un gas combustible de bajo valor calorífico y la segunda corriente de gas combustible consiste en un gas combustible de alto valor calorífico.

Preferiblemente:

- i) los medios de control de flujo de gas combustible controlan el flujo de la primera corriente de gas combustible procedente de los medios para suministrar una primera corriente de gas combustible a la primera entrada, es decir a la entrada de la primera cámara de gas combustible y desde ahí a los pasos interiores de conducción de combustible, de manera que la primera corriente de gas combustible constituye de 0 a 90% en volumen de las al del menos dos corrientes de gas combustible inyectado, y
- 30
- ii) los medios de control de flujo de gas combustible controlan el flujo de la segunda corriente de gas combustible procedente de los medios para suministrar una segunda corriente de gas combustible a la segunda entrada, es decir a la entrada de la segunda cámara de gas combustible y desde ella a los pasos exteriores de conducción de combustible, de manera que la segunda corriente de gas combustible constituye de 100 a 10% en volumen de las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado.
- 35

De acuerdo con una realización concreta de este proceso de combustión, la primera corriente de gas combustible constituye de 0 a 50% en volumen de las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado, y la segunda corriente de gas combustible constituye de 100 a 50% en volumen de las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado. Esta última realización es particularmente útil cuando el conjunto de quemador funciona a una potencia no mayor que su potencia nominal.

- 40

La primera corriente de gas combustible abandona ventajosamente la salida interior de gas combustible con una velocidad de inyección de 5 m/s a 50 m/s.

45 La segunda corriente de gas combustible abandona ventajosamente la salida exterior de gas combustible con una velocidad de inyección de 18 m/s a 30 m/s.

Como se ha mencionado anteriormente, un tal conjunto de quemador y el correspondiente proceso de combustión presentan la ventaja principal de permitir que el conjunto de quemador/el proceso de combustión y, en consecuencia también el horno en el que está montado el conjunto de quemador, utilicen un gas combustible debajo valor calorífico que puede estar disponible en el lugar o a bajo costo. El gas combustible de bajo valor calorífico puede ser difícil de encender o causar inestabilidad de la llama, lo que puede ser de naturaleza transitoria, por ejemplo durante el arranque, cuando la temperatura del horno es baja. La presente invención hace posible superar estos problemas

- 50

mediante la inyección de combustible de alto valor calorífico temporalmente (por ejemplo durante el arranque) en sí mismo (es decir, sin inyección simultánea de combustible de bajo poder calorífico) o con inyección simultánea de combustible con bajo poder calorífico (temporal o continuamente), y esto simultánea y uniformemente para los al menos dos canales de combustible.

- 5 En conjuntos de quemador de acuerdo con esta realización, la primera cámara de gas combustible está normalmente sin conexión de fluido con la segunda cámara de gas combustible. Toda la primera corriente de gas combustible que es alimentada a la primera cámara de gas combustible fluye por tanto normalmente hacia los pasos interiores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible para ser inyectada a la zona de combustión, y toda la segunda corriente de gas combustible que es alimentada a la segunda cámara de gas combustible fluye hacia los pasos exteriores de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible para su inyección en la zona de combustión.

10 La composición de la primera corriente de gas combustible puede ser idéntica a, o diferente de, la composición de la segunda corriente de gas combustible. Cuando la primera y la segunda corrientes de gas combustible tienen diferentes composiciones, la composición global del gas combustible inyectado a través de los al menos dos canales de gas combustible es simultánea y uniformemente controlada controlando, mediante el uso de los medios de control de flujo de gas combustible, la relación entre el flujo de la primera corriente de gas combustible hacia la primera cámara de gas combustible y el flujo de la segunda corriente de gas combustible hacia la segunda cámara de gas combustible.

15 En particular, el gas combustible de la primera corriente de gas combustible puede tener un valor calorífico mayor o menor (al que se hace también referencia como el LHV o Lower Heating Value: Valor de Calentamiento Inferior) que el del gas combustible de la segunda corriente de gas combustible. En particular, el gas combustible de la primera corriente de combustible puede ser un combustible con un valor calorífico bajo y el gas combustible de la segunda corriente de gas combustible puede ser un combustible de elevado valor calorífico, o viceversa.

20 Cuando las corrientes de gas combustible primera y segunda tienen diferentes valores caloríficos, el valor calorífico total del gas combustible inyectado a través de los al menos dos canales de gas combustible es controlado simultánea y uniformemente controlando, mediante el uso los medios de control de flujo de gas combustible, la relación entre el flujo de la primera corriente de gas combustible hacia la primera entrada y por lo tanto hacia la primera cámara de gas combustible y el flujo de la segunda corriente de gas combustible hacia la segunda entrada y por tanto hacia la segunda cámara de gas combustible.

25 En el presente contexto, se ha de entender que un “combustible con un valor calorífico bajo” significa un combustible que tiene un valor calorífico menor que 5 kWh/Nm³, y se ha de entender que un “combustible con un alto valor calorífico” significa un combustible que tiene un valor calorífico de al menos 5 kWh/Nm³. Ejemplos de combustibles de bajo valor calorífico son algunos gases de alto horno que tienen, por ejemplo, un valor calorífico de 0,90 a 0,98 kWh/Nm³. Un ejemplo de un combustible de alto valor calorífico es gas natural con un valor calorífico de aproximadamente 10 kWh/Nm³ (un metro cúbico normal (Nm³) corresponde a la cantidad de gas que ocupa 1 m³ en condiciones normales (0 °C y 1 atm.)).

30 Tal conjunto de quemador y el correspondiente proceso de combustión y horno no solo proporcionan mayor flexibilidad (más amplio margen de condiciones del proceso), sino que también permiten la valorización en el citado horno y proceso de combustión de combustible con un bajo valor calorífico.

35 Ciertamente, mientras generalmente variaciones del valor calorífico del combustible inyectado en la zona de combustión pueden conducir a variaciones significativas de temperatura, en la distribución de temperaturas y en estabilidad de la llama, el conjunto que quemador de acuerdo con la invención y los correspondientes proceso de combustión y horno están específicamente adaptados a proporcionar mejor control de la estructura de la llama y por tanto también de estabilidad de la llama, de liberación de energía térmica y de creación de contaminantes, tales como NO_x, y ello para una amplia gama de gases combustibles y de valores calóricos globales y variaciones del valor calorífico total.

40 La estabilidad de la llama puede aumentarse también mediante la inyección de uno o más chorros de oxidante auxiliares a través, o en la proximidad, de las salidas de los al menos dos canales reinyección de combustible. De acuerdo con una realización preferida, los chorros de oxidante auxiliares son inyectados en la zona de combustión a través, o en la proximidad, de las salidas de los al menos dos canales de combustible, por lo que dichos chorros de oxidante auxiliares rodean las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado. Se apreciará que una tal medida para aumentar la estabilidad de la llama se puede usar también en la anteriormente descrita primera realización del método de acuerdo con la presente invención.

45 Cuando se inyectan uno o más chorros de oxidante auxiliares, la velocidad de inyección de los citados uno o más chorros de oxidante auxiliares es ventajosamente de 1 m/s a 12 m/s, preferiblemente de 10 m/s ± 1 m/s, siendo por lo tanto mejorada la estabilidad de la llama.

50 El uso de una primera y una segunda corrientes de gas combustible con diferentes composiciones presenta la

5 ventaja principal de permitir que el método de combustión/el conjunto de quemador y en consecuencia el horno en el que está montado el conjunto de quemador, utilicen gas combustible de bajo valor calorífico, que puede estar disponible en el lugar o a bajo coste. El gas combustible de bajo valor calorífico puede ser difícil de encender o causa inestabilidad de la llama, lo que puede ser de naturaleza transitoria, por ejemplo durante la puesta en marcha, cuando la temperatura del horno es baja. La presente invención hace posible superar estos problemas mediante la inyección de combustible de alto valor calorífico temporalmente (por ejemplo durante la puesta en marcha) por sí mismo (es decir, sin inyección simultánea de combustible de bajo valor calorífico) o con la inyección simultánea de combustible de bajo valor calorífico (temporal o continuamente), y esto de manera simultánea y uniformemente para los al menos dos canales de combustible.

10 Realizaciones y ventajas de a presente invención se ilustran en los ejemplos que siguen, en los que se hace referencia a los dibujos adjuntos.

15 La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de la combustión de gas combustible y oxidante utilizando un conjunto de quemador de acuerdo con la invención, mediante el cual se forma una "lámina" de gas combustible inyectando gas combustible a través de tres (3) canales de gas combustible situados en un primer plano, y en la que el oxidante es inyectado a través de dos (2) canales de oxidante situados en un segundo plano;

La figura 2 es una sección transversal esquemática a través de los canales de gas combustible de una primera realización del conjunto de quemador de la figura 1, en la que una primera corriente de gas combustible es suministrada a la primera cámara de gas combustible y una segunda corriente de gas combustible es suministrada a la segunda cámara de gas combustible;

20 La figura 3 es una sección transversal esquemática a través de los canales de gas combustible de una segunda realización del conjunto de quemador de la figura 1, en la que la corriente de gas combustible suministrada al distribuidor de gas combustible es dividida en una primera corriente de gas combustible que es alimentada a la primera cámara y una segunda corriente de gas combustible que es alimentada a la segunda cámara de gas combustible;

25 Las figuras 4 a 7 son secciones transversales esquemáticas a través de los canales de gas combustible de una realización más del conjunto de quemador de la figura 1, en la que la corriente de gas combustible suministrada al distribuidor de gas combustible es suministrada a una de las cámaras de gas combustible y en la que una porción controlada de la corriente de gas combustible así suministrada a la citada cámara de gas combustible se le puede permitir pasar a la segunda cámara de gas combustible.

30 I. Aspectos Generales

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporcionan el proceso de combustión y el conjunto de quemador para el mismo que funciona con baja presión de suministro de oxidante, tal como la presión suministrada por una unidad de producción de oxígeno por adsorción fluctuante en vacío. Baja presión de oxidante significa una presión comprendida entre 105.000 y 170.000 Pa (presión absoluta) (50 m bares a 0,7 bares/presión relativa).

35 De acuerdo con la presente invención, el combustible y el oxidante se introducen en el horno a través de canales separados del conjunto de quemador. La expresión "gas combustible", de acuerdo con esta invención, significa combustible en forma gaseosa, por ejemplo metano, gas natural, propano o similares, a la temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) o en forma previamente calentada. El "oxidante", de acuerdo con la presente invención, puede ser aire. El oxidante es preferiblemente un gas con una concentración molar de oxígeno de al menos 50%.
40 Tales oxidantes incluyen aire enriquecido con oxígeno que contiene al menos 50% en volumen de oxígeno, oxígeno tal como oxígeno "industrialmente" puro (99,5%) producido por una instalación de separación criogénica de aire u oxígeno no puro producido, por ejemplo, mediante un proceso de adsorción fluctuante en vacío (88% en volumen de O₂ o más) u oxígeno "impuro" producido a partir de aire o de cualquier otra fuente mediante filtración, adsorción, absorción, separación con membrana, o similares, pudiendo estar el oxidante a la temperatura ambiente o estar
45 precalentado.

50 Cuando están montados para funcionamiento, los canales, según se definen en esta memoria, normalmente pasan a través de un bloque cerámico o conjunto de bloques o a través de una pared del horno. Los canales tienen preferiblemente una sección transversal generalmente circular. Se puede utilizar cualquier sección transversal equivalente, tal como cuadrada, rectangular, elipsoide, ovalada y similares. Los canales y pasos están ventajosamente hechos de miembros tubulares, pueden estar situados en el bloque cerámico, en el conjunto de bloques o en la pared del horno para evitar o reducir el daño a este último. Dichos miembros tubulares pueden ser tubos metálicos, tubos metálicos o tuberías con extremos cerámicos, tubos cerámicos, o una combinación de los mismos. Ejemplos de materiales cerámicos apropiados para tubos inyectores incluyen alúmina, zirconia, itria, carburo de silicio, y similares. Se pueden usar varios aceros inoxidable para los inyectores si los inyectores son metálicos, y son también posibles inyectores metálicos que tengan revestimientos refractarios de protección contra
55 el calor, empleando materiales tales como los mencionados para inyectores de cerámica.

La inyección de gas combustible se hace preferiblemente por medio de al menos dos canales, preferible o

esencialmente de dimensiones idénticas, cuyos ejes geométricos estén situados preferiblemente en un mismo plano, al que se hace referencia además como el primer plano de combustible. Las salidas de combustible y oxidante están separadas físicamente y dispuestas geométricamente con el fin de comunicar a las corrientes de fluido combustible y a las corrientes de fluido oxidante ángulos y velocidades que permitan la combustión del fluido combustible con el oxidante en una llama estable, amplia y luminosa en una zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador.

En realizaciones preferidas, los canales de combustible divergen según cierto ángulo y, a continuación, este ángulo de divergencia inicial aumenta ligeramente justo antes de entrar el combustible en la cámara de combustión hasta el ángulo de divergencia final. Este ángulo de divergencia final es de preferencia solo unos pocos grados mayor que el primer ángulo de divergencia. Un ángulo final preferido entre dos canales de combustible adyacentes está comprendido entre 3 y 10 grados.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, se proporciona un proceso en el que es generada una "lámina" de fluido combustible por encima de la superficie que se ha de calentar, por ejemplo por medio de al menos dos canales de combustible que tienen un ángulo de divergencia final preferiblemente menor que 15 grados, estando dichos canales de combustible situados en un primer plano de combustible, teniendo un fluido oxidante una velocidad menor que la del fluido combustible (que no excede preferiblemente de 60 metros por segundo (m/s)) que se inyecta sobre la superficie que se ha de calentar, preferiblemente con al menos dos canales de oxidante, formando dos canales de oxidante adyacentes un ángulo de divergencia final menor que 15 grados. Los ejes geométricos de estos canales de oxidante están preferiblemente situados en un segundo plano de oxidante, que converge hacia y se encuentra con el primer plano de combustible en la cámara de combustión. Los chorros de fluido oxidante de baja velocidad que se encuentran con la lámina de combustible, son arrastrados por el flujo de combustible a lo largo de la lámina de combustible, y crean una zona de combustión que se extiende a lo largo de la "lámina". Por lo tanto, al comienzo de la zona de combustión de la cámara de combustión es mantenida una región rica en combustible en el lado inferior de la nube de combustible, donde se forman cantidades significativas de hollín. El hollín y el combustible son entonces oxidados progresivamente por el oxidante que se difunde a lo largo de la zona de combustión.

Las cantidades totales de combustible y oxidante usadas por el sistema de combustión son normalmente tales que el flujo de oxígeno está comprendido entre 0,95 y 1,05 del flujo de oxígeno estequiométrico teórico necesario para obtener la combustión completa del flujo de combustible. Otra expresión de esta afirmación es que la relación de combustión es de entre 0,95 y 1,05.

II. Ejemplos

La figura 1 representa una vista esquemática en perspectiva de la combustión de gas combustible y un oxidante por medio de un conjunto de quemador de acuerdo con la invención, según se utiliza, por ejemplo, en un tanque de fundición de vidrio.

Se forma una "lámina" o "nube" de gas combustible mediante tres corrientes de gas combustible inyectadas que salen de la cara de salida del conjunto de quemador a través de tres (3) canales de gas combustible en el primer plano 2. Dos (2) corrientes de oxidante 6 inyectadas salen de los canales de oxidante en el segundo plano 4, y cortan o encuentran la lámina de combustible en la cámara de combustión 70 del horno.

La combustión del gas combustible con el oxidante ocurre en una interfaz entre los dos flujos para generar una llama 8 por encima de la fundición 9. Extendiendo el gas combustible en un plano y creando una capa plana o una "lámina" sobre toda la fundición, esencialmente paralela a la fundición y dirigiendo oxidante y, en particular, oxígeno desde arriba en la dirección de la "lámina" para encontrarse con la "lámina", ocurre la combustión entre el fluido oxidante y el gas combustible donde se cruzan entre sí.

Tal proceso de combustión y sus ventajas se describen en los documentos US-A-5984667 y US-A-6068468.

La figura 2 es una sección transversal esquemática a través de los canales de gas combustible (plano 2) de una primera realización del conjunto de quemador de la figura 1, en la que una primera corriente de gas combustible es suministrada a la primera cámara de gas combustible y una segunda corriente de gas combustible es suministrada a la segunda cámara de gas combustible.

Como se muestra en la figura 2, cada uno de los tres (3) canales 100 de gas combustible comprende un paso interior 101 de conducción de combustible que forma una salida interior de gas combustible y un paso exterior 102 de conducción de combustible que forma una salida exterior de gas combustible.

Los tres canales 100 de gas combustible están en conexión de fluido con el distribuidor 110 de gas combustible. El distribuidor de gas combustible comprende una primera cámara 111 de gas combustible y una segunda cámara 112 de gas combustible. Los medios para suministrar gas combustible al distribuidor de gas combustible comprenden (1) una primera tubería de suministro que es alimentada con gas combustible por medios que comprenden una primera tubería de suministro 121, que suministra un primer gas combustible a la primera cámara 111 de gas combustible a

través de la primera entrada 131, y (2) una segunda tubería 122 de suministro que suministra un segundo gas combustible a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda entrada 132. Un primer controlador de flujo 141 controla el flujo del primer gas combustible desde una primera fuente de combustible a través de la primera tubería de suministro 121 y la primera entrada 131 a la primera cámara 111 de gas combustible y un segundo controlador de flujo 142 controla el flujo del segundo gas combustible desde una segunda fuente de combustible a través de la segunda tubería 122 de combustible y la segunda entrada 132 a la segunda cámara 112 de gas combustible. Los dos controladores de flujo 141, 142 son accionados automáticamente por la unidad de control 140. Cada uno de los tres pasos interiores 101 de conducción de combustible está montado en la primera cámara 111 de gas combustible y en conexión de fluido con ella. De igual modo, cada uno de los pasos exteriores 102 de conducción de combustible está montado en la segunda cámara 112 de gas combustible.

En funcionamiento, un flujo del primer gas combustible, controlado por el controlador de flujo 141, es suministrado a la primera cámara 111 de gas combustible y es distribuido por dicha primera cámara 111 de gas combustible hacia los pasos interiores 101 de conducción de combustible para su inyección en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador. Análogamente, un flujo del segundo gas combustible, controlado por el controlador de flujo 142, es suministrado a la segunda cámara 112 de gas combustible y es distribuido por dicha segunda cámara 112 de gas combustible a los pasos exteriores 102 de conducción de combustible para su inyección en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador.

De acuerdo con un modo de funcionamiento particularmente interesante, el primer gas combustible (en lo que sigue: gas combustible rico) es un gas combustible con un alto valor calorífico, tal como gas natural, y el segundo gas combustible (en lo que sigue: gas combustible pobre) es un gas combustible con un bajo valor calorífico, tal como gas de alto horno.

Controlando los flujos de gases combustible rico y pobre hacia el conjunto de quemador y por lo tanto a la zona de combustión, la invención hace posible un control simultáneo y uniforme de la impulsión global y el valor calorífico total de la corriente de gas combustible inyectado por cada uno de los canales de gas combustible.

Por ejemplo, durante la puesta en marcha del horno, cuando el interior del horno está todavía a baja temperatura y la ignición y la estabilidad de la llama son todavía difíciles de conseguir, los controladores de flujo 141 y 142 se hacen funcionar de manera que fluya principalmente o solo gas combustible rico hacia el distribuidor de gas combustible y desde el distribuidor hacia la zona de combustión. A medida que se calienta el interior del horno, y la ignición y la estabilidad de la llama resultan más fáciles, se hacen funcionar los controladores de flujo 141 y 142 de manera que aumente la relación de gas combustible pobre sobre el gas combustible rico hacia el distribuidor de gas combustible, con lo que, dependiendo de las condiciones de la zona de combustión, el conjunto de quemador puede ser hecho funcionar solo con gas combustible pobre. Se apreciará que es posible aumentar, en cualquier momento, la relación de gas combustible rico sobre el gas combustible pobre, si es necesario. La presente invención hace por tanto posible valorizar gases combustibles de manera sencilla y fiable.

Para aumentar la estabilidad de la llama, el conjunto de quemador puede estar equipado para inyectar un gas oxidante auxiliar en la proximidad de cada corriente de gas combustible inyectado, por ejemplo rodeando cada corriente de gas combustible.

La presente invención también hace posible controlar de manera sencilla y fiable la impulsión total de la corriente de gas combustible inyectado a través de cada uno de los canales de gas combustible cuando se usa una fuente única de gas combustible.

La figura 3 representa una sección transversal esquemática a través de los canales de gas combustible de una segunda realización del conjunto de quemador de la figura 1, en la que la corriente de gas combustible suministrada al distribuidor de gas combustible es dividida en una primera corriente de gas combustible que es alimentada a la primera cámara y una segunda corriente de gas combustible que es alimentada a la segunda cámara de gas combustible.

Como se muestra en la figura 3, los medios para suministrar gas combustible al distribuidor de gas combustible comprenden una tubería de suministro 120. El controlador 150 controla el flujo de gas combustible desde una fuente de gas combustible (no mostrada) hasta el distribuidor 110 de gas combustible a través de la tubería de suministro 120. Aguas abajo del controlador de flujo 150, la tubería de flujo 120 se divide en (1) una primera rama de suministro que proporciona gas combustible a la primera cámara 111 de gas combustible a través de la primera entrada 131, y (2) una segunda rama de suministro 122 que proporciona gas combustible a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda entrada 132. Una válvula 162 que, en la realización ilustrada, está montada en la segunda rama de suministro, controla la porción del gas combustible suministrada mediante la tubería de suministro 120, que fluye hacia la segunda rama de suministro 122 y desde dicha segunda rama de suministro a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda entrada 132. En la realización ilustrada, la válvula 162 es accionada manualmente, pero es posible también una válvula automática. Análogamente, puede estar montada una válvula en la primera rama de suministro en lugar de en la segunda rama de suministro, o en ambas ramas.

En funcionamiento, la porción del gas combustible que es suministrada a la primera cámara 111 de gas combustible

a través de la primera rama de suministro 121 es distribuida por dicha primera cámara 111 de gas combustible a los pasos interiores 101 de conducción de combustible para su inyección en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador. Análogamente, la porción del gas combustible que es suministrada a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda rama de suministro 122 es distribuida por la citada segunda cámara 112 de gas combustible a los pasos exteriores 102 de conducción de combustible para su inyección en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador.

Controlando el flujo de gas combustible respectivamente a la primera y segunda cámaras de gas combustible, la invención permite, para una corriente de suministro de gas combustible dada, controlar simultánea y uniformemente la impulsión global de la corriente de gas de combustible inyectada por cada uno de los canales de gas combustible.

La figura 4 y la figura 5 son secciones transversales esquemáticas a través de los canales de gas combustible de una realización más del conjunto de quemador de la figura 1, en la cual la corriente de gas combustible suministrada al distribuidor de gas combustible es suministrada a una de las cámaras de gas combustible y en la que una porción controlada de la corriente de gas combustible así suministrada a la citada cámara de gas combustible se le puede permitir pasar a la segunda cámara de gas combustible.

En la realización ilustrada, la tubería de suministro 120 suministra gas combustible a la primera cámara 111 de gas combustible a través de la primera entrada 131. La segunda entrada 132 conecta la primera cámara 111 de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible. Dicha segunda entrada 132 funciona como un asiento de válvula para accionar manualmente la válvula u obturador 160. Cuando, como se muestra en la figura 4, la válvula 160 cierra completamente la segunda entrada 132, la totalidad de la corriente de gas combustible suministrada por la tubería de suministro 120 a la primera cámara 111 de gas combustible es inyectada en la zona de combustión a través de los pasos interiores 101 de conducción de combustible de los canales 100 de gas combustible. Cuando, por otra parte, la válvula 160 no cierra la segunda entrada 132 o, como se muestra en la figura 5, no cierra completamente la segunda entrada 132, una parte controlada de la corriente de gas combustible suministrada a la primera cámara 111 de gas combustible pasa a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda entrada 132 y es a continuación inyectada en la zona de combustión a través de los pasos exteriores 102 de conducción de combustible de los canales de gas combustible.

Una forma alternativa de válvula 160 se muestra en la figura 6.

Como se muestra en la figura 7, se puede usar también una válvula accionada automáticamente 160 para abrir o cerrar la entrada que conecta las dos cámaras de gas combustible. En la realización ilustrada, la tubería de suministro 120 suministra gas combustible a la segunda cámara 112 de gas combustible a través de la segunda entrada 132. La primera entrada 131 conecta la segunda cámara 112 de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible. La válvula automática 160 está montada en dicha primera entrada 131. Cuando la válvula 160 cierra totalmente la primera entrada 131, la totalidad de la corriente de gas combustible suministrada por la tubería de suministro 120 a la segunda cámara 112 de gas combustible es inyectada a la zona de combustión a través de los pasos exteriores 102 de conducción de combustible de los canales 100 de gas combustible. Por otra parte, cuando la válvula 160 no cierra la primera entrada 131 o no cierra completamente la primera entrada 131, una parte controlada de la corriente de gas combustible suministrada a la segunda cámara 112 de gas combustible pasa a la primera cámara 111 de gas combustible a través de la primera entrada 131 y es a continuación inyectada en la zona de combustión a través de los pasos interiores 101 de conducción de combustible de los canales de gas combustible. En la realización ilustrada, la misma unidad de control gobierna el controlador de flujo 150 y la válvula 160.

Controlando el flujo de gas combustible a una de las cámaras de gas combustible primera y segunda y controlando el flujo del gas combustible desde dicha una cámara de gas combustible a la otra cámara de gas combustible, la invención hace posible, para una corriente de suministro de gas combustible dada, controlar simultánea y uniformemente la impulsión global de la corriente de gas combustible inyectada por cada uno de los canales de gas combustible.

Las ventajas principales de la presente invención son su facilidad de funcionamiento y el hecho de que las partes móviles requeridas del conjunto de quemador están situadas fuera de la zona de combustión y están, por lo tanto, protegidas de los efectos perjudiciales de la atmósfera y las temperaturas dentro de la citada zona de combustión.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de quemador que comprende:

- al menos dos canales de gas combustible (100);
- al menos un canal de oxidante y

5 • al menos una cara de salida en la que terminan los al menos dos canales de gas combustible o al menos uno de los canales de oxidante o ambos;

comprendiendo además el conjunto de quemador:

a) medios para suministrar una corriente de oxidante;

10 b) medios para inyectar dicha corriente de oxidante en dicho al menos un canal de fluido oxidante para crear al menos una corriente de oxidante inyectado;

c) medios (120) para suministrar una corriente de gas combustible;

d) medios para inyectar dicha corriente de gas combustible en dichos al menos dos canales (100) de gas combustible para crear al menos dos corrientes de gas combustible inyectado;

15 y en el que las direcciones de inyección de la al menos una corriente de oxidante inyectado y de las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado son esencialmente convergentes y se encuentran en una zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador,

caracterizado porque:

20 • los al menos dos canales (100) de gas combustible comprenden un paso interior (101) de conducción de combustible que forma una salida interior de gas combustible, y un paso exterior (102) de conducción de combustible que forma una salida exterior de gas combustible, estando dichos pasos de conducción de combustible interior y exterior dispuestos coaxialmente; y

• los medios para inyectar dicha corriente de gas combustible comprenden un distribuidor de gas combustible (110) para recibir la corriente de gas combustible desde los medios para suministrar una corriente (120) de gas combustible y que tienen:

25 i) una primera cámara (111) de gas combustible en conexión de fluido con el paso interior (101) de conducción de combustible de los al menos dos canales de gas combustible (100), teniendo dicha primera cámara de gas combustible una primera entrada (131) para recibir el gas combustible suministrado por los medios para suministrar una corriente de gas combustible;

30 ii) una segunda cámara (112) de gas combustible en conexión de fluido con el paso exterior (102) de conducción de combustible de los al menos dos canales (100) de gas combustible, teniendo dicha segunda cámara de gas combustible una segunda entrada (132) para recibir gas combustible suministrado por los medios para suministrar una corriente de gas combustible; y

iii) medios de control de flujo (140, 141, 142, 150, 160, 162) de gas combustible, para controlar el flujo de la corriente de gas combustible respectivamente a las entradas primera y segunda,

35 • en el que los medios para suministrar una corriente (120) de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a una primera (131) y una segunda (132) entradas,

• en el que las cámaras primera (111) y segunda (112) de gas combustible están en conexión de fluido entre sí a través de la otra de las entradas primera (131) y segunda (132), y

40 • en el que los medios de control de flujo (140, 150, 160) de gas combustible están equipados para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde dicha una de las cámaras de gas combustible primera y segunda a la otra cámara de gas combustible a través de la otra de las entradas primera y segunda.

2. Conjunto de quemador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segunda cámara (112) de gas combustible rodea, al menos parcialmente y de preferencia completamente, a la primera cámara (111) de gas combustible.

3. Conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el cual los medios para suministrar una corriente (120) de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a la primera entrada (131), y en el cual los medios de control de flujo de gas combustible están equipados para controlar la

porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la primera cámara (111) de gas combustible a la segunda cámara (112) de gas combustible a través de la segunda entrada (132).

- 5 4. Conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que los medios para suministrar una corriente (120) de gas combustible suministran la corriente de gas combustible a la segunda entrada (132) y en el cual los medios de control de flujo de gas combustible están equipados para controlar la porción de la corriente de gas combustible que fluye desde la segunda cámara (112) de gas combustible a la primera cámara (111) de gas combustible a través de la primera entrada (131).
5. Un horno que comprende un conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 10 6. Horno de acuerdo con la reivindicación 5, siendo dicho horno un horno de fundición,
7. Un método de quemar un gas combustible con un oxidante utilizando un conjunto de quemador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo el citado método:
- a) suministrar una corriente de oxidante;
- 15 b) inyectar dicha corriente de oxidante en al menos un canal de fluido oxidante para crear al menos una corriente de oxidante inyectado;
- c) suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor de gas combustible;
- d) controlar el flujo de la corriente de gas combustible hacia las primera (131) y segunda (132) entradas;
- e) inyectar dicha corriente de gas combustible en dichos al menos dos canales (100) de gas combustible para crear al menos dos corrientes de gas combustible inyectado;
- 20 f) quemar la al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado en la zona de combustión aguas abajo del conjunto de quemador donde se encuentran la al menos una corriente de oxidante inyectado y las al menos dos corrientes de gas combustible inyectado,
- en el que:
- 25 • el paso c) de suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor (110) de gas combustible comprende suministrar la corriente de gas combustible a una de la primera (111) y la segunda (112) cámaras de gas combustible a través de la entrada de la citada cámara de gas combustible; y
- el paso d) de controlar el flujo de la corriente de gas combustible hacia las entradas primera y segunda comprende:
- d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible a dicha una de las cámaras primera y segunda de gas combustible a través de la entrada de la citada cámara de gas combustible, y
- 30 d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde dicha una de las cámaras primera y segunda de gas combustible a la otra cámara de gas combustible a través de la entrada de la citada otra cámara de gas combustible.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que:
- 35 • el paso c) de suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor (110) de gas combustible comprende suministrar la corriente de gas combustible a la primera cámara (111) de gas combustible a través de la entrada de dicha primera cámara de gas combustible; y
- el paso d) de controlar el flujo de la corriente de gas combustible hacia las entradas primera y segunda comprende:
- 40 d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible hacia la primera cámara de gas combustible a través de la entrada de la citada primera cámara de gas combustible, y
- d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde la primera cámara de gas combustible a la segunda cámara de gas combustible a través de la entrada de dicha segunda cámara de gas combustible.
- 45 9. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que:
- el paso c) de suministrar una corriente de gas combustible al distribuidor (110) de gas combustible comprende suministrar la corriente de gas combustible a la segunda cámara (112) de gas combustible a través de la

entrada de dicha segunda cámara de gas combustible; y

• el paso d) de controlar el flujo de la corriente de gas combustible a la primera y segunda entradas comprende:

5 d1) controlar el flujo de la corriente de gas combustible hacia la segunda cámara de gas combustible a través de la entrada de la citada segunda cámara de gas combustible, y

d2) controlar la porción de dicha corriente de gas combustible que fluye desde la segunda cámara de gas combustible a la primera cámara de gas combustible a través de la entrada de dicha primera cámara de gas combustible.

10 10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la corriente de oxidante consiste en un oxidante que tiene una concentración molar de oxígeno de al menos 50%, preferiblemente de al menos 80% y más preferiblemente de al menos 90%.

15 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que se inyecta un chorro auxiliar de oxidante a través, o en la proximidad, de las salidas de los al menos dos canales de inyección de combustible, rodeando dichos chorros de oxidante auxiliares preferiblemente a las al menos dos corrientes de gas oxidante inyectado.

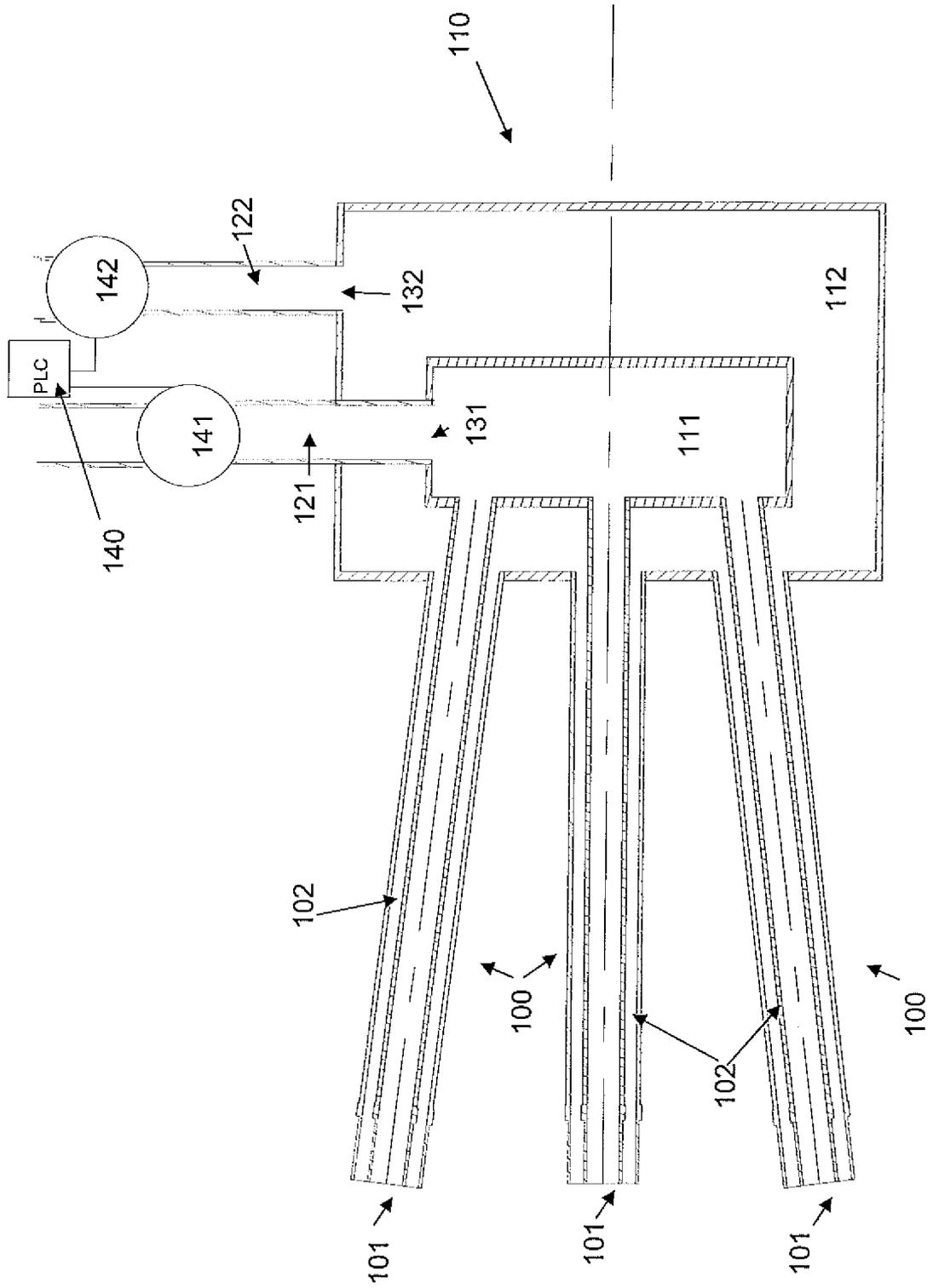


Fig. 2

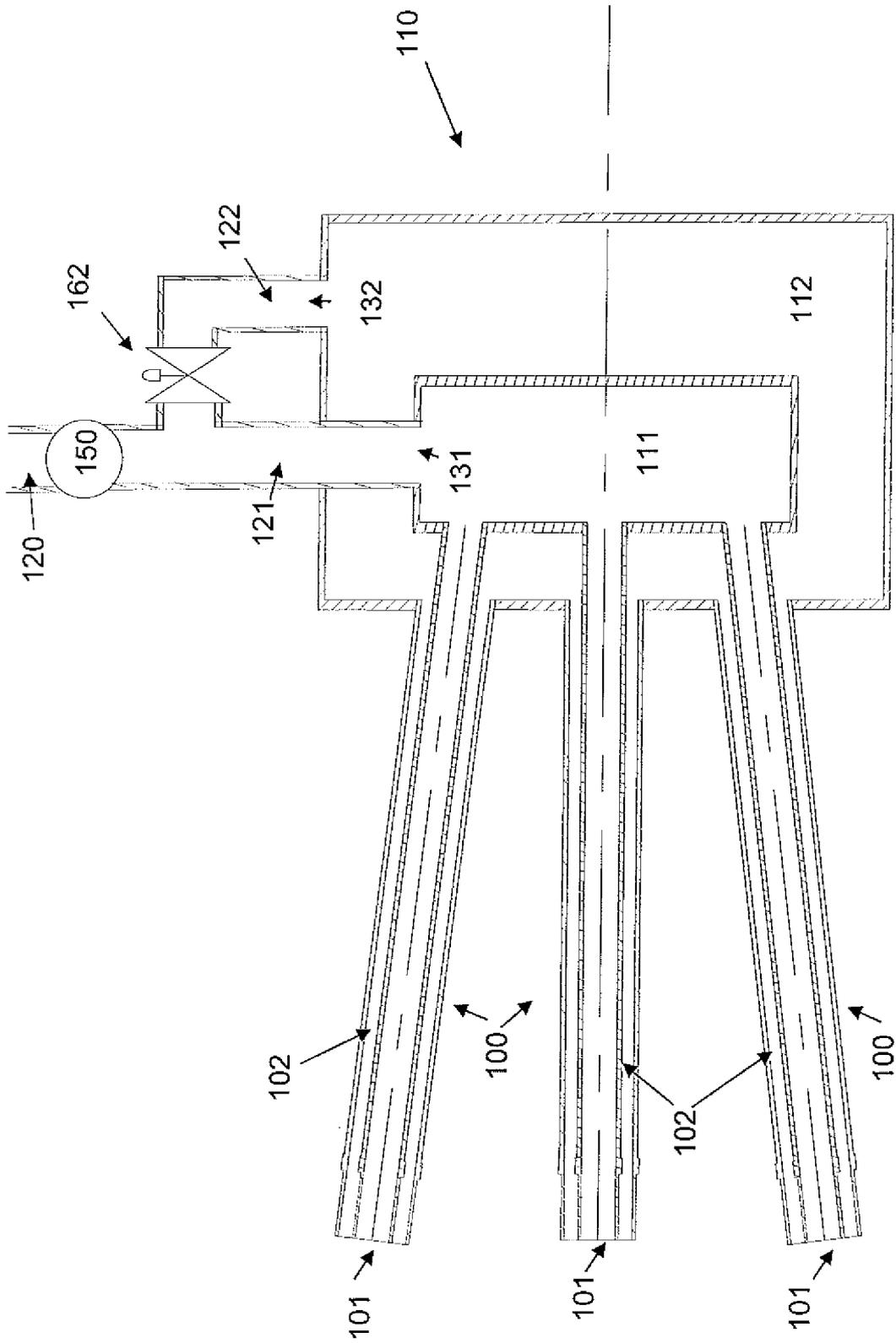


Fig. 3

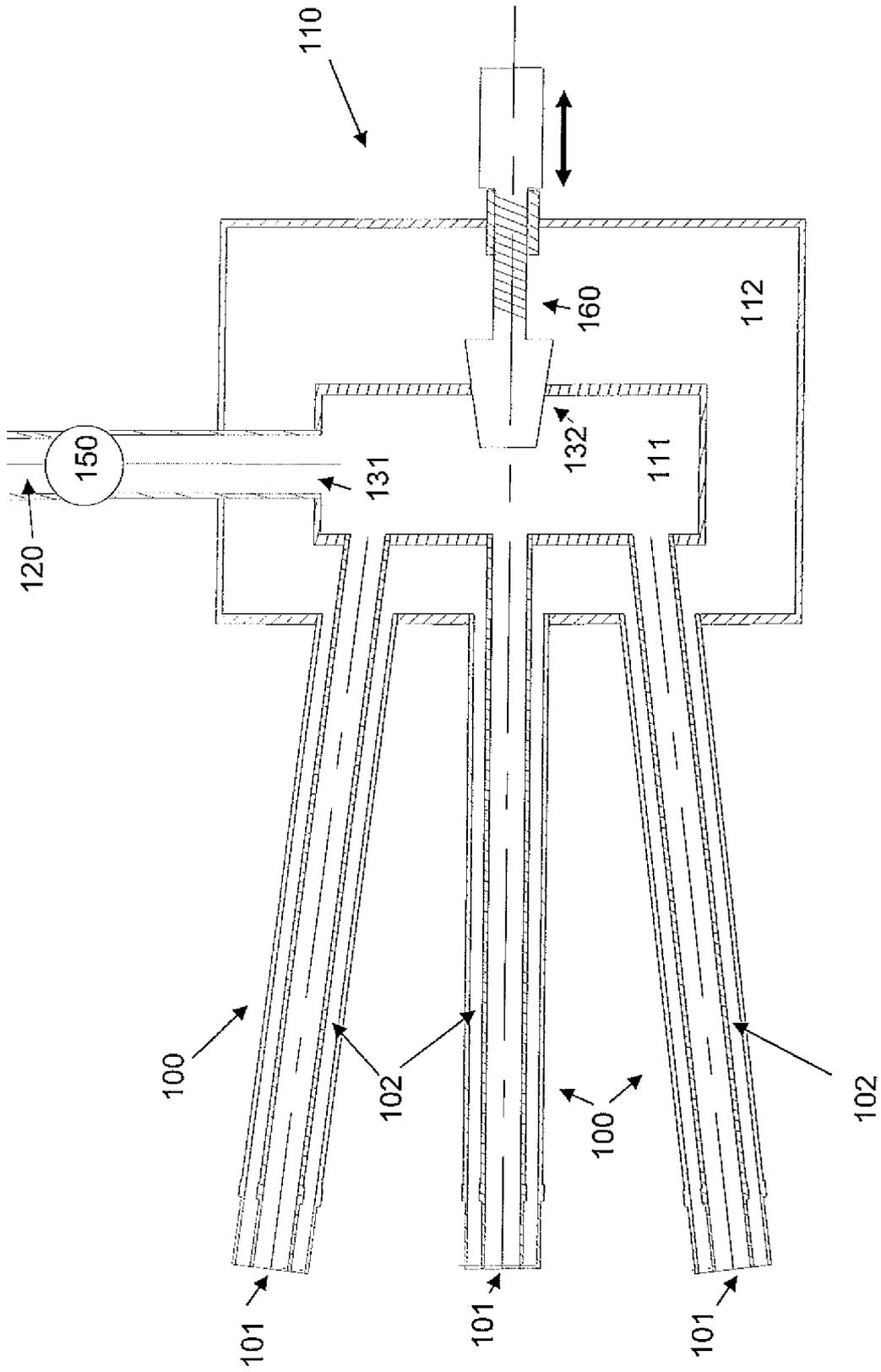


Fig. 4

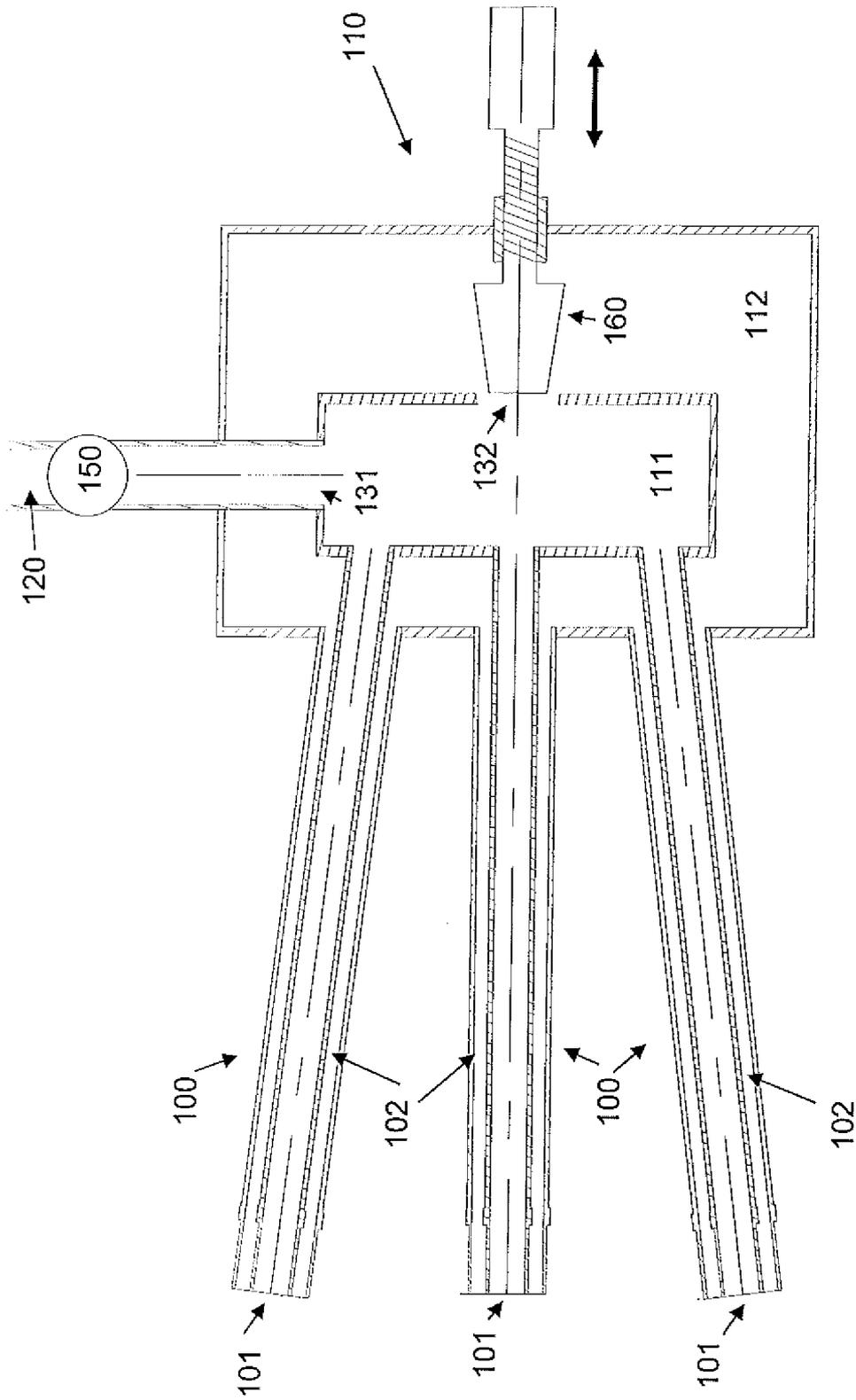


Fig. 5

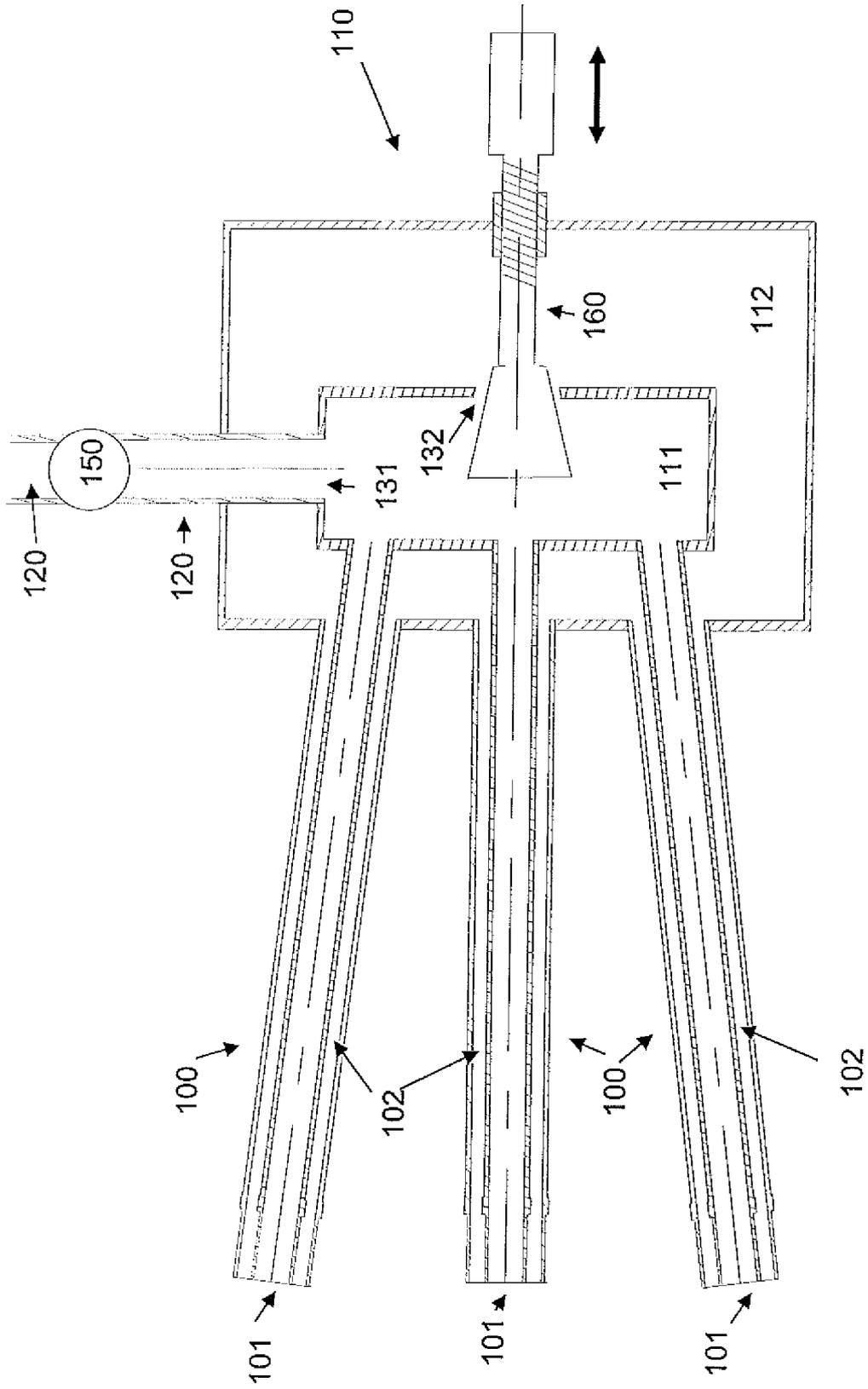


Fig. 6

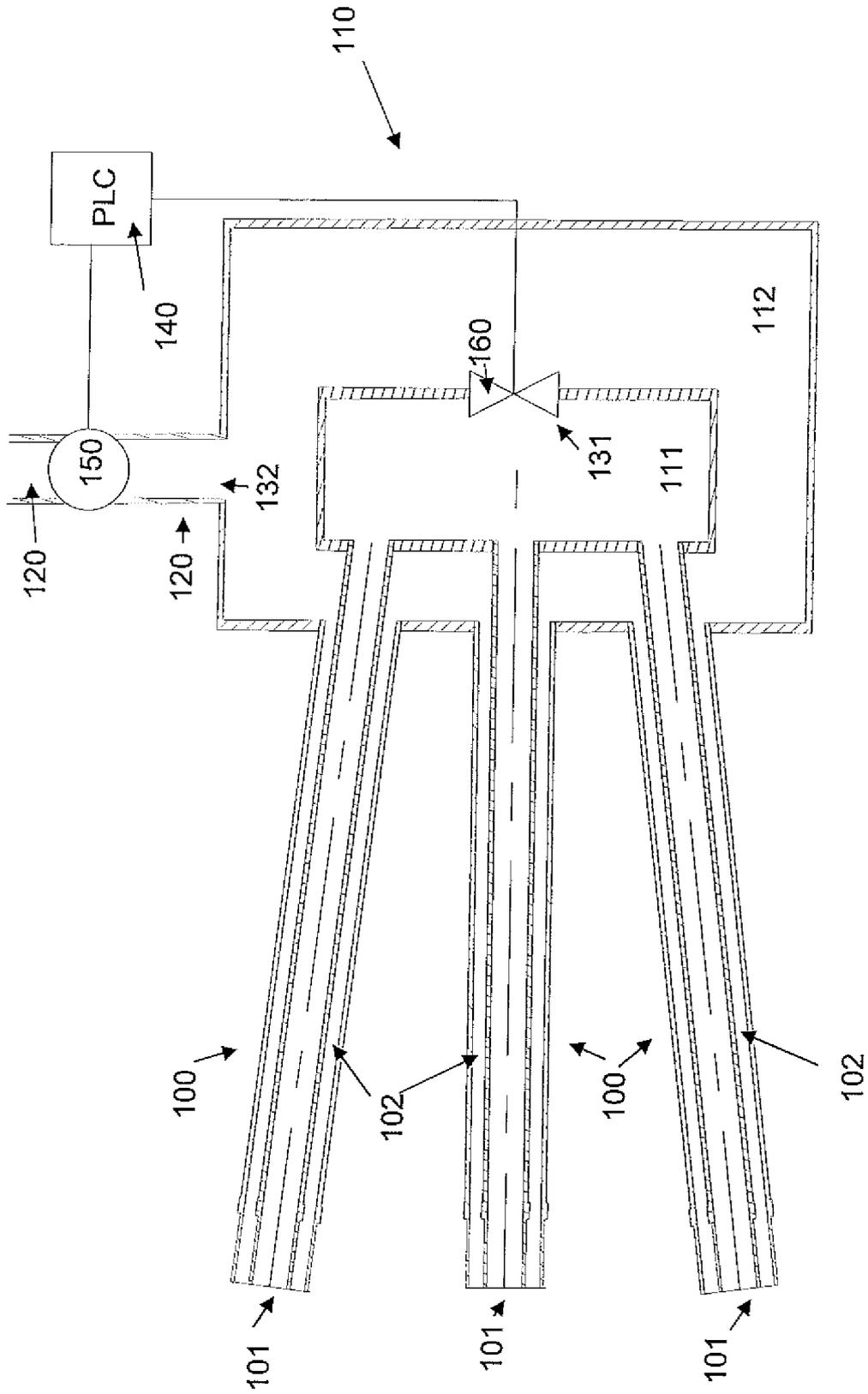


Fig. 7