

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 180**

51 Int. Cl.:

**F27B 3/20** (2006.01)

**F27B 3/22** (2006.01)

**F27D 17/00** (2006.01)

**C03B 5/235** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2012 E 12002261 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2508827**

54 Título: **Método y dispositivo para fundir material de fundición**

30 Prioridad:

**07.04.2011 EP 11002931**

**02.02.2012 EP 12000696**

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

**14.10.2015**

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**

**Klosterhofstrasse 1**

**80331 München, DE**

72 Inventor/es:

**MIETH, RAINER;**

**SIMPSON, NEIL y**

**WILCOX, RICHARD**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 548 180 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 y dispositivo para fundir material de fundición

La presente invención se refiere a un método y un dispositivo para fundir material de fundición tal como vidrio, de acuerdo con los respectivos preámbulos de las reivindicaciones independientes.

## 5 Técnica Anterior

Es conocida la fundición de vidrio utilizando un horno de vidrio, siendo calentado el horno a través de una lumbrera del quemador fijada frontalmente. A los quemadores correspondientes se les alude típicamente como quemadores frontales o quemadores de llama en U; a hornos correspondientes se les alude como una artesa de llama en U (en inglés: "end-port furnace"). Hornos de este tipo se hacen funcionar típicamente de manera regenerativa utilizando dos lumbreras del quemador de forma alternante, es decir, el combustible y un oxidante (típicamente aire) se suministra a uno solo de los dos lumbreras del quemador, mientras que los gases de escape calientes se agotan a través de la abertura de suministro de aire de la otra lumbrera del quemador. El calor requerido para el mantenimiento de la masa fundida de vidrio es generado por la combustión del combustible (la puesta en marcha de la masa fundida o "encendido" típicamente se lleva a cabo lentamente a través de quemadores auxiliares separados o similares). Los gases de combustión cubren un recorrido en forma de U en el horno, debido a lo cual se les dan las designaciones anteriores. Las lumbreras del quemador se hacen funcionar de forma alternante en la función de una lumbrera del quemador y una lumbrera del gas de escape, produciéndose una transición después de un tiempo de ciclo específico, por ejemplo entre 10 y 30 min, en particular de 15 a 25 min. Un intercambiador de calor (al que se alude también como un regenerador, en inglés "regenerator") está conectado aguas arriba de la abertura de suministro de una lumbrera del quemador en cada caso en la trayectoria de suministro del oxidante (aire). Por ejemplo, ladrillos de almacenamiento de calor, los cuales fueron previamente calentados por el gas de escape agotado a temperaturas de aproximadamente 1500°C, están situados en el intercambiador de calor. En el siguiente ciclo, el oxidante (aire) es conducido a través de los ladrillos de almacenamiento de calor calentados hacia la lumbrera del quemador, siendo capaz el aire entrante de ser precalentado hasta aproximadamente 1350°C. Esta operación regenerativa alternante (en inglés: "swap") de las dos lumbreras del quemador es la base para muchos hornos industriales como el método de Siemens-Martin.

A las expresiones "aguas arriba" y "aguas abajo" se les alude de aquí en adelante, si no se hace explícitamente referencia a otra corriente, a la dirección de flujo principal de los gases de combustión que salen de la o las lumbreras del quemador y abandonan el horno a través de la o las lumbreras del gas de escape. En el caso de un horno de lumbrera extrema, los gases de combustión cubren un recorrido sustancialmente en forma de U desde la lumbrera del quemador a través de la cámara del horno de vuelta a la lumbrera del gas de escape. La trayectoria del flujo principal se extiende desde una lumbrera del quemador, que está situada en una cara frontal del horno, en la dirección longitudinal del horno y luego se invierte, los gases de combustión que abandonan el horno a través de la lumbrera del gas de escape dispuesta en la cara frontal adyacente a la lumbrera del quemador. Después de haber conmutado las dos lumbreras, la lumbrera del gas de escape previa funciona como la lumbrera del quemador y la lumbrera previa del quemador anterior funciona como la lumbrera de gas de escape. La dirección de flujo principal en el horno también se invierte en consecuencia y se extiende opuesta a la dirección de flujo principal previa.

Óxidos de nitrógeno (NOx) pueden surgir durante la combustión. Se han hecho esfuerzos para reducir la fracción de óxido de nitrógeno en el gas de escape. En la fundición de metal o en hornos de tratamiento térmico, se utiliza preferiblemente para este fin la llamada de combustión FLOX o combustión sin llama. Los gases de escape se hacen recircular seriamente en la cámara de combustión y se mezclan con el aire de combustión en este caso. De esta manera y debido a la mezcladura retardada de aire y gas de combustión, ya no puede formarse un frente de llama. A temperaturas suficientemente elevadas de al menos 800°C, el combustible se oxida en todo el volumen de la cámara de combustión al tiempo que se forman temperaturas muy homogéneas. Se reduce la formación de óxidos de nitrógeno, que se produce sobre todo en el límite de la llama que tiene sus altas temperaturas pico. Sin embargo, la aplicación de la combustión sin llama en el caso de vidrio fundido está sujeta a restricciones, ya que en este caso es necesario desviarse de los métodos de producción largamente probados que tienen sus detalles de producción empíricamente obtenidos.

Más recientemente, se han requerido valores límite de NOx menores que 800 mg/Nm<sup>3</sup> o incluso menores que 700 mg/Nm<sup>3</sup>. Métodos de fundición de vidrio conocidos no alcanzan típicamente este valor límite. Debido a las altas temperaturas de procesamiento, surge el NOx térmico, típicamente a más de 1100 mg/Nm<sup>3</sup> de gas de escape.

También se conoce el subsiguiente funcionamiento sub-estequiométrico de los quemadores de manera que se genera monóxido de carbono (CO). El monóxido de carbono reduce los óxidos de nitrógeno para formar dióxido de

carbono y nitrógeno. Sin embargo, las emisiones de CO que se producen resultan en temperaturas elevadas en el regenerador de gas de escape (intercambiador de calor), debido a la post-combustión, lo que puede resultar en daños e incluso la destrucción del regenerador. Por esta razón, generalmente se descarta este tipo de operación.

5 El documento WO 2010/114714 A1, que se refiere también a un quemador de lumbrera extrema, propone otro tipo de reducción de los óxidos de nitrógeno. Un quemador de combustible, que está dispuesto preferiblemente en la zona activa del horno o en su proximidad y se hace funcionar preferiblemente de manera sub-estequiométrica, es decir, rica en combustible, está situado aguas abajo de una lumbrera del quemador hecha funcionar para formar una llama de combustión. Un quemador de combustible adicional está dispuesto más aguas abajo, que es hecho funcionar de manera super-estequiométrica, es decir, rica en oxígeno. En la práctica, los dos quemadores de combustible están situados preferiblemente en las paredes laterales opuestas del horno en frente de la lumbrera de salida para el vidrio líquido. Petróleo o gas se puede utilizar como combustible. El uso del quemador rico en combustible y hecho funcionar de manera sub-estequiométrica resulta en una expansión de las zonas ricas en combustible en el horno, de modo que la formación de NOx disminuye debido a la falta de oxígeno y debido al CO producido. Más aguas abajo y, por lo tanto, en la dirección del lado del gas de escape del horno, el segundo quemador de combustible rico en oxígeno y, por lo tanto, hecho funcionar de manera super-estequiométrica, asegura una mezcladura a fondo de los gases de escape con una llama rica en oxígeno y, por lo tanto, la post-combustión más completa posible de componentes de combustibles quemados de manera incompleta. Los dos quemadores de combustible, a los que también se alude como "quemadores de punto caliente", están dispuestos preferiblemente uno frente al otro en la tercera de las paredes longitudinales del horno situado más aguas abajo y, por lo tanto, están situados en la zona de la inversión en forma de U de la corriente de gas de combustión en el horno. El funcionamiento alternante del horno es fácilmente posible, ya que los quemadores de combustible se conmutan de un funcionamiento sub-estequiométrico a uno super-estequiométrico (o viceversa). Valores de los gases de escape de NOx significativamente reducidos ya se han podido medir utilizando este método.

25 Además de ello, típicamente una reducción de óxidos de nitrógeno también se puede realizar por medio de un post-tratamiento y una purificación de los gases de escape. Tales dispositivos de purificación de gases de escape ocupan gran espacio y requieren una gran inversión y típicamente requieren altos costos de funcionamiento y mantenimiento. Alternativa o adicionalmente, la zona de fundición en el horno podría ampliarse de manera significativa para reducir la carga del calor específico del horno. La desventaja aquí sería un horno significativamente mayor con un rendimiento sin cambios.

30 Un problema, por lo tanto, en el que se basa la presente invención es la reducción de la fracción de óxido de nitrógeno en el gas de escape de los hornos de fundición arriba descritos, en particular, para la fundición de vidrio y el procesamiento de vidrio. La solución ha de ser la que ahorre más espacio y costos posible.

#### Descripción de la invención

35 La invención propone un método para fundir material de fundición, en particular vidrio, de acuerdo con la reivindicación 1. Un dispositivo correspondiente es la materia objeto de la reivindicación 10. Realizaciones preferidas resultan de las respectivas reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción.

El término horno y la expresión horno de fundición se utilizan como sinónimos en relación con la invención.

40 La invención se refiere a un método para fundir material de fundición, tal como vidrio, en un horno, el cual se implementa como un horno de lumbrera extrema, estando previstas dos lumbreras en una cara frontal del horno, que son hechas funcionar de forma alternante como la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape. Un combustible y un oxidante se suministran a la lumbrera del quemador y se hacen reaccionar (se queman). Los gases de combustión resultantes fluyen a lo largo de una dirección de flujo principal, esencialmente en forma de U, a través del horno a la lumbrera del gas de escape. Las dos ramas de la dirección de flujo principal en forma de U se extienden esencialmente de forma perpendicular a la cara frontal del horno que tiene la lumbrera del quemador y esencialmente paralelas a las paredes laterales del horno. El aire se utiliza típicamente como el oxidante, el cual es suministrado a la lumbrera del quemador, debido a lo cual a este último también se le alude con frecuencia como un "quemador de aire". Aguas abajo de esta lumbrera del quemador, se introduce en el horno una corriente de gas rica en combustible. La corriente de gas rica en combustible se puede introducir en el horno a través de un quemador hecho funcionar de manera sub-estequiométrica al que con frecuencia también se alude como un "quemador de oxígeno" o, ya que está dispuesto ventajosamente en la zona del punto caliente del horno, como un "quemador del punto caliente", abreviado "HSB". La introducción de la corriente de gas rica en combustible resulta en una introducción de energía elevada en la zona del punto caliente y, por lo tanto, apoya la convección de la masa fundida en el horno. Por otro lado, reduce la formación de NOx, debido a la falta de oxígeno y a la generación de CO conectado al mismo.

De acuerdo con la invención, se propone, además, que una corriente de gas que contiene oxígeno sea introducida o sea inyectada en el horno aguas abajo desde el punto de introducción de la corriente de gas rica en combustible, por ejemplo aguas abajo del quemador hecho funcionar de manera sub-estequiométrica. De esta manera es posible inyectar gas que contiene oxígeno a alta velocidad en los gases de combustión, con el fin de mezclar a fondo los gases de combustión y post-combustión del CO. La introducción de la corriente de gas que contiene oxígeno a alta velocidad es ventajosa, con el fin de succionar la mayor cantidad de gas de combustión posible y de mezclarla con oxígeno, por una parte, y para lograr la recirculación de los gases de combustión situados en el horno y, así, diluir el oxidante y la corriente de combustible del llamado quemador de aire, por otra parte. Esto resulta en una reducción de la temperatura de la llama, con lo cual a su vez se reduce la aparición de NOx. Dado que la post-combustión de CO dentro del horno se produce en su lado del gas de escape, se puede prevenir un aumento de la temperatura en el regenerador de gas de escape (es decir, en el intercambiador de calor asignado a la lumbrera de gas de escape). Por lo tanto, la invención resulta en una reducción adicional de la concentración de NOx en comparación con los métodos de fundición conocidos, sin el peligro de un daño térmico a los intercambiadores de calor utilizados para el funcionamiento regenerativo del horno.

La expresión corriente de gas rica en combustible debe incluir, en particular, mezclas de combustible-oxígeno, así como corrientes de gas combustible puras. En una realización de la invención, adicional o alternativamente a un quemador hecho funcionar de manera sub-estequiométrica (quemador de oxi-combustible) para introducir en el horno una mezcla de combustible y oxígeno rica en combustible, sólo se introduce combustible (sin oxígeno), por ejemplo, gas natural puro, o, mejor aún, se inyecta en el horno a través de una boquilla de combustible. Esta variante es posible, ya que, a través de la introducción de la corriente de gas que contiene oxígeno, está disponible suficiente oxígeno para la combustión de combustible adicional y para el combustible post-combustión quemado de forma incompleta.

Es ventajoso si el aire, aire enriquecido con oxígeno, u oxígeno puro se utiliza como la corriente de gas que contiene oxígeno. Como ya se mencionó, es ventajosa la inyección a alta velocidad de la o las corrientes de gas que contienen oxígeno. Límites inferiores preferidos de la velocidad de flujo de entrada son 50 m/s, 100 m/s, o más preferiblemente 150 m/s; límites superiores preferidos son 326 m/s (la velocidad del sonido), preferiblemente 200 m/s. Es aconsejable en este caso introducir o inyectar en el horno la corriente de gas como uno o más chorros finos. Para generar las altas velocidades de flujo, es ventajoso inyectar la o las corrientes de gas que contienen oxígeno a través de una tobera de Laval o una tobera Venturi. Lanzas conocidas, tales como lanzas de oxígeno, se pueden utilizar para inyectar la o las corrientes de gas que contienen oxígeno.

Antes de describir los puntos de inyección preferidos para el gas, se han de explicar las condiciones geométricas de un horno de fundición: La dirección de procesamiento proviene de la lumbrera del quemador (quemador de aire). Esto es seguido aguas abajo por uno o más quemadores de oxi-combustible o la o las boquillas de combustible mencionadas (o también una combinación de estas dos posibilidades). Una boquilla o boquillas de gas de flujo para la introducción de la o las corrientes de gas que contienen oxígeno se proporcionan adicionalmente aguas abajo en el horno, que a su vez son seguidas aguas abajo por una lumbrera de gas de escape del horno.

La lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape están situadas en la cara frontal del horno. Ambas lumbreras tienen uno o más canales para el suministro de oxidante (preferiblemente suministro de aire) y uno o más canales para el suministro de combustible. Las dos lumbreras son hechas funcionar de forma alternante, en el caso de un cambio de este tipo, convirtiéndose la lumbrera del quemador previa en la lumbrera del gas de escape y convirtiéndose la lumbrera del gas de escape previa en la lumbrera del quemador. Si una lumbrera es operada en su función como una lumbrera del quemador, un oxidante (en particular aire) es suministrado a la misma a través de los canales correspondientes. El suministro de combustible se produce a través de los canales proporcionados para este fin. Si una lumbrera se utiliza como la lumbrera del gas de escape, los gases de la combustión se agotan del horno a través de los canales proporcionados de otro modo para el suministro de oxidante.

Durante la operación regenerativa, el oxidante o los gases de la combustión son conducidos a través de los intercambiadores de calor. Los gases de escape calientes entregan su calor al intercambiador de calor, y en el siguiente ciclo el oxidante (aire) puede absorber este calor de nuevo, con lo cual oxidante (aire) fuertemente precalentado está disponible como el agente oxidante para generar la llama del quemador. Ambas lumbreras están dispuestas frontalmente en la misma cara en un horno de lumbrera extrema de este tipo, y se produce la dirección de flujo principal en forma de U de los gases de combustión ya descrita en la introducción de la descripción. Hornos de fundición frontales (hornos de lumbreras extremas) suelen tener su zona de temperaturas más altas (punto caliente) en una zona en la que la trayectoria de los gases de combustión gira en 180°. Esta zona se encuentra en el tercio inferior de la longitud del horno, visto desde la cara frontal del horno. La cara extrema del horno, en la cual está dispuesta la lumbrera de salida para el vidrio líquido, se encuentra enfrentada a la cara frontal que tiene la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape. El punto caliente está dispuesto en el tercio del horno alejado de la cara frontal, que se une a la cara extrema. El horno está delimitado en la dirección longitudinal, es decir, esencialmente perpendicular a la cara frontal del horno, por paredes laterales.

En el caso de las condiciones geométricas de los hornos de fundición típicos arriba descritas, se pueden entender fácilmente disposiciones ventajosas de las boquillas y los quemadores: es razonable introducir la o las corrientes de gas que contienen oxígeno por medio de al menos una boquilla de gas de flujo de uno o más de los siguientes puntos en el interior del horno: una pared frontal, una pared lateral o un arco del horno, en particular en la zona y en la proximidad de una lumbrera del gas de escape del horno. Por ejemplo, una boquilla de gas de flujo está, por tanto, dispuesta en la proximidad de la lumbrera de gas de escape, estando dispuesta esta boquilla en una pared lateral, en la pared frontal o en el arco o en el techo del horno. En el caso de un horno que tiene orificios del quemador (quemadores de aire) hechos funcionar de manera alternante, una lumbrera del quemador se utiliza de manera alternante como la lumbrera del gas de escape en cada caso, de modo que deben proporcionarse correspondientes boquillas de gas de flujo en los dos puntos posibles. Estos puntos están dispuestos entonces en la zona de la lumbrera del quemador o la lumbrera del gas de escape, en particular en la pared lateral y/o la pared frontal y/o el arco del horno.

La corriente de gas que contiene oxígeno se introduce preferiblemente en el tercio del horno contiguo a la cara frontal que tiene la lumbrera del gas de escape. La corriente de gas que contiene oxígeno es inyectada, por lo tanto, en la parte del horno que está delimitada por la cara frontal y las paredes laterales y que se extiende a lo largo de un tercio de la longitud del horno. En realizaciones preferidas adicionales, la corriente de gas que contiene oxígeno se introduce en el cuarto, quinto o décimo del horno contiguo a la cara frontal que tiene la lumbrera del gas de escape. En la dirección longitudinal del horno, es decir, en la dirección perpendicular a la cara frontal, la distancia de la boquilla de gas de flujo desde la cara frontal es a lo sumo 33%, a lo sumo 25%, a lo sumo 20%, a lo sumo 15% o a lo sumo 10% la extensión longitudinal del horno, refiriéndose la extensión longitudinal a la distancia entre la cara frontal y el interior.

Una disposición está dispuesta preferiblemente en una pared lateral del horno (en el caso de lumbreras del quemador hechas funcionar de manera alternante por lo tanto en las dos paredes laterales del horno), no siendo, en general, al menos una de las corrientes de gas que contienen oxígeno inyectada en la corriente del gas de escape con precisión perpendicularmente a la pared del horno, sino más bien en una dirección que tiene un componente vectorial en la dirección de la dirección del flujo principal de los gases de combustión. Corrientes de gas adicionales pueden ser inyectadas a través de lanzas de posición variable con el fin de satisfacer la demanda de encendido bajo y alto del horno.

La corriente de gas que contiene oxígeno se ha de introducir en el horno en la cara del gas de escape fuera de la llama del quemador generada por la lumbrera del quemador (quemador de aire) en el horno. Como ya se ha explicado, CO que surge de esta manera puede ser sometido a una post-combustión de la manera más óptima posible y, por otro lado, los gases de escape del horno (gases de combustión) se pueden hacer recircular bien, con lo cual se diluyen el oxidante (aire de combustión) y la corriente de combustible del quemador de aire.

En una realización adicional, una corriente secundaria que contiene oxígeno se introduce en el horno aguas abajo del punto de introducción de la corriente de gas rica en combustible y aguas arriba del punto de la introducción de la corriente de gas que contiene oxígeno. En la variante adicional de la invención mencionada, la corriente secundaria que contiene oxígeno se introduce, por ejemplo, en el horno a través de al menos un quemador hecho funcionar de manera super-estequiométrica aguas abajo desde el punto de introducción de la corriente de gas rica en combustible, y aguas arriba de la inyección mencionada de la corriente de gas que contiene oxígeno. Este quemador es hecho funcionar de manera super-estequiométrica (como el quemador hecho funcionar de manera sub-estequiométrica) dispuesto ventajosamente en la zona del punto caliente del horno. Debido al exceso de oxígeno, este quemador (quemador de oxi-combustible o quemador de punto caliente) sustenta la post-combustión de monóxido de carbono (CO).

La corriente secundaria que contiene oxígeno podría ser una corriente de gas oxígeno 100% o una mezcla de combustible rico en oxígeno y oxígeno. De acuerdo con una realización preferida, la corriente de gas rica en combustible es una corriente de combustible puro y la corriente secundaria que contiene oxígeno es una corriente de oxígeno puro.

Por supuesto, también es posible introducir en el horno dos o más corrientes secundarias que contienen oxígeno, dos o más corrientes de gas ricas en combustible y/o dos o más corrientes de gas que contienen oxígeno.

La introducción de la o las corrientes secundarias que contienen oxígeno junto con la introducción de la o las corrientes de gas ricas en combustible resulta en una puesta en escena del combustible y el oxígeno en el punto caliente. Esto reduce el NOx en el horno, al tiempo que se obtiene un control mejorado de la temperatura del horno.

En esta realización, son aconsejables las siguientes disposiciones en un horno de fundición frontal (horno de lumbrera extrema): procedente de una lumbrera del quemador dispuesta frontalmente, una primera tobera de gas de

- flujo está dispuesta en la pared lateral o cara longitudinal del horno, en particular en el primer tercio de la cara longitudinal contigua a la cara frontal. En particular, en el tercio inferior de esta pared lateral longitudinal, contiguo a la cara extrema opuesta a la cara frontal y también, en particular, a la altura del punto caliente del horno, está dispuesto el quemador de oxi-combustible hecho funcionar de manera sub-estequiométrica y/o una boquilla de combustible para introducir combustible puro (por ejemplo, gas natural). En la cara longitudinal opuesta, el quemador hecho funcionar de manera super-estequiométrica (segundo quemador de oxi-combustible) o una boquilla de oxígeno está dispuesto en el tercio inferior, en particular, opuesto al quemador de oxi-combustible o a la boquilla de combustible. Una segunda boquilla de gas de flujo está dispuesta en la parte superior, es decir, primer tercio de la cara longitudinal contigua a la cara frontal, en particular, opuesta a la primera tobera de gas de flujo mencionada.
- Una lumbrera adicional está a su vez dispuesta frontalmente aguas abajo. Esta disposición simétrica es particularmente preferible en el caso del horno de fundición frontal mencionado. Por supuesto, se pueden disponer múltiples boquillas de gas de flujo, en particular, simétricamente en diversos puntos del horno (por ejemplo, adicionalmente en la cara frontal o en el arco). Esto también es cierto para los quemadores de oxi-combustible, la boquilla de combustible y la boquilla de oxígeno.
- En el caso de un horno que tiene lumbreras hechas funcionar de manera alternante, las lumbreras del quemador son hechas funcionar de manera alternante en la función de una lumbrera del quemador y un lumbrera del gas de escape, produciéndose una transición después de un tiempo de ciclo específico, por ejemplo, entre 10 y 30 min, en particular de 15 a 25 min. La lumbrera del gas de escape previa funciona entonces como la lumbrera del quemador y la lumbrera del quemador previa funciona como la lumbrera del gas de escape. La dirección de flujo principal en el horno también se invierte en consecuencia y se extiende opuesta a la dirección de flujo principal previa. En consecuencia, la corriente de gas rica en combustible, la corriente secundaria que contiene oxígeno y la corriente de gas que contiene oxígeno tienen que ser adaptadas a la dirección de flujo principal invertido. De acuerdo con una realización preferida, la corriente de gas rica en combustible y la corriente secundaria que contiene oxígeno se cambian como sigue:
- Primero se desconecta la corriente secundaria que contiene oxígeno.
  - A continuación, una corriente de gas rica en combustible se introduce en el horno desde el lado del horno del cual se ha suministrado antes la corriente secundaria que contiene oxígeno. En términos generales, la corriente secundaria que contiene oxígeno se corta y se reemplaza por una corriente de gas rica en combustible. En esta etapa se introducen en el horno dos corrientes de gas ricas en combustible, pero ninguna corriente secundaria que contiene oxígeno.
  - En la siguiente etapa, la corriente original de gas rica en combustible se desconecta y otra corriente secundaria que contiene oxígeno se introduce en el horno desde el lado del horno del cual se ha introducido la corriente original de gas rica en combustible.
- En una realización preferida, el horno comprende en cada una de las paredes laterales medios para introducir una corriente de gas rica en combustible, medios para introducir una corriente secundaria que contiene oxígeno y medios para introducir una corriente de gas que contiene oxígeno, estando dichos medios dispuestos simétricamente. Preferiblemente, la corriente de gas rica en combustible es combustible puro y la corriente secundaria que contiene oxígeno es oxígeno puro.
- Además de ello, la invención se refiere a un dispositivo para fundir material de fundición tal como vidrio, que tiene un horno, que se implementa como un horno de lumbrera extrema, estando previstas dos lumbreras en una cara delantera del horno, pudiendo hacerse funcionar las dos lumbreras, cada una de manera alternante, lumbrera del quemador o lumbrera del gas de escape, y asignándose un intercambiador de calor a cada una de las lumbreras. Un combustible y un oxidante pueden ser suministrados al horno a través de la lumbrera del quemador para implementar una reacción de combustión, con el fin de calentar el horno. El horno tiene al menos un primer y un segundo quemador que se puede hacer funcionar de manera sub-estequiométrica para la introducción en el horno de una corriente de gas rica en combustible y/o al menos una primera y una segunda boquilla de combustible para la introducción en el horno de un combustible o una mezcla de combustible, estando dispuestos los quemadores que se pueden hacer funcionar de manera sub-estequiométrica y/o las toberas de combustible en el medio del horno que no linda con la cara frontal que tiene la lumbrera del quemador y el lumbrera del gas de escape. Además de ello, el horno tiene al menos una primera y una segunda boquilla de gas de flujo para suministrar una corriente de gas que contiene oxígeno en el horno, estando dispuestas las toberas de gas de flujo en el medio del horno que linda con la cara frontal que tiene la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape.
- Se hace referencia expresamente a las explicaciones anteriores en relación con el método de acuerdo con la invención con respecto a realizaciones ventajosas de este dispositivo.

El horno de fundición se puede hacer funcionar de manera alternante (de forma regenerativa), y tiene al menos dos lumbreras, que se pueden hacer funcionar de manera alternante, siendo expulsados los gases de combustión a través de una segunda lumbrera del quemador, que funciona en este caso como la lumbrera del gas de escape, durante la generación de una llama del quemador mediante el suministro de oxidante a una primera lumbrera del

quemador. Para un funcionamiento regenerativo, un intercambiador de calor se asigna a cada una de las al menos dos lumbreras, a través del cual el oxidante o el gas de escape fluye dependiendo de la trayectoria operativa. Al menos se proporcionan un par de quemadores hechos funcionar de modo alternante de forma sub-estequiométrica, un primer y un segundo quemador hechos funcionar de forma sub-estequiométrica o un par de toberas de combustible hechas funcionar de forma alternante, una primera y una segunda boquilla de combustible, para introducir en el horno una corriente de gas rica en combustible, especialmente combustible puro. Al menos se proporcionan un par de boquillas de gas de flujo que se pueden hacer funcionar de manera alternante, una primera y una segunda tobera de gas de flujo, para introducir corrientes de gas que contienen oxígeno, estando dispuestas las boquillas de gas de flujo aguas arriba del intercambiador de calor y en la proximidad al mismo. Con esta disposición, se ha de asegurar que el CO remanente se queme de la forma más completa posible antes de que entre en el intercambiador de calor, para evitar daños térmicos en el mismo. Boquillas y lumbreras de gas de flujo se hacen funcionar de forma alternante en el mismo ciclo. El primer y segundo quemador hechos funcionar de manera sub-estequiométrica están preferiblemente dispuestos simétricamente con respecto al plano central longitudinal vertical del horno. Lo mismo se aplica preferiblemente a la primera y segunda boquilla de gas de flujo.

Si una corriente secundaria que contiene oxígeno se ha de introducir en el horno, se prefiere hacer funcionar el primer quemador de un modo sub-estequiométrico y el segundo quemador de un modo super-estequiométrico, es decir, la corriente secundaria que contiene oxígeno se suministra a través del segundo quemador. Después de la inversión de la dirección de flujo principal en el horno el primer quemador será hecho funcionar como un quemador super-estequiométrico y el segundo quemador será hecho funcionar como un quemador sub-estequiométrico. El primero y el segundo quemador están dispuestos preferiblemente de forma simétrica al plano central longitudinal vertical del horno.

En caso de que la corriente secundaria que contiene oxígeno sea suministrada a través de boquillas de oxígeno, una primera y una segunda boquilla de oxígeno se proporcionan simétricamente con respecto al plano central longitudinal vertical del horno. Preferiblemente, la primera y la segunda de las boquillas de oxígeno estarán dispuestas más cerca de la pared frontal del horno con las lumbreras del quemador que el primer y segundo quemador que se pueden hacer funcionar de manera sub-estequiométrica.

Se hace referencia a las explicaciones anteriores para las disposiciones ventajosas del o de los quemadores de oxi-combustible y/o la o las boquillas de combustible y las toberas de gas de flujo, en particular en un horno de fundición frontal.

En la práctica, se proporcionará un dispositivo de provisión de gas de flujo, que está diseñado y configurado para proporcionar una corriente de gas a una presión tal que la corriente de gas abandona la boquilla de gas de flujo a una velocidad de ventajosamente al menos 50 m/s, preferiblemente al menos 100 m/s, de manera particularmente preferida de 150 m/s, siendo el valor más alto de la velocidad de 326 m/s, de manera particularmente preferida de 200 m/s. La corriente de gas es un gas que contiene oxígeno, es decir, un oxidante, por ejemplo, aire, aire enriquecido con oxígeno, u oxígeno puro.

Una ventaja esencial de la invención es que se pueden alcanzar valores límites, actualmente de menos de 800 mg/Nm<sup>3</sup> o menos de 700 mg/Nm<sup>3</sup> de gas de escape para NOx, y las instalaciones de hornos existentes en funcionamiento se pueden retroajustar para implementar la invención. La construcción de hornos más grandes con el mismo comportamiento o se puede prescindir de la construcción adicional de instalaciones de purificación de gas de escape.

La regulación de la cantidad del gas que contiene oxígeno o el oxígeno puro a través de la boquilla de gas de flujo o de una lanza correspondiente se puede realizar con la ayuda de la medición de la concentración de CO o de la concentración de oxígeno residual en el gas de escape. Posiblemente resulta la misma regulación para el combustible suministrado a través de la boquilla de combustible y/o el quemador hecho funcionar de manera sub-estequiométrica.

Los quemadores mencionados (quemadores de oxi-combustible, quemadores que se pueden hacer funcionar de manera super-estequiométrica, quemadores que se pueden hacer funcionar de manera sub-estequiométrica) o boquillas (boquillas de gas de flujo, boquillas de combustible y boquillas de oxígeno adicionales) pueden estar dispuestos esencialmente de forma transversal a la dirección de flujo en el horno o también longitudinalmente a la dirección de flujo. Es ventajoso el uso de quemadores de llama plana, en particular, en el arco del horno, para lograr la mejor mezclado a fondo posible de gas de combustión y oxígeno o agente reductor (CO o CH<sub>4</sub>). Ya que los quemadores de llama plana resultan en un tipo de llama de "cola de pez" (dispersada, pero más delgada que un quemador redondo convencional), se puede conseguir una mejor penetración de los gases de escape reductores de los quemadores de oxi-combustible con los gases de escape procedentes del quemador de aire y, por lo tanto, el CO puede sufrir una mejor post-combustión y también NOx puede reducirse mejor.

Es obvio que las características antes mencionadas y las características aún por explicar de aquí en adelante se pueden utilizar no sólo en la combinación especificada respectiva, sino también en otras combinaciones o en solitario, sin apartarse del alcance de la invención.

5 La invención se muestra esquemáticamente en base a una realización a modo de ejemplo en los dibujos y se describirá en detalle a continuación con referencia a los dibujos.

#### Descripción de las Figuras

La Figura 1 muestra esquemáticamente una vista superior de un horno de fundición para fundir vidrio de acuerdo con una realización particularmente ventajosa de acuerdo con la invención en un primer ciclo de funcionamiento;

la Figura 2 muestra el horno de fundición de la Figura 1 en un segundo ciclo de funcionamiento;

10 la Figura 3 muestra otra realización de la invención.

La Figura 1 muestra muy esquemáticamente un horno de fundición (abreviado horno en lo sucesivo) 10 para fundir vidrio. El horno 10 está delimitado por paredes 12 del horno, estando designada la pared frontal por 13, la pared lateral dispuesta a la derecha de la pared frontal por 21, la pared lateral dispuesta a la izquierda de la pared frontal por 19, y la pared extrema por 15. Las lumbreras del quemador, que son conocidas per se en la técnica anterior y no se muestran por separado aquí, se encuentran en las posiciones 24A y 26A. Un intercambiador de calor (o regenerador) 24 ó 26 se asigna a cada una de las lumbreras 24A, 26A, respectivamente.

15 Cargadores frontales del horno (en inglés: "doghouse") 16, 18, a través de los cuales el material necesario para producir un vidrio se suministra al horno 10, están dispuestos en cada caso en las paredes laterales 19, 21 y en la proximidad de las lumbreras 24A, 26A. La dirección de suministro se identifica por 17. Dos quemadores 20, 22 están dispuestos opuestos entre sí en el tercio inferior de las paredes laterales 19, 21, visto desde la pared frontal 13. Posiciones alternativas o adicionales para un quemador 20 se identifican por 20A y 28. Mientras que la posición 20A está dispuesta en la pared de extremo 15, las posiciones 28 están dispuestas en el arco o techo del horno 10. Posiciones alternativas o adicionales para un quemador 22 se identifican por 22A y 30. La posición 22A está de nuevo dispuesta en la pared extrema 15, mientras que las posiciones 30 están dispuestas en el arco o el techo del horno 10. En las posiciones 20A y 22A, los quemadores están dispuestos a lo largo de la dirección del flujo.

20 11 designa la lumbrera de salida para el vidrio líquido, fundido, que se encuentra en el piso del horno 10.

En funcionamiento de acuerdo con la figura 1, el horno 10 es encendido y calentado por medio de una disposición de quemador en la lumbrera 24A. La lumbrera del quemador tiene boquillas de combustible para introducir combustible y tuberías de suministro de un agente oxidante (oxidante), típicamente aire. La combustión resultante del combustible resulta en una llama 25 del quemador, que también puede ser designada como la llama del quemador de calefacción o llama primaria. La extensión de la llama 25 del quemador se indica en la Figura 1. En el ciclo de funcionamiento de la Figura 1, la lumbrera 24A se utiliza como la lumbrera del quemador. En contraposición, la lumbrera 26A se utiliza como la lumbrera del gas de escape, a través de la cual los gases de combustión (gases de escape) abandonan el horno 10 y penetran en el intercambiador de calor 26. Los gases de combustión calientes (temperaturas de alrededor de 1500°C) calientan el medio del intercambiador de calor 26, típicamente ladrillos de almacenamiento de calor.

30 En el siguiente ciclo de funcionamiento, que se muestra en la Figura 2, la lumbrera 26A es hecha funcionar como la lumbrera del quemador, mientras que la lumbrera 24A se utiliza como la lumbrera del gas de escape. El aire de combustión utilizado como el oxidante aquí se suministra en este ciclo de funcionamiento a través del intercambiador de calor 26 a la lumbrera 26A. El aire de combustión puede ser precalentado en el medio del intercambiador de calor y alcanza altas temperaturas (alrededor de 1200°C). El procedimiento de combustión subsiguiente puede hacerse muy eficiente a través de este precalentamiento del aire de combustión. Se forma una llama 29 del quemador que tiene la forma indicada en la Figura 2. Gases de escape que surgen penetran en la lumbrera 24A (gas de escape). Estos gases de escape pueden a su vez calentar el medio (ladrillos de almacenamiento de calor), dispuestos en el intercambiador de calor 24. El siguiente ciclo de funcionamiento corresponde al funcionamiento alternante del horno de fundición 10 al estado mostrado en la Figura 1. Un cambio de este tipo de los ciclos de funcionamiento se produce normalmente cada 15 a 25 min. Debido a las dos lumbreras 24A, 26A del quemador dispuestas frontalmente, se forma una trayectoria de flujo en forma de U que se designa por 27 en la Figura 1 y por 31 en la Figura 2.

40 El punto caliente, es decir, la zona que tiene las temperaturas más altas en el horno 10, se encuentra esencialmente entre los quemadores que se pueden hacer funcionar de forma sub-estequiométrica o toberas de combustible

designadas por 20 y 22 y por lo tanto en la zona de la inversión de la trayectoria de flujo principal. En la zona de este punto caliente, una pared baja se extiende sobre el piso del horno 10, típicamente paralela a la pared extrema 15. El horno se divide en una zona de artesa frontal y una zona de refinado terminal mediante esta pared en la zona del punto caliente. El punto caliente y la pared que se extiende en él se utilizan para sustentar la convección y optimizar la masa fundida de vidrio. Más detalles sobre la construcción y función de los componentes de un horno de fundición 10 se pueden tomar de la técnica anterior.

Las boquillas de gas de flujo para el suministro de una corriente de gas que contiene oxígeno en la cámara de combustión 14 del horno 10 se identifican por 1. En esta realización a modo de ejemplo, tienen la forma de lanzas de oxígeno. Mientras que la boquilla de gas de flujo 1 dispuesta en la pared lateral 21 está activa en el ciclo de funcionamiento de acuerdo con la Figura 1, la boquilla de gas de flujo 1 dispuesta en la pared lateral 19 está activa en el ciclo de funcionamiento de acuerdo con la Figura 2. En esta realización a modo de ejemplo, las boquillas de gas de flujo son opuestas entre sí en relación con el eje longitudinal del horno 10. El dispositivo de provisión de gas de flujo asociado no se muestra en aras de la comprensión.

En el ciclo de funcionamiento de acuerdo con la Figura 1, los productos de combustión (gases de combustión) producidos por la lumbrera 24A del quemador llegan a la zona del quemador 20, que representa un denominado quemador de oxi-combustible o quemador de punto caliente. Como combustible se utiliza típicamente petróleo o gas. El quemador 20 es hecho funcionar rico en combustible o con 100% de combustible y, por lo tanto, de forma sub-estequiométrica. Debido a esta deficiencia de oxígeno y al monóxido de carbono (CO) resultante, el quemador 20 provoca una reducción de NOx como ya se ha descrito en detalle en otro punto.

El quemador 22 puede ser hecho funcionar rico en oxígeno, es decir, de forma super-estequiométrica, o como una lanza de oxígeno con 100% de oxígeno. En este caso, ya se reduciría una parte del CO que se produce. Se ha demostrado que también puede ser aconsejable hacer funcionar el quemador 22 de forma sub-estequiométrica al igual que el quemador 20. Esto resulta en una amplificación del efecto inducido por el quemador 20. Otros efectos debidos a los quemadores 20 y 22 son una dilución de aire de combustión (oxidante) y corriente de combustible en la llama 29 del quemador, con lo que esta llama 29 del quemador se enfría. Un enfriamiento de este tipo de la temperatura de la llama, en particular en los puntos calientes de la llama, resulta en una reducción de NOx generado térmicamente.

Una reducción más eficaz de la concentración de NOx, que al utilizarla se puede alcanzar el valor límite recientemente requerido de 700 mg/Nm<sup>3</sup> de gas de escape, se puede lograr a través de la introducción de una corriente de gas que contiene oxígeno en el lado del gas de escape del horno 10 a través de la boquilla de gas de flujo 1 (en la pared lateral 21). El modo de funcionamiento es el siguiente en este caso: la corriente de gas que contiene oxígeno se mezcla con la corriente de gas de combustión y provoca una post-combustión de CO. De esta manera, el regenerador 26 puede ser protegido frente a daños térmicos. La velocidad de inyección de la corriente de gas que contiene oxígeno en el horno 10 es lo suficientemente elevada como para asegurar que se alcance una recirculación adecuada de los gases de escape del horno (gases de combustión), que a su vez resulta en que se diluyan el aire de combustión y la corriente de combustible del quemador de aire (aquí lumbrera 24A del quemador). Esto resulta en la reducción de la temperatura de la llama y, por lo tanto, en una disminución adicional de NOx. Velocidades de inyección preferidas oscilan entre 100 y 200 m/s en esta realización a modo de ejemplo. También se conoce que una velocidad de flujo de salida elevada da como resultado una aspiración incrementada del gas de escape y, por lo tanto, una mezcladura más intensa con el oxígeno de la corriente de gas que contiene oxígeno. En esta realización a modo de ejemplo, se inyecta oxígeno puro a través de lanzas de oxígeno en el interior del horno.

La cantidad del oxígeno inyectado se puede regular con la ayuda de una medición de la concentración de CO. Para este propósito, se realiza una medición de la concentración de CO en un punto adecuado aguas arriba de la boquilla de gas de flujo 1. La cantidad del oxígeno requerida para la post-combustión completa del CO se puede calcular en base a la anterior. Alternativa o adicionalmente, esta regulación se puede realizar a través de una medición de la concentración de oxígeno residual en el gas de escape. Mediciones empíricas han demostrado que el contenido de oxígeno residual en el gas de escape del horno, medida en la cabeza del regenerador, ha de ser al menos 1,0 - 1,5%.

Observaciones similares se aplican al ciclo de funcionamiento mostrado en la Figura 2. Una corriente de gas que contiene oxígeno se inyecta en el horno 10, aquí a través de la boquilla de gas de flujo 1 en la pared lateral 19 del horno 10. El quemador 22 es ahora hecho funcionar de forma sub-estequiométrica, es decir, rica en combustible o con 100% de combustible, durante este ciclo de funcionamiento, mientras que el quemador 20 es ahora hecho funcionar de forma super-estequiométrica, es decir, rica en oxígeno o con 100% de oxígeno. Como ya se ha explicado en relación con el ciclo de funcionamiento precedente, en la práctica, el quemador 20 puede funcionar también de forma sub-estequiométrica tal como el quemador 22 en el ciclo de funcionamiento de acuerdo con la Figura 2. Dado que sólo las trayectorias de flujo se invierten en el ciclo de funcionamiento según la figura 2, todas las demás observaciones también se aplican de la misma forma aquí.

La dirección de inyección de la corriente de gas que contiene oxígeno puede ser orientada perpendicularmente a la pared lateral 19 ó 21. Ha demostrado ser ventajoso que la dirección de flujo de entrada de la corriente de gas que contiene oxígeno tenga un componente vectorial en la dirección de la corriente de los gases de combustión (trayectoria de flujo 31 ó 27). El ángulo de la lanza de oxígeno mostrado se puede ajustar en consecuencia. Por supuesto, en las figuras sólo se muestra una sección plana; por supuesto, la orientación de la lanza se puede realizar adecuadamente en las tres direcciones espaciales.

Posiciones alternativas o adicionales para el quemador 20 se designan por 20A y 28. Posiciones alternativas o adicionales para el quemador 22 se designan por 22A y 30. Se hace referencia a la publicación WO 2010/114714 A1, que ya se mencionó en la introducción de la descripción, para explicaciones más detalladas de estas posiciones alternativas o adicionales. En la publicación mencionada, el quemador 20 se hace funcionar de forma sub-estequiométrica y el quemador 22 se hace funcionar de forma super-estequiométrica en el ciclo de funcionamiento de la Figura 1. Sin embargo, se ha de señalar expresamente que los dos quemadores, es decir, también el quemador 22, pueden hacerse funcionar de forma sub-estequiométrica en el ámbito de la presente solicitud. Esto se hace posible mediante la inyección de la corriente de gas que contiene oxígeno. Si el quemador 22 también se hace funcionar de forma rica en combustible, la cantidad de la corriente de gas que contiene oxígeno inyectado (preferiblemente oxígeno puro) ha de ser adaptada en consecuencia.

Finalmente, se ha de enfatizar una vez más que, alternativa o adicionalmente a los quemadores 20 y 22 mostrados en las Figuras 1 y 2, se puede utilizar al menos una boquilla de combustible, a través de la cual se puede introducir o inyectar en el horno combustible o una mezcla de combustible, en particular, sin la adición de un oxidante. Este caso corresponde al funcionamiento de un quemador 20, 22 con una relación aire-combustible de 0. Para este caso, los números de referencia 20 y 22 pueden representar cada uno la posición de una boquilla de combustible y una boquilla de oxígeno. Dependiendo del modo de funcionamiento, el número de referencia 20 se refiere a una boquilla de combustible y el número de referencia 22 se refiere a una boquilla de oxígeno o, en el modo de funcionamiento inverso, el número de referencia 20 se refiere a una boquilla de oxígeno y el número de referencia 22 se refiere a una boquilla de combustible.

En la práctica, el quemador 20 de acuerdo con la figura 1 se ha de hacer funcionar de manera fuertemente sub-estequiométrica, estando la relación aire-combustible  $\lambda$  entre 0,1 y 0,8, preferiblemente entre 0,3 y 0,7, más preferiblemente entre 0,5 y 0,6. También se prefiere introducir combustible puro a través de un quemador 20 o boquilla de combustible 20 que se puede hacer funcionar de forma sub-estequiométrica. Es concebible hacer funcionar el quemador 22 adicional de forma algo menos fuertemente sub-estequiométrica.

La Figura 3 muestra otra realización preferida de la invención, similar a la mostrada en la figura 1, pero con lanzas de oxígeno adicionales 40, 41. En el modo de funcionamiento mostrado, la lumbrera 24 del horno funciona como lumbrera del quemador. Combustible y el aire se queman para producir una llama 25 que se extiende a través del horno 10. En esta realización particular, el número de referencia 20 representa una boquilla de combustible para la inyección de 100% de combustible en el horno 10. En la pared lateral opuesta 21 está prevista una boquilla de oxígeno 22 para la inyección de una corriente de oxígeno puro en el horno 10. Aguas abajo de la boquilla de oxígeno 22 y cerca de la lumbrera de escape 26 está prevista una boquilla de gas de flujo 1.

A través de la boquilla de gas de flujo 1 una corriente de gas oxígeno se inyecta en el horno 10 en una dirección a la lumbrera 24 del quemador. La corriente de oxígeno inyectada provoca una recirculación del gas de combustión de nuevo en la dirección hacia la lumbrera 24 del quemador como ya se ha explicado con referencia a la figura 1. Además, una lanza de oxígeno 40 se proporciona cerca de la lumbrera de escape 26, que introduce un gas que contiene oxígeno, preferiblemente oxígeno puro, con el fin de completar la combustión del CO.

Por supuesto, ya que las lumbreras 24, 26 del horno son hechas funcionar de forma alternante como lumbreras del quemador y del gas de escape, también está dispuesta en la pared lateral 19 una lanza de oxígeno 41. La lanza de oxígeno 41 en la pared lateral 19 se utilizará en el modo inverso cuando la lumbrera 26 funciona como lumbrera del quemador y la lumbrera 24 lo hace como lumbrera del gas de escape. Además de ello, el horno comprende una boquilla de combustible en la pared lateral 21 y una boquilla de oxígeno en la pared lateral 19 con el fin de suministrar combustible y oxígeno en el modo inverso (por razones de claridad la boquilla de combustible en la pared lateral 21 y la boquilla de oxígeno en la pared lateral 19 no se muestran en la figura 3).

La presente invención provoca una reducción adicional de NOx en el gas de escape de los hornos de fundición y, por lo tanto, es particularmente bien adecuada para cumplir los requisitos legales.

#### Lista de números de referencia

1 Boquilla de gas de flujo

## ES 2 548 180 T3

	10	horno de fundición, horno
	11	luz de salida
	12	pared del horno
	13	pared frontal
5	14	cámara de combustión
	15	pared extrema
	16	cargador frontal del horno
	17	dirección de suministro
	18	cargador frontal del horno
10	19	pared lateral
	20	quemador
	20A	posición del quemador
	21	pared lateral
	22	quemador
15	24	intercambiador de calor, regenerador
	24A	luz
	25	llama del quemador
	26	intercambiador de calor, regenerador
	27	trayectoria de flujo
20	28	posición en el arco
	29	llama del quemador
	30	posición en el arco
	31	trayectoria de flujo
25	40, 41	lanza de oxígeno

## REIVINDICACIONES

1. Un método para fundir material de fundición, tal como vidrio, en un horno, el cual se implementa como un horno de lumbrera extrema, estando previstas dos lumbreras en una cara frontal del horno, que son hechas funcionar de forma alternante como la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape, siendo suministrado un combustible y un oxidante a la lumbrera del quemador y haciéndose reaccionar, y los gases de combustión resultantes fluyen a lo largo de una dirección de flujo principal esencialmente en forma de U a través del horno a la lumbrera del gas de escape en relación con la dirección de flujo principal, caracterizado por que al menos se introduce en el horno (10) una corriente de gas rica en combustible, aguas debajo de la lumbrera del quemador, y al menos se introduce en el horno (10) una corriente de gas que contiene oxígeno, aguas abajo del punto de introducción de la o las corrientes de gas ricas en combustible (20; 22).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que aire enriquecido en oxígeno u oxígeno puro se utilizan como la o las corrientes que contienen gas.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la o las corrientes de gas que contienen oxígeno se introducen en el horno (10) a una velocidad de al menos 50 m/s, preferiblemente al menos 100 m/s, más preferiblemente al menos 150 m/s y a lo sumo 326 m/s, preferiblemente a lo sumo 200 m/s.
4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la o las corrientes de gas que contienen oxígeno se introducen en el horno (10) en la zona de una lumbrera del gas de escape (24A; 26A) del horno, en particular en el tercio, cuarto, quinto o décimo del horno contiguo a la cara frontal que tiene la lumbrera del gas de escape.
5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la o las corrientes de gas que contienen oxígeno se introducen en el horno perpendicularmente o en otro ángulo con respecto a la pared (12) del horno (10).
6. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la o las corrientes de gas que contienen oxígeno se introducen en el horno (10) en la cara del gas de escape fuera de la llama (25, 29) del quemador generada por la lumbrera del quemador.
7. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos una corriente secundaria que contiene oxígeno, especialmente una corriente de 100% de oxígeno, se introduce en el horno aguas abajo del punto de introducción de la o las corrientes de gas ricas en combustible y aguas arriba del punto de introducción de la o las corrientes de gas que contienen oxígeno.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que una de las lumbreras se conmuta del funcionamiento como lumbrera de quemador a funcionamiento como lumbrera del gas de escape, y la otra lumbrera se conmuta del funcionamiento como lumbrera del gas de escape a funcionamiento como lumbrera del quemador, y por que
- la o las corrientes secundarias que contienen oxígeno se desconectan,
  - después se introducen una o más de otras corrientes de gas ricas en combustible en el horno desde la cara del horno de la cual se han suministrado antes la o las corrientes secundarias con contenido en oxígeno,
  - después, se desconectan la o las corrientes de gas ricas en combustible que originalmente habían sido introducidas en el horno, y
  - después, se introducen otra o más de otras corrientes secundarias que contienen oxígeno en el horno desde la cara del horno de la cual se introdujeron originalmente en el horno la o las corrientes de gas ricas en combustible.
9. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que dicha o dichas corrientes de gas que contienen oxígeno y/o una o más corrientes de oxígeno adicionales se introducen en el horno en una dirección a la lumbrera que se hace funcionar como la lumbrera del quemador.
10. Un dispositivo para fundir material de fundición tal como vidrio, que tiene un horno (10) que está implementado como un horno de lumbrera extrema, estando previstas dos lumbreras en una cara frontal del horno, pudiendo hacerse funcionar de forma alternante cada una de las dos lumbreras como lumbrera del quemador o como lumbrera del gas de escape, y estando asignado un intercambiador de calor (24, 26) a cada una de las lumbreras del quemador, siendo posible suministrar combustible y oxidante al horno a través de la lumbrera del quemador para formar una reacción de combustión (25; 29), con el fin de calentar el horno (10), y que tiene al menos un primer y un segundo quemador (20; 22) que se puede hacer funcionar de forma sub-estequiométrica y/o que tiene al menos una primera y una segunda boquilla de combustible para introducir una corriente de gas rica en combustible en el horno (10), estando dispuestas el primero y el segundo quemador (20, 22) que se puede hacer funcionar de forma sub-

- estequiométrica y/o la primera y la segunda boquilla de combustible en la mitad del horno no contigua a la cara frontal que tiene la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape, caracterizado por tener al menos una primera y una segunda boquilla de gas de flujo (1) para suministrar una corriente de gas que contiene oxígeno al horno, estando dispuestas la primera y la segunda boquilla de gas de flujo (1) en la mitad del horno contigua a la cara frontal que tiene la lumbrera del quemador y la lumbrera del gas de escape.
- 5
11. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la primera y la segunda boquillas de gas de flujo (1) están diseñadas como una boquilla de Laval o boquilla de Venturi.
12. El dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado por que la primera y la segunda boquillas de gas de flujo (1) se pueden ajustar con respecto a su posición y/o ángulo para permitir una flexibilidad y optimización del procedimiento.
- 10
13. El dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que la primera y la segunda boquillas de gas de flujo (1) está dispuestas en una pared lateral (19, 21) y/o en la cara frontal (13) y/o en un arco del horno (10), siendo la distancia de la primera y la segunda boquillas de gas de flujo de la cara frontal a lo sumo 33%, a lo sumo 25%, a lo sumo 20%, a lo sumo 15% o a lo sumo 10% la extensión longitudinal del horno en la dirección perpendicular a la cara frontal.
- 15
14. El dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que el primer y el segundo quemador (20; 22) que se pueden hacer funcionar de forma sub-estequiométrica y/o la primera y la segunda boquillas de combustible están dispuestos en paredes laterales opuestas del horno, y por que se proporcionan un primer y un segundo quemador (22; 20) que se pueden hacer funcionar de forma súper-estequiométrica y/o una primera y una segunda boquillas de oxígeno para suministrar una corriente secundaria que contiene oxígeno al horno (10), estando dispuestos el primer y el segundo quemador (22; 20) que se pueden hacer funcionar de forma súper-estequiométrica y/o la primera y segunda boquillas de oxígeno en dichas paredes laterales opuestas.
- 20

FIG. 1

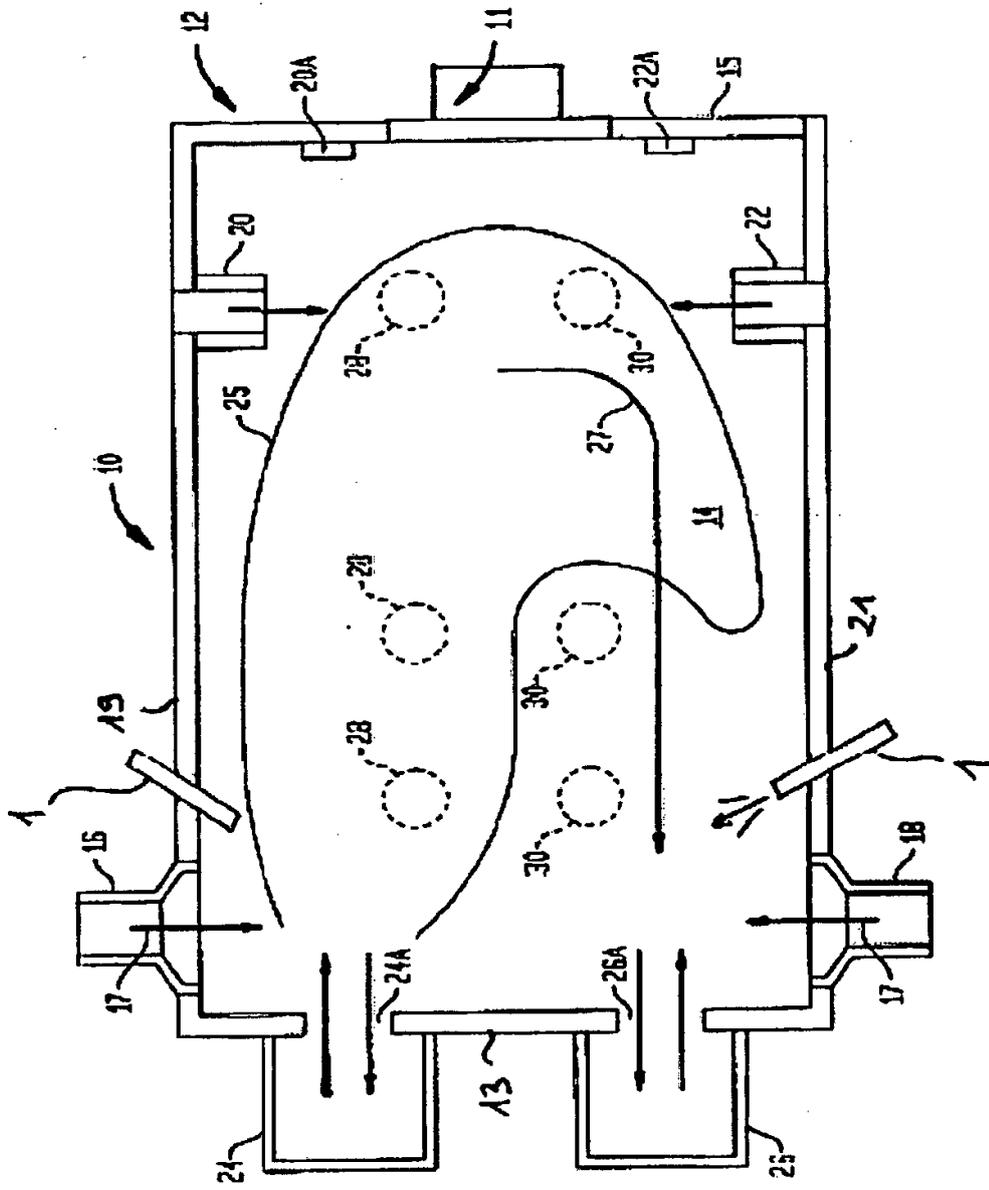


FIG. 2

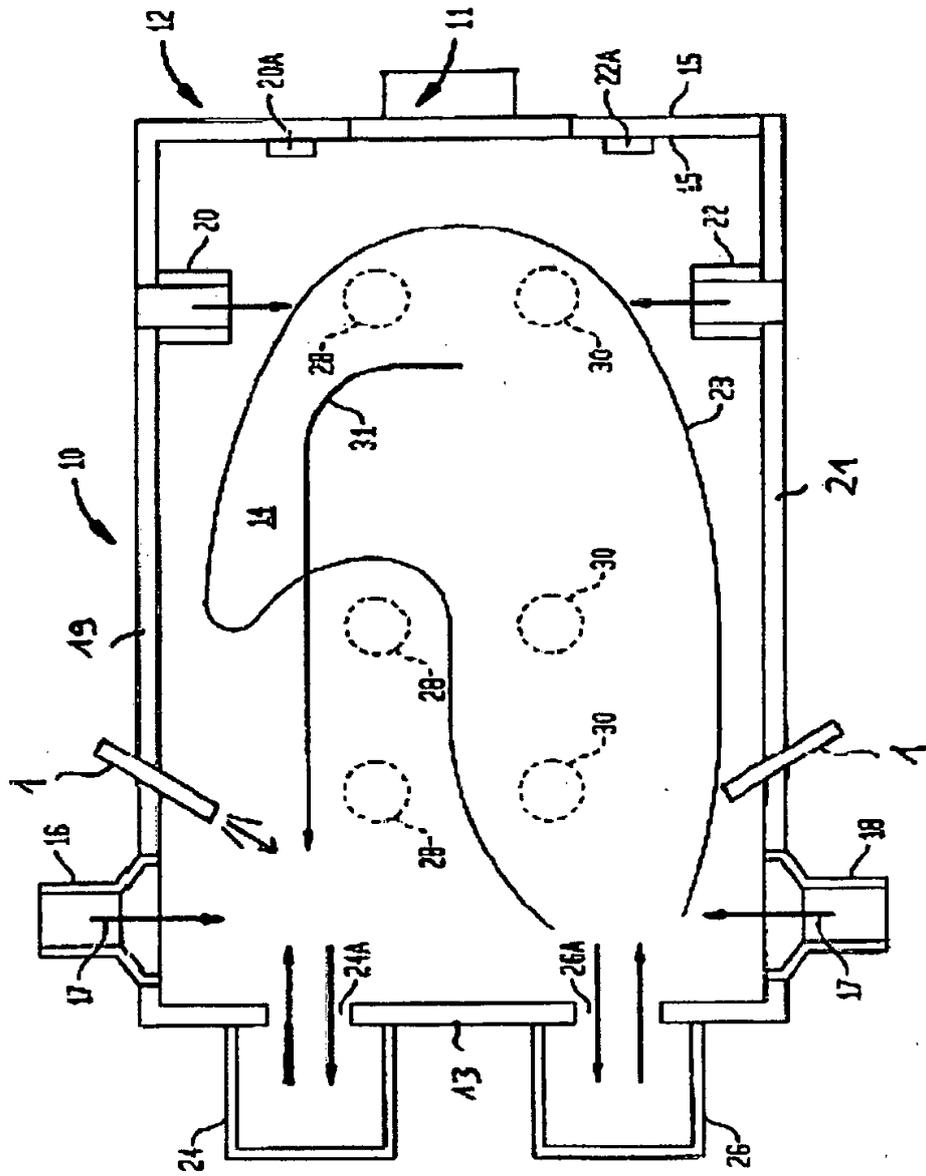


Fig. 3

