

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 200**

51 Int. Cl.:

C21C 5/52

(2006.01)

C21C 5/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07796468 .2**

96 Fecha de presentación: **26.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2047001**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.04.2009**

54 Título: **MÉTODO DE INYECCIÓN DE OXÍGENO.**

30 Prioridad:
28.06.2006 US 476039

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.12.2011

73 Titular/es:
**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.
39 OLD RIDGEBURY ROAD
DANBURY, CT 06810-5113, US**

72 Inventor/es:
**MAHONEY, William, John;
RILEY, Michael, Francis;
DENEYS, Adrian, Christian;
VARDIAN, Gary, Thomas y
MANLEY, Stephen, A.**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 371 200 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de inyección de oxígeno.

Ámbito de la invención

La presente invención se refiere a un método para inyectar un chorro supersónico de oxígeno en una masa fundida situada dentro de un horno metalúrgico en el que se descarga un chorro de oxígeno desde un conducto convergente-divergente de una tobera a una velocidad supersónica como parte de un chorro estructurado que tiene una zona circunferencial externa compuesta de una mezcla de combustible y oxígeno que se enciende automáticamente y entra en combustión en la atmósfera del horno y no dentro de la boquilla para formar una envoltura de llama para inhibir el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración del chorro de oxígeno.

Antecedentes de la invención

El oxígeno se inyecta normalmente en baños de metal fundido para fines tales como el afino de acero. Por ejemplo, el acero se afina en hornos de arco eléctrico (EAF, del inglés *electric arc furnaces*) y hornos de oxígeno básico (BOF, del inglés *basic oxygen furnaces*) mediante la inyección de oxígeno en una masa fundida que contiene hierro y chatarra. La inyección de oxígeno reacciona con el carbono, silicio, manganeso, hierro y las impurezas que incluyen el fósforo para ajustar el contenido de carbono de la masa fundida y para eliminar las impurezas. Las reacciones de oxidación producen una capa de escoria en la parte superior de la masa fundida. Se inyecta oxígeno para otros fines, por ejemplo, con fines de fundición de cobre, plomo y zinc.

Es importante que el oxígeno penetre el baño de metal fundido. En el BOF, la reacción excesiva de oxígeno en la capa de escoria provoca una formación de espuma no controlada, dando lugar a la expulsión de desperdicio de material del convertidor, un fenómeno llamado "eyección". En el EAF, una penetración deficiente del oxígeno puede dar lugar a una oxidación no deseada de los electrodos de carbono, lo que tiene como resultado el aumento de los costes de operación. Además, la penetración profunda del oxígeno, de una lanza metalúrgica, producirá una acción beneficiosa de agitación del metal fundido.

Con el fin de conseguir una penetración profunda, las lanzas metalúrgicas se han colocado cerca de la superficie de la masa fundida lo más posible. Un problema con esto es que la vida útil de la lanza se vuelve muy corta debido al intenso calor generado en la superficie del metal fundido. Otro problema es el aumento del riesgo de liberación del agua de refrigeración en el horno, que puede tener como resultado unas reacciones violentas y peligrosas con la masa fundida, debido a un sobrecalentamiento de la lanza. Además, se forman depósitos en la lanza de metal fundido que reducen su vida útil. Otro efecto perjudicial es que el metal fundido y la escoria pueden salpicar teniendo como resultado una pérdida de producto y problemas de mantenimiento del horno.

Con el fin de evitar la colocación de la lanza metalúrgica cerca de la superficie de la masa fundida, es deseable que el oxígeno sea descargado desde la lanza metalúrgica con una velocidad tan alta como sea posible de modo que el oxígeno pueda penetrar en el metal fundido, mientras que al mismo tiempo la lanza se puede colocar a una distancia por encima de la masa fundida. Sin embargo, cuando un chorro de oxígeno se descarga desde la lanza metalúrgica, el chorro interaccionará con la atmósfera del horno. Esta interacción provoca un deterioro de la velocidad y la concentración del chorro de oxígeno y una consiguiente disminución en la capacidad del chorro de oxígeno para penetrar en el baño de metal fundido.

Con el fin de superar este problema, se ha sabido proporcionar una envoltura o cubierta de llama que envuelve el chorro de oxígeno para inhibir el deterioro de la velocidad. Por ejemplo, en el documento U.S. 3.427.151, se introduce oxígeno en una boquilla que está provista de un conducto central que tiene una constricción para conseguir una velocidad sónica en la constricción y una velocidad sónica del chorro de oxígeno que se está descargando desde la boquilla. Se expulsa combustible y oxígeno suplementario desde unos anillos concéntricos de conductos de oxígeno y conductos de combustible que rodean el conducto central para producir la envoltura de llama que rodea al chorro de oxígeno central.

Los documentos EP0584814 y U.S. 5.599.375 describen un quemador/inyector que tiene un conducto central convergente-divergente para inyectar oxígeno en una cámara de combustión. Alrededor del conducto convergente-divergente hay unos pasos de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión. Alrededor de los pasos de combustible hay unos pasos secundarios de oxígeno para introducir un segundo gas oxidante en la cámara de combustión. Cuando el inyector quemador opera en un modo de quemado de combustible, el combustible entra en combustión en la cámara de combustión junto con el oxígeno inyectado en el centro y el segundo gas oxidante. Esto crea una llama de fundición y calentamiento de chatarra dirigida a través de la cámara de combustión hacia la chatarra que ha de ser fundida. Una vez que una pequeña parte de la chatarra se funde, el flujo del combustible se reduce y el flujo de oxígeno se aumenta para crear una llama altamente oxidante que reacciona rápidamente con la chatarra precalentada para fundir chatarra adicional con el calor liberado por la oxidación exotérmica. A continuación el flujo de combustible se reduce aún más o se elimina por completo y el flujo del oxígeno descargado desde la boquilla convergente-divergente se aumenta substancialmente aún más, preferiblemente a una velocidad supersónica, para reaccionar con una parte adicional de la chatarra precalentada situada más lejos del quemador/inyector.

Como puede apreciarse, el documento U.S. 3.427.151 que tiene sólo un conducto estrecho y no un conducto convergente-divergente es incapaz de proyectar un chorro supersónico de oxígeno. Aunque el documento 5.599.375 utiliza un conducto convergente-divergente para producir un chorro supersónico de oxígeno, no se emplea una envoltura de llama porque se inyecta poco o nada de combustible y por lo tanto, el chorro supersónico de oxígeno se deteriora rápidamente debido a la interacción del chorro con la atmósfera del horno.

Con el fin de resolver estos problemas, el documento U.S. 5.814.125 proporciona un método de inyección de un gas en líquido fundido, tal como el hierro fundido. De acuerdo con el método, se crea un chorro supersónico de oxígeno dentro de una boquilla que tiene un conducto convergente-divergente. El chorro supersónico de oxígeno está rodeado por una envoltura de llama que se produce por la expulsión de combustible y oxígeno desde una disposición concéntrica interna y externa de pasos que rodean el conducto central convergente-divergente. La cubierta de llama inhibe el deterioro de la velocidad del chorro supersónico de oxígeno y permite que el oxígeno impacte en la superficie de la masa fundida líquida a una distancia de 20 diámetros de boquilla o más con una velocidad supersónica. En el documento U.S. 6.604.937, un gas como el oxígeno se puede hacer pasar a través de una pluralidad de boquillas convergentes-divergentes en ángulo hacia el exterior para producir unos chorros que tienen una velocidad supersónica para la inyección en metal fundido con motivos de afino. Alrededor de las boquillas convergentes-divergentes hay un anillo de aberturas para expulsar alternativamente combustible y oxidante para apoyar la combustión del combustible. Esta combustión produce una única envoltura de llama para rodear los chorros y, por tanto, para inhibir el deterioro de la velocidad de los chorros.

Incluso cuando un chorro supersónico de oxígeno cubierto por llama es expulsado desde un inyector o lanza, tal como se ha descrito anteriormente en los documentos U.S. 5.814.125 o U.S. 6.604.937, el metal fundido y la escoria pueden formar depósitos conocidos como cascarilla que puede obstruir las aberturas desde las que se expulsan combustible y oxígeno. Esta acumulación puede interferir con la formación de la cubierta de llama y por lo tanto degradar la utilidad del chorro o hacerlo ineficaz. Con el fin de resolver este problema, la solicitud de patente japonesa publicada 2002-288.115 describe un conjunto de lanza refrigerada por agua que tiene un conducto convergente-divergente para expulsar un chorro supersónico de oxígeno desde la punta de lanza. El chorro supersónico de oxígeno está rodeado por una llama producida dentro del conducto central convergente-divergente por la inyección interna de combustible dentro del conducto que entra en combustión dentro del conducto. Con el fin de estabilizar la llama, un tramo recto de la boquilla que se comunica entre el extremo del tramo divergente del conducto y la cara de la boquilla está provisto de una ranura circunferencial en la que el combustible y el oxígeno se recogen, se desaceleran y entran en combustión tras el encendido.

Pueden surgir problemas potenciales de seguridad y operacionales por la combustión que se produce dentro de la boquilla. La combustión de combustible es una reacción exotérmica oxidante que puede degradar la misma boquilla para ocasionar un fallo catastrófico rápido o definitivo. Tal degradación puede afectar negativamente a la vida de la lanza y aumentar el riesgo de liberación de agua de refrigeración en el horno, que puede reaccionar violentamente con la masa fundida. Hay riesgos de seguridad asociados con la mezcla de los hidrocarburos y el oxígeno en un espacio cerrado en el que puede crearse una mezcla combustible, si no explosiva. Los expertos en la técnica apreciarán las dificultades asociadas con los procedimientos necesarios de encendido, estabilización de la combustión y supervisión de la llama.

Como se explicará, la presente invención proporciona un método para la inyección de chorros supersónicos de oxígeno en metal fundido superiores a la técnica anterior y, de hecho, minimiza, si no elimina, los problemas identificados en los dispositivos de la técnica anterior mencionados anteriormente.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un método de inyección de oxígeno en una masa fundida situada dentro de un horno metalúrgico que tiene una atmósfera de horno calentada como se define en las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente.

De acuerdo con el método, se introduce una corriente de oxígeno en una boquilla que tiene un conducto de configuración convergente-divergente. Cabe señalar que el conducto completo no tiene que tener una configuración convergente-divergente y, de hecho, un conducto de acuerdo con la presente invención puede tener una parte de configuración convergente-divergente seguida de una parte cilíndrica recta que se extiende hacia la cara de la boquilla. Además, el término "corriente de oxígeno" tal como se utiliza en esta memoria y en las reivindicaciones abarca corrientes uniformemente mezcladas que tienen una pureza de oxígeno de por lo menos el 35 por ciento en volumen, el resto un gas inerte tal como el argón. Sin embargo, en la producción de acero con oxígeno se prefieren concentraciones de oxígeno de aproximadamente el 90 por ciento o más. Un combustible que contiene una especie de hidrógeno se inyecta en la corriente de oxígeno en ubicaciones circunferenciales internas del conducto que se encuentran totalmente dentro del conducto. En este sentido, el término "especies de hidrógeno" significa hidrógeno molecular o una molécula que contiene hidrógeno o cualquier sustancia que contiene átomos de hidrógeno o sus combinaciones. Como resultado, una corriente que contiene combustible y oxígeno combinados se forma dentro del conducto que tiene una estructura compuesta de una zona circunferencial externa que contiene una mezcla del oxígeno y el combustible y una zona central interna rodeada por la zona circunferencial externa y que contiene el oxígeno y esencialmente sin combustible.

La corriente de oxígeno se introduce en un tramo de entrada del conducto con una presión crítica o por encima. Como resultado, se establece una condición de flujo estrangulado dentro de un tramo central de garganta del conducto, la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados se acelera a una velocidad supersónica dentro de un tramo divergente del conducto y la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados se descarga como un chorro estructurado desde la boquilla en la atmósfera del horno. El chorro estructurado tiene la estructura de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados y la velocidad supersónica con la descarga desde la boquilla.

El encendido y la combustión del combustible mientras está dentro del conducto se evitan al no introducir una fuente de encendido y proveer al conducto con una superficie interna ininterrumpida por cualquier discontinuidad en la que la zona circunferencial externa podría de otra forma desacelerar y proporcionar un sitio para una combustión estable del combustible.

Se produce una envoltura de llama que rodea a un chorro de oxígeno formado desde la parte interna central del chorro estructurado y que inicialmente tiene la velocidad supersónica. La envoltura de llama inhibe el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración del chorro de oxígeno. La velocidad de otro modo se deterioraría sin la envoltura de llama debido a la interacción del chorro de oxígeno con la atmósfera del horno. Esta interacción también provoca una dilución para producir un deterioro de la concentración del chorro de oxígeno. Tal como se utiliza en esta memoria y en las reivindicaciones, el término "envoltura de llama", significa una llama que rodea el chorro de oxígeno y se propaga por su longitud por la combustión activa del combustible y cualquier reactivo que pueda estar presente en la atmósfera del horno calentado, en el que dicha combustión es apoyada en su totalidad o en parte por el oxígeno suministrado por el chorro de oxígeno. En la presente invención, la envoltura de llama se produce enteramente fuera de la boquilla mediante el contacto de la zona circunferencial externa del chorro estructurado con la atmósfera del horno calentado. Este contacto crea una zona de mezcla en cizalla que contiene una mezcla inflamable compuesta por el combustible, el oxígeno y la atmósfera del horno calentado y el auto-encendido de la mezcla inflamable mediante el calor suministrado por la atmósfera de horno calentado.

El chorro de oxígeno se dirige hacia la masa fundida, mientras está rodeado por la envoltura de llama. En este sentido, el término "masa fundida" como se usa en esta memoria y en las reivindicaciones con respecto a un horno de fabricación de acero, EAF o BOF, significa tanto la capa de escoria como el baño fundido subyacente de metal. Como resultado, en tal horno, el chorro de oxígeno en primer lugar entraría en la capa de escoria. En el caso de un horno metalúrgico en el que no se produce una capa de escoria, la "masa fundida" en la que entra el chorro de oxígeno constituiría el metal fundido. Un ejemplo de esto sería un envase de afino no ferroso.

Aunque no se conoce en la técnica anterior, una descarga de un chorro estructurado, tal como se describe anteriormente, cuando recibe el contacto de la atmósfera del horno calentado producirá una zona dentro de una zona externa de mezcla en cizalla que se encenderá para formar una envoltura de llama que rodeará e inhibirá el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración de un chorro supersónico de oxígeno formado por la zona central interna del chorro estructurado. Esto permite que una boquilla de la presente invención sea colocada a cierta distancia de la masa fundida y permite mejorar la acción beneficiosa de agitación de la masa fundida.

Como se indicó anteriormente y como se conoce en la técnica anterior, la producción y la inyección de un chorro de oxígeno mientras está con una velocidad supersónica tiene la ventaja de maximizar la cantidad de oxígeno que puede reaccionar con las especies oxidables contenidas dentro de la masa fundida con motivos de afino, mientras que en mismo tiempo produce una acción vigorosa de agitación de la masa fundida. Además, no hay pasos de combustible externos que puedan taponarse necesitando la retirada de la lanza del servicio y la extracción de los depósitos, conocidos como cascarilla, de la cara de la boquilla. Además, como se puede apreciar a partir de la explicación anterior, mediante la presente invención se evitan las desventajas de la mezcla, encendido y combustión de una corriente que contiene oxígeno y combustible dentro de un espacio combinado, porque se evita el encendido y la combustión de la mezcla de combustible y el oxígeno mientras están en la boquilla.

La corriente que contiene combustible y oxígeno combinados puede expandirse completamente con la descarga de la misma como el chorro estructurado desde la boquilla. El combustible puede introducirse en la corriente de oxígeno, mientras que está dentro del tramo divergente de la boquilla. Como medida de seguridad, la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados puede expandirse más con la descarga de la misma como el chorro estructurado desde la boquilla de manera que la corriente de oxígeno tenga una presión por debajo de la ambiental, mientras que está dentro del tramo divergente de la boquilla. El combustible puede introducirse en la corriente de oxígeno en un lugar dentro del tramo divergente en el que la corriente de oxígeno está a una presión por debajo de la ambiental. Como resultado, en caso de fallo del sistema de suministro de combustible, el oxígeno no fluiría hacia atrás a través de los pasos de combustible creando una potencial situación peligrosa. Otro resultado beneficioso es que no se necesita que el sistema de suministro de combustible supere la presión de retorno positiva de oxígeno, minimizando con ello la presión de suministro necesaria para la entrega de combustible en la boquilla.

El tramo divergente de la boquilla puede extenderse desde el tramo central de garganta a una cara de la boquilla expuesta a la atmósfera del horno calentado. Otras posibilidades serán evidentes a partir de la explicación detallada siguiente.

Preferiblemente, la velocidad supersónica del chorro estructurado de combustible y oxígeno combinados es por lo menos cerca de Mach 1,7.

El horno metalúrgico puede ser un horno de arco eléctrico. En tal caso, el combustible se introduce en la corriente de oxígeno con una relación de equivalencia de entre aproximadamente 0,02 y aproximadamente 0,14. Como alternativa, el horno metalúrgico puede ser un horno de oxígeno básico. En tal caso, el combustible se introduce en la corriente de oxígeno con una relación de equivalencia de entre aproximadamente 0,01 y aproximadamente 0,06. En cualquier tipo de horno, la atmósfera del horno calentado contendrá monóxido de carbono y la mezcla inflamable utilizada en la formación de la envoltura de llama, a su vez contendrá monóxido de carbono. Cuando el horno metalúrgico es un horno de oxígeno básico, la boquilla se puede montar en una lanza refrigerada por agua en una punta de lanza de la lanza refrigerada por agua. Se entiende, sin embargo, que la aplicación de la presente invención no se limita a tales hornos y de hecho se puede utilizar en un horno que tenga una atmósfera de horno calentado que no contenga monóxido de carbono o cualquier otra sustancia que pueda servir como parte de la mezcla inflamable usada en la formación de la envoltura de llama. Todo lo necesario con respecto a la "atmósfera del horno calentado" es que sea de temperatura suficiente para producir el auto-encendido de la mezcla inflamable.

En cualquier realización de la presente invención, el combustible puede introducirse en la corriente de oxígeno en las ubicaciones circunferenciales internas de los conductos mediante la inyección del combustible en un elemento metálico anular poroso que tenga una superficie anular interna. La superficie anular interna forma parte del tramo de garganta o del tramo divergente del conducto convergente-divergente.

En un aspecto adicional de un método de la presente invención aplicado a la inyección de oxígeno en una masa fundida situada dentro de un horno metalúrgico que tiene una atmósfera de horno calentado que contiene monóxido de carbono, las corrientes de oxígeno se pueden introducir en unas boquillas que tienen unos conductos de configuración convergente-divergente en los que las boquillas están situadas en una punta de una lanza refrigerada por agua y con ángulo hacia el exterior desde un eje central de la lanza refrigerada por agua. Tal horno metalúrgico puede ser un horno de oxígeno básico. El combustible que contiene una especie de hidrógeno se inyecta en las corrientes de oxígeno de la manera indicada anteriormente para formar chorros estructurados, envolturas de llamas y chorros individuales de oxígeno, que inicialmente tienen una velocidad supersónica. La lanza refrigerada por agua puede situarse en el horno de oxígeno básico y los chorros de oxígeno se dirigen a la masa fundida.

En las lanzas de hornos de oxígeno básico, normalmente hay entre 3 y 6 boquillas y las boquillas tiene un ángulo hacia el exterior de entre aproximadamente 6 grados y aproximadamente 20 grados desde el eje central. Como se indicó anteriormente, en caso de un horno de oxígeno básico, el combustible se introduce en las corrientes de oxígeno con una relación de equivalencia de entre 0,01 y 0,06 y la velocidad supersónica de cada uno de los chorros estructurados de combustible y oxígeno combinados puede ser de por lo menos aproximadamente Mach 1,7. En una realización específica, el combustible puede ser introducido en una cámara de combustible y las boquillas se colocan para pasar a través de la cámara de combustible. El combustible se introduce en los conductos a través de unos pasos de combustible ubicados dentro de la punta de la lanza y se comunican entre las ubicaciones circunferenciales internas de los conductos y la cámara de combustible. En este sentido, puede haber entre 4 y 12 pasos de combustible para cada uno de los conductos. Cabe señalar que se pueden utilizar más o menos pasos de combustible.

Breve descripción de los dibujos

Si bien la memoria descriptiva concluye con unas reivindicaciones que señalan claramente el objeto que los solicitantes consideran como su invención, se cree que la invención se comprenderá mejor si se toma conjuntamente con los dibujos que se acompañan en los que:

La Fig. 1 es una vista esquemática en sección transversal de una boquilla que produce un chorro libre de oxígeno de acuerdo con un método de la técnica anterior;

La Fig. 2 es una vista esquemática en sección transversal de una boquilla para llevar a cabo un método de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 3 es una representación gráfica de la distribución axial de la presión estática que se desarrolla dentro de un conducto convergente-divergente en el que la corriente interna se expande completamente tras la salida de la boquilla;

La Fig. 4 es una representación gráfica de la distribución axial de la presión estática dentro de un conducto convergente-divergente en el que el tramo divergente de salida se diseña de modo que el oxígeno sea expulsado desde la boquilla en un estado más expandido;

La Fig. 5 es una representación gráfica de la distribución axial de la presión estática dentro de un conducto convergente-divergente que emplea una extensión cilíndrica que se extiende hacia el tramo de salida a la cara de la boquilla de modo que el oxígeno sea expulsado desde la boquilla en un estado menos expandido;

La Fig. 6 es una representación gráfica de la cantidad de combustible necesario para formar una envoltura de llama para un chorro de oxígeno Mach 2 producido por una boquilla del tipo ilustrado en la Fig. 2 frente a la longitud del chorro, mientras tiene una velocidad supersónica y una velocidad axial de línea central de aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad inicial;

5 La Fig. 7 es una representación gráfica de la cantidad de combustible necesaria para formar una envoltura de llama para un chorro de oxígeno Mach 2 producido por una boquilla del tipo ilustrado en la Fig. 2 frente a la longitud del chorro, mientras tiene una velocidad supersónica y una velocidad axial de línea central es de aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad inicial;

10 La Fig. 8 es una representación gráfica de la distribución radial de presión de estancamiento y la concentración de gas, de un chorro estructurado Mach 2 formado por un método de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 9 es una representación gráfica de la concentración de gas y la distribución radial de presión de estancamiento de un chorro de oxígeno rodeado por una envoltura de llama formada por un método de acuerdo con la presente invención que se mide a una distancia de la cara de la boquilla en la que la velocidad axial de línea central del chorro se ha deteriorado a aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad inicial Mach 2, 487,7 m/s (1.600 fps) en la salida de la boquilla;

15 La Fig. 10 ilustra una representación esquemática de un horno de arco eléctrico que emplea un inyector de oxígeno para inyectar un chorro de oxígeno a una velocidad supersónica en un baño de metal fundido mediante la utilización de un método de acuerdo con un método de la presente invención;

La Fig. 11 ilustra el inyector de oxígeno empleado en la Fig. 9;

20 La Fig. 12 ilustra una realización alternativa del inyector de oxígeno de la Fig. 11;

La Fig. 13 ilustra una representación esquemática de un horno de oxígeno básico que emplea una lanza refrigerada por agua para inyectar chorros de oxígeno a una velocidad supersónica en un baño de metal fundido mediante la utilización de un método de acuerdo con un método de la presente invención;

La Fig. 14 es una vista esquemática en sección de la lanza refrigerada por agua empleada en la Fig. 13,

25 La Fig. 15 es una vista en sección ampliada de una punta de lanza de la lanza refrigerada por agua ilustrada en la Fig. 14, y

La Fig. 16 es una vista en sección de la Fig. 15 tomada a lo largo de la línea 15-15 de la Fig. 15;

Descripción detallada

30 Con referencia a las figuras 1 y 2, el funcionamiento de una boquilla 1 de la técnica anterior que se utiliza para inyectar un chorro supersónico de oxígeno en un horno metalúrgico se compara con el funcionamiento de una boquilla 2 de acuerdo con la presente invención.

La boquilla 1 tiene un conducto 10 de configuración convergente-divergente que incluye un tramo convergente de entrada 12, un tramo central de garganta 14 y un tramo divergente de salida 16 que termina en una cara 18 de la boquilla. Cuando se inyecta una corriente de oxígeno desde un conducto de suministro 19 en el tramo convergente de entrada 12 del conducto 10, se somete a una expansión inicial. Si la presión del oxígeno es superior a lo que se conoce en la técnica como "presión crítica" o "presión de expansión Mach 1" de la corriente de oxígeno que se introduce en la boquilla 10, se consigue una situación de corriente estrangulada en el tramo central de garganta 14 en el que el oxígeno ha alcanzado una velocidad sónica. El término "velocidad sónica" tal como se utiliza en esta memoria y en las reivindicaciones significa una velocidad que tiene una magnitud de la velocidad del sonido. Bajo una condición de flujo estrangulado, cualquier aumento de la presión no aumentará la velocidad del oxígeno dentro del tramo central de garganta 14. Dentro del tramo divergente de salida 16 de la boquilla 10, el flujo de oxígeno se vuelve supersónico a medida que el oxígeno se expande aún más en dicho tramo. Como se mencionó anteriormente, al tiempo que se incrementa la presión del oxígeno aguas arriba del tramo convergente de entrada 12 de la boquilla no se incrementará la velocidad del oxígeno dentro del tramo de garganta 14, tal incremento de presión incrementará la velocidad dentro del tramo divergente de salida 16 de la boquilla 10.

En la cara 18 de la boquilla, un chorro de oxígeno 22 se descarga desde la boquilla 10 en una atmósfera de horno a alta temperatura que normalmente está ligeramente superior a la presión atmosférica. En el caso de un horno de oxígeno básico, esa presión es, en general, aproximadamente el 25 por ciento mayor que la presión atmosférica. Tras la descarga desde la cara 18 de la boquilla, el chorro de oxígeno 22 tiene inicialmente una velocidad supersónica.

En un horno que se utiliza en el procesamiento de acero, la atmósfera del horno contiene una alta concentración de monóxido de carbono debido a la reacción del oxígeno con el carbono contenido en la masa fundida. A medida que el chorro de oxígeno 22 se extiende hacia el exterior desde la cara 18 de la boquilla, la zona circunferencial externa de la misma tiende a interactuar con la atmósfera del horno en lo que se conoce como una zona de mezcla en

cizalla 24 en la que la atmósfera del horno se mezcla con el oxígeno contenido en el chorro de oxígeno 22 por la formación de micro vórtices. Si bien puede haber una combustión del monóxido de carbono en la atmósfera del horno en la zona de mezcla en cizalla 24, la tasa de combustión de monóxido de carbono es una tasa lo suficientemente baja y no es eficaz en la formación de una envoltura de llama según la manera explicada anteriormente. De hecho, la combustión significativa sólo se producirá a una distancia de la cara 18 de la boquilla que suele ser de más de 6 diámetros de boquilla desde la cara 18 de la boquilla. Este espacio de la combustión hace que cualquier llama que rodea el chorro de oxígeno 22 sea ineficaz para evitar el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración del chorro de oxígeno 22 en una forma prevista por la presente invención. La mezcla del oxígeno y la atmósfera del horno que se produce en la zona de mezcla en cizalla 24 aumenta a lo largo de la longitud del chorro de oxígeno 22, visto desde la cara 18 de la boquilla para producir una zona cónica 25 en la que el flujo no se ve afectado por el proceso de mezcla y de hecho tiene las mismas propiedades que las existentes en la cara 18 de la boquilla. En la técnica, esta zona se conoce como un núcleo potencial. La zona de flujo más allá del núcleo potencial 25 es el punto en el que la velocidad del chorro supersónico de oxígeno 22 empieza primero a disminuir por debajo de su velocidad en la cara 18 de la boquilla. Los que están en la técnica reconocerán la existencia de un núcleo supersónico 26 que se extiende más allá e incluye el núcleo potencial 25, en el que en todos los puntos la velocidad del flujo es mayor o igual a Mach 1. Más allá del núcleo supersónico, la velocidad del flujo es subsónica en todos los puntos 27. A medida que la zona de mezcla en cizalla y de reacción llega finalmente al eje del chorro, se produce la transición a un chorro turbulento y de combustión completamente desarrollado.

Con referencia a la figura 2, se ilustra una boquilla 2 que está diseñada para llevar a cabo un método de acuerdo con la presente invención. La boquilla 2 incluye un conducto convergente-divergente 28 en el que se introduce una corriente de oxígeno desde un conducto de suministro 29 en un tramo convergente de entrada 30 para conseguir la velocidad sónica dentro de un tramo central de garganta 32 bajo las condiciones de flujo estrangulado. Las velocidades supersónicas se consiguen dentro de un tramo divergente de salida 34 que se extiende desde el tramo central de garganta 32 y termina en la cara 36 de la boquilla.

El combustible se inyecta en ubicaciones circunferenciales internas 38 y 40 del tramo divergente de salida 34 mediante unos pasos 42 y 44 de combustible. Como será entendido por los expertos en la técnica, los pasos 42 y 44 de combustible y por lo tanto, las ubicaciones circunferenciales internas de inyección se colocarían a intervalos regulares dentro del tramo divergente de salida 26. Por ejemplo, si se desearan 4 puntos de inyección, habría cuatro ubicaciones circunferenciales, tales como 38 o 40 separadas 90 grados entre sí según se ve en una dirección transversal. Dicho esto, las ubicaciones circunferenciales, tales como 38 o 40, no tienen que estar en el mismo plano axial. Podrían estar escalonadas.

La inyección de combustible produce una corriente que contiene combustible y oxígeno combinados dentro del conducto convergente-divergente 28, que continúa acelerándose desde los puntos de inyección, es decir, las ubicaciones circunferenciales internas 38 y 40, a medida que el flujo continúa su expansión dentro del tramo divergente de salida 34. Teniendo en cuenta las condiciones de flujo estrangulado, el chorro de oxígeno, antes de la inyección del combustible, tendrá una velocidad supersónica y la corriente de combustible y oxígeno combinados se acelerará aún más a mayores velocidades supersónicas a medida que el flujo avanza hacia la cara 36 de la boquilla.

La inyección del combustible en las ubicaciones circunferenciales, por ejemplo, 38 y 40, imparte una estructura a la corriente que contiene oxígeno y combustible combinados dentro de la boquilla 2 que tiene una zona circunferencial externa 46 y una zona central interna 48. La zona circunferencial externa se compone de una mezcla de oxígeno y combustible. La zona central interna 48 se compone de oxígeno y en esencia no contiene combustible.

Cabe señalar que, aunque las ubicaciones circunferenciales, por ejemplo, 38 y 40, se ilustran como que se encuentran dentro del tramo divergente de salida 34, también podrían estar ubicadas en el tramo de garganta 32 o incluso el tramo convergente de entrada 30. Por razones prácticas y de seguridad, la ubicación preferida del inyector de combustible es en el tramo divergente de salida 34. Sin embargo, la invención sería eficaz si los inyectores de combustible se colocarán alrededor del oxígeno aguas arriba de la entrada a la boquilla convergente-divergente. Sin embargo, dicha colocación sería desfavorable por seguridad y limitaciones de presión de combustible.

A diferencia de la técnica anterior, no existe el encendido y la combustión que se produce dentro de la boquilla 2. Sin embargo, existe un peligro de combustión debido a las altas temperaturas del horno y el hecho de que el oxígeno y el combustible se estén mezclando en un espacio muy reducido. Por lo tanto, como se indicó anteriormente, lo más seguro es inyectar el combustible en el punto en el que se consiguen bajas temperaturas y altas velocidades debido a la expansión del flujo. En consecuencia, los puntos más seguros de inyección del combustible estarán en el tramo divergente de salida 34 porque se consiguen las temperaturas más bajas y las velocidades más altas en dicho tramo debido a la expansión del oxígeno y la continua expansión de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados.

En la cara 36 de la boquilla, la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados se descarga como un chorro estructurado 50 que tiene la misma estructura que la corriente que contiene oxígeno y combustible combinados que fluye dentro de conducto convergente-divergente 28 de la boquilla 2. Como en el chorro libre producido por una boquilla 1, la zona circunferencial externa del chorro estructurado 50 comenzará a interactuar con la atmósfera del horno calentado para formar una zona de mezcla en cizalla 52 en la que se mezclarán el

combustible, el oxígeno y la atmósfera del horno calentado. Esta mezcla junto con el calor proporcionado por la atmósfera del horno calentado provocará el auto-encendido y que sobresalga una envoltura de llama 54 posterior desde la cara 36 de la boquilla. Debido al encendido, la zona de mezcla en cizalla 52 también contendrá productos de combustión calentados. Cabe señalar que la envoltura de llama 54 no tiene por qué estar unida a la cara 36 de la boquilla para ser eficaz. La envoltura de llama 54 debe, sin embargo, formarse por lo menos muy cerca de la cara 36 de la boquilla, por ejemplo, dentro de aproximadamente 1 y aproximadamente 2 diámetros de boquilla. Como se señaló anteriormente, la atmósfera del horno no tiene que contener monóxido de carbono o cualquier otra sustancia que reaccione para producir una llama. Todo lo que necesita tener es la temperatura para provocar el auto-encendido.

La envoltura de llama 54 actuará para inhibir el deterioro de la velocidad y de la concentración del chorro de oxígeno 56 que se forma desde la zona central interna 48 de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados. En el caso de la boquilla 2, la envoltura de llama se extiende desde la cara 36 de la boquilla o por lo menos en las proximidades de la misma debido al hecho de que el combustible utilizado en la formación de la envoltura de llama 54 contiene una especie de hidrógeno que reacciona mucho más rápido que un combustible tal como el monóxido de carbono por sí solo que puede estar presente en la atmósfera del horno calentado. Combustibles gaseosos típicos pueden ser hidrógeno, gas natural, metano, propano, gas de petróleo, gas de horno de coque, gas de síntesis, acetileno o un combustible líquido o gaseoso vaporizado y/o pirolizado, o sus mezclas con gas inerte y/o monóxido de carbono. Combustibles líquidos típicos pueden ser aceites de combustibles de hidrocarburos, queroseno o gasolina que ha sido pre-atomizada en un gas o vapor que contiene gotas de combustible, o atomizada por la acción de la propia corriente de oxígeno. También pueden ser adecuados otros combustibles gaseosos líquidos que no son de hidrocarburos que contengan hidrógeno para su uso en esta invención, e incluyen el alcohol y amoniaco como ejemplos.

En comparación con el chorro producido por una boquilla 1, los núcleos potenciales y supersónicos 55 y 56 producidos por la boquilla 2 son mucho más largos y, por tanto, un chorro de oxígeno formado de una manera de acuerdo con la presente invención permitirá que la boquilla 2 sea colocada a mayor distancia de la superficie de la masa fundida y aumentar la velocidad de agitación de la masa fundida que lo que es posible con el uso de solo la inyección de oxígeno. Al mismo tiempo, como no hay aberturas adicionales en la cara 36 de la boquilla desde las que se inyecta combustible y oxígeno, no hay posibilidad de obstrucción de dichas aberturas.

Como se mencionó anteriormente, no se produce combustión dentro de la boquilla 2. Como se ilustra, aguas abajo de las ubicaciones circunferenciales internas 38 y 40, no hay discontinuidades en la superficie interna del tramo de salida 34 que tenderían a desacelerar la mezcla de combustible y oxígeno contenidos en la corriente que contiene oxígeno y combustible combinados que proporcionaría un sitio para que se produjera una combustión estable del combustible si la mezcla se enciende. En este sentido, una desaceleración de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados hará que se produzca la circulación por medio de vórtices y por lo tanto el mezclado adicional del combustible y el oxígeno y una posibilidad de combustión de la mezcla.

Existe potencial de encendido del combustible y el oxígeno cuando el caudal de oxígeno se reduce de tal manera que la boquilla 2 se dice que está con defecto de soplado. Esta situación puede producirse en condiciones de perturbación causadas por un fallo en el suministro de oxígeno o en otras circunstancias en las que el flujo de oxígeno se reduce a propósito durante un proceso de afinado. Como resultado de la reducción del caudal de oxígeno, puede producirse una separación del flujo de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados desde la superficie interna del conducto convergente-divergente 28. Esto dará lugar a una separación para proporcionar un espacio para que la atmósfera del horno calentado entre en la boquilla 2, se mezcle con el combustible y el oxígeno y proporcione calor suficiente para encender la mezcla. Esta condición de defecto de soplado también produce un chorro más expandido que como se verá más adelante puede ser beneficioso. Sin embargo, aun cuando se produce el proceso anterior, no hay lugar en el que se establezca la llama dentro de la boquilla, debido a la falta de discontinuidades superficiales internas dentro de la boquilla tales como la ranura utilizada en la técnica anterior para estabilizar la llama.

Con referencia a la figura 3, se muestra una distribución obtenida experimentalmente de la presión estática dentro de una boquilla convergente-divergente, en la que la corriente que sale de la boquilla se expande totalmente. Las mediciones se obtuvieron de una boquilla convergente-divergente con un diámetro de salida de 2,06 cm (0,81 pulgadas) y un diámetro de garganta de 1,57 cm (0,62 pulgadas). La boquilla se diseñó para admitir unos 1.019 m³/h (36.000 scfh) cuando se le suministra una presión de acerca de aproximadamente 7,91 bar (100 psig) y con lo que el chorro de oxígeno, expulsado en el aire ambiente, sale de la boquilla completamente expandido a Mach 2 y 487,7 m/s (1.600 fps). El término "totalmente expandido" como se usa en esta memoria y en las reivindicaciones significa que la corriente descargada desde la boquilla tiene una presión interna estática que es aproximadamente igual a la de la presión ambiental en un horno metalúrgico. Con referencia a la figura 4, se muestra una distribución obtenida experimentalmente de la presión estática, en la que el chorro que sale de la boquilla está más expandido. El término "más expandido" tal como se utiliza en esta memoria y en las reivindicaciones significa que el chorro que sale de la boquilla tiene una presión estática interna menor que la atmósfera ambiente del horno. Aunque la presión interna estática del chorro se haya reducido, el chorro que sale de la boquilla sigue siendo supersónico. Si un chorro que sale de una boquilla está totalmente expandido o más expandido dependerá del diseño de la boquilla y el diferencial de presión entre el oxígeno suministrado y la atmósfera del horno. En el caso de más expandido mostrado en la

figura 4, la longitud del tramo divergente se incrementó mediante la provisión de una ampliación sobre la boquilla mencionada anteriormente y el diámetro de salida se incrementó a 2,26 cm (0,89 pulgadas). Estas consideraciones de diseño son bien conocidas por los expertos en la técnica.

Con referencia a la figura 5, el conducto de la boquilla ilustrado en la figura 2 está provisto de una ampliación cilíndrica que se extiende desde el tramo divergente de salida a la cara de la boquilla. El efecto de la ampliación es aumentar la presión estática de la corriente descargada desde la boquilla en la cara de la boquilla. Dado que la presión interna estática del flujo dentro de la boquilla ilustrada en la figura 5 está por encima de la presión de la atmósfera del horno, el chorro que se expulsa se dice que está menos expandido. La invención puede ser practicada con el uso de un chorro expandido de esta manera.

Como se desprende de las figuras, la correspondencia entre los cálculos isoentrópicos (sin tener en cuenta los efectos por rozamiento), los cálculos de Fanno (Fig. 5, teniendo en cuenta los efectos del rozamiento para el flujo supersónico) y las mediciones reales de la presión dadas por "Medición P-tap" está muy cerca. La adición de combustible para producir un chorro estructurado, tal como el chorro estructurado 50, tendría poco efecto en los resultados calculados y reales ilustrados en las figuras. Por lo tanto, una boquilla de acuerdo con la presente invención puede ser diseñada para producir un chorro estructurado que sea totalmente expandido, más expandido o menos expandido y puede incorporar ampliaciones cilíndricas o cónicas del tramo divergente para formar unas corrientes más expandidas y menos expandidas, respectivamente.

El caso más expandido mostrado en la figura 4 puede emplearse de tal manera que la corriente de oxígeno y la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados puede tener una presión debajo de la ambiental en las ubicaciones dentro de un tramo divergente de salida de un conducto convergente-divergente de una boquilla. El tramo divergente de salida 34 de la boquilla 2 podría ser diseñado para proporcionar un chorro estructurado más expandido. La ventaja de tal realización es que las ubicaciones circunferenciales se pueden colocar en una ubicación por debajo de la ambiental de modo que si, por alguna razón, no existe una interrupción del combustible suministrado debido a un fallo del equipo, la corriente de oxígeno no entraría en los conductos 42 y 44 para crear la potencial combustión fuera de la boquilla y dentro de los equipos utilizados para el suministro de combustible a presión. Otra ventaja de esta realización es que la fuente de suministro de combustible no está obligada a superar una contrapresión positiva de oxígeno, eliminando con ello la necesidad de comprimir el combustible por encima de una presión que normalmente está disponible mediante estaciones de combustible comerciales.

Con referencia a la figura 6, se realizaron experimentos para examinar el efecto de la tasa de inyección de combustible en la conservación del chorro supersónico de oxígeno. Se introdujeron metano y el oxígeno en una boquilla del tipo ilustrado como la boquilla de la figura 2 bajo las siguientes condiciones experimentales. La boquilla se hizo funcionar dentro de un aparato de horno de laboratorio que produjo un ambiente compuesto por una mezcla de monóxido de carbono calentado y seco (sin hidrógeno) (aproximadamente del 70 por ciento en volumen) y gas de dióxido de carbono (aproximadamente del 30 por ciento en volumen) a aproximadamente 1.649°C (3.000°F) ("Prueba de Horno A"). La boquilla convergente-divergente se diseñó para proporcionar un chorro estructurado totalmente expandido con un caudal de oxígeno de 113,3 m³/h (4.000 scfh) cuando se le suministró oxígeno a 7,91 bar (100 psig). La boquilla tenía diámetros de salida y de garganta de 0,68 cm (0,266 pulgadas) y 0,52 cm (0,203 pulgadas), respectivamente. La longitud total de la tobera era de 1,91 cm (0,75 pulgadas) y la longitud combinada de los tramos convergente y de garganta era de 0,52 cm (0,203 pulgadas). El diámetro del conducto aguas arriba de la boquilla era aproximadamente 0,97 cm (0,38 pulgadas). Bajo esta condición de suministro, el chorro salía de la boquilla a aproximadamente Mach 2 y aproximadamente a 487,7 m/s (1.600 fps). El metano se inyectó en 4 taladros separados equidistantes cada 0,079 cm (0,031 pulgadas) de diámetro y en ángulo con respecto al eje de la boquilla principal de oxígeno de aproximadamente 42 grados. Se inyectó metano en el tramo divergente de la tobera en una ubicación que produjo una contrapresión de oxígeno de aproximadamente 1,84 bar (12 psig). Se inyectó metano en la corriente de oxígeno y se varió de 0 a aproximadamente 4,5 por ciento del caudal de oxígeno. Para suministrar el 2 por ciento de metano, hizo falta una presión de suministro de aproximadamente 2,05 bar (15 psig) y esto dio lugar a una velocidad del metano de aproximadamente 130 m/s (590 fps) y aproximadamente de Mach 0,4. Se utilizó un tubo de Pitot para medir la presión de estancamiento axial en la línea central correspondiente a una distancia arbitraria desde la salida de la boquilla "L". Esta longitud se estableció para corresponder a la distancia desde la salida de la boquilla en la que se había deteriorado la velocidad del chorro axial en la línea central a aproximadamente Mach 1,74, que correspondió a una velocidad de aproximadamente 448,1 m/s (1.470 fps) o aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad de salida de la boquilla. Las mediciones se dividieron por el diámetro de salida de la boquilla, "D", para calcular el parámetro "L/D", que se muestra como la ordenada (eje y) en el gráfico de la figura 6. El parámetro "L/D" representa una ubicación en la línea central axial del chorro que se encuentra fuera del núcleo potencial y dentro del núcleo supersónico. Como puede verse en la figura 3, la longitud del chorro aumenta con la tasa de inyección de metano y consigue aproximadamente 1,9 veces la longitud inicial en relación con el ambiente calentado y reactivo y la inyección sin combustible. Además, en el gráfico de la figura 6 es el "L/D" medido en el aire ambiente con la misma condición de funcionamiento de la boquilla.

Cabe señalar que los experimentos han probado que la inyección del combustible de una manera que minimice la interrupción del oxígeno (es decir, inyección uniforme) es la forma más eficaz de producir chorros estructurados que sean capaces de producir los chorros más largos para un caudal preestablecido de combustible. En este sentido, con referencia a la figura 7, se realizaron experimentos para examinar el efecto de la tasa de inyección de

combustible para la conservación del chorro supersónico de oxígeno con respecto a una boquilla del tipo mostrado en la figura 12. Esta boquilla incorpora la inyección de combustible a través de metal poroso y tiene como resultado la menor interrupción del chorro de oxígeno debido a la inyección de combustible. Estos experimentos se llevaron a cabo bajo las siguientes condiciones. La boquilla se hizo funcionar dentro de un aparato de horno de laboratorio que produjo un ambiente compuesto por mezclas de monóxido de carbono calentado y seco (sin hidrógeno) (aproximadamente del 70 por ciento en volumen) y gas de dióxido de carbono (aproximadamente del 30 por ciento en volumen) a aproximadamente 1.649°C (3.000°F) ("Prueba de Horno"). Todas las "Pruebas de Horno" establecidas en la figura 7 se llevaron a cabo en condiciones idénticas para asegurarse de que los resultados obtenidos eran exactos y reproducibles. La boquilla convergente-divergente se diseñó para proporcionar un chorro estructurado totalmente expandido con un caudal de oxígeno de 113,3 m³/h (4.000 scfh) cuando se le suministró oxígeno a 7,91 bar (100 psig). La boquilla de salida tenía unos diámetros de garganta de 0,68 cm (0,266 pulgadas) y 0,52 cm (0,203 pulgadas), respectivamente. La longitud total de la tobera era de 1,91 cm (0,75 pulgadas) y la longitud combinada de los tramos convergente y de garganta era de 0,52 cm (0,203 pulgadas). El diámetro del conducto aguas arriba de la boquilla era aproximadamente 0,97 cm (0,38 pulgadas). Bajo esta condición de suministro, el chorro salía de la boquilla a aproximadamente Mach 2 y a 487,7 m/s (1.600 fps). Se inyectó metano en la corriente de oxígeno y se varió desde 0 a aproximadamente 7,25 por ciento del caudal de oxígeno. Se utilizó un tubo de Pitot para medir la presión de estancamiento axial en la línea central correspondiente a una escala de longitud arbitraria "L" en la figura 8. La escala de longitud "L" se estableció para corresponder a la distancia desde la salida de la boquilla en la que se había deteriorado la velocidad del chorro axial en la línea central a aproximadamente Mach 1,74, que correspondió a una velocidad de 448,1 m/s (1.470 fps) o aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad de salida de la boquilla. Las mediciones se dividieron entonces por el diámetro de salida de la boquilla, "D", para calcular el parámetro "L/D", que se muestra como la ordenada (eje y) en el gráfico de la figura 7. La distancia "L/D" representa una ubicación en la línea central del chorro axial que se encuentra fuera del núcleo potencial y dentro del núcleo supersónico.

Como se desprende de las figuras 6 y 7, el flujo de metano tiene un efecto sobre la longitud del chorro de oxígeno sólo hasta un punto de aproximadamente un 5 por ciento del flujo de oxígeno. En ese punto, la adición de combustible adicional no tuvo ningún efecto sobre la longitud del chorro supersónico de oxígeno. Por debajo de aproximadamente el 2,5 por ciento, la longitud del chorro supersónico de oxígeno fue muy sensible a cambios de la tasa de inyección de metano. Por lo tanto, la inyección de metano entre aproximadamente el 2,5 por ciento y aproximadamente el 5 por ciento es eficaz para maximizar la longitud del chorro supersónico de oxígeno. Sin embargo, como puede apreciarse por parte de los expertos en la técnica, "la recogida de hidrógeno" provocó la inyección de hidrógeno o hidrocarburos en una masa fundida que contenía acero donde se desea ajustar la química de la masa fundida aunque la adición de oxígeno no es deseable. Por lo tanto, en un horno de oxígeno básico alrededor del 1,5 por ciento de metano a aproximadamente el 3 por ciento de metano golpea un medio con la necesidad de extender la longitud del chorro sin inyectar combustible innecesario en la masa fundida.

Si bien los flujos reales de combustible y oxígeno variarían con el diseño de la boquilla, los requisitos de afino, por ejemplo, el tamaño del horno y el combustible en particular utilizado, se cree que los resultados de los experimentos anteriores se pueden generalizar cuando se toman con respeto a una relación de equivalencia, es decir una relación entre el combustible real y el oxígeno que se utiliza dividido por la relación entre el combustible y el oxígeno necesario para conseguir una combustión estequiométrica. En este sentido, para un horno de arco eléctrico, la relación de equivalencia está entre aproximadamente 0,02 y aproximadamente 0,14. Para un horno de oxígeno básico, la relación de equivalencia está entre 0,01 y 0,06.

Un punto adicional es que la boquilla o la lanza que contiene la boquilla se coloca preferiblemente con respecto a la masa fundida de tal manera que el chorro de oxígeno al entrar en la masa fundida esté en el núcleo supersónico. Más particularmente, el chorro de oxígeno tras entrar en la masa fundida preferiblemente tiene una velocidad de aproximadamente el 90 por ciento de la velocidad del chorro tras expulsión desde la boquilla o boquillas. La boquilla o la lanza pueden colocarse a una distancia mayor y por lo tanto tiene una menor velocidad o una distancia más cercana con respecto a la masa fundida para tener mayor velocidad al entrar en la masa fundida. Sin embargo, cuanto más cerca se coloca la lanza hacia la masa fundida, menor será la vida útil de la lanza. Para un horno de arco eléctrico, los datos de las figuras 6 y 7, para los diseños de boquilla y la inyección de combustible particulares, se podrían utilizar para colocar la boquilla con respecto a la masa fundida. Los ajustes tendrían que hacerse para condiciones reales de funcionamiento, por ejemplo, la altura de la masa fundida en el horno. En un horno BOF existe un perfil de soplado que se basa en muchos factores conocidos en los que se cambia la posición de la lanza. Por lo tanto, en caso de un horno BOF, tales datos se utilizarían como una guía para permitir operaciones en las que la velocidad del chorro tras la entrada en la masa fundida se maximiza y tal, mientras que para la mayor parte, el chorro de oxígeno estará en el núcleo supersónico tras la entrada en la masa fundida, a veces la lanza se situará de modo que el chorro de oxígeno estará más allá del núcleo supersónico. Por ejemplo, si se produce eyección, la lanza se pueda replugar con respecto a la masa fundida.

Con referencia a la figura 8, la estructura del chorro estructurado se ilustra gráficamente mediante una boquilla tal como la realización de la figura 12, vista desde la cara de la boquilla a una distancia axial de 1 diámetro de boquilla. Por motivos de este experimento, la boquilla se hizo funcionar dentro de un aparato de horno de laboratorio que puede producir un ambiente compuesto de mezclas de monóxido de carbono calentado y seco (sin hidrógeno) (aproximadamente el 70 por ciento en volumen) y gas de dióxido de carbono (alrededor del 30 por ciento en

volumen) a aproximadamente 1.649°C (3.000°F) ("Prueba de Horno"). La boquilla convergente-divergente se diseñó para entregar un chorro estructurado totalmente expandido con un caudal de oxígeno de 113,3 m³/h (4.000 scfh) cuando se le suministró oxígeno a 7,91 bar (100 psig). Bajo esta condición de suministro, el chorro salía de la boquilla a aproximadamente Mach 2 y aproximadamente a 487,7 m/s (1.600 fps). La boquilla tenía diámetros de salida y de garganta de 0,68 cm (0,266 pulgadas) y 0,52 cm (0,203 pulgadas), respectivamente. La longitud total de la tobera era de 1,91 cm (0,75 pulgadas) y la longitud combinada de los tramos convergente y de garganta era de 0,52 cm (0,203 pulgadas). El diámetro del conducto aguas arriba de la boquilla era aproximadamente 0,97 cm (0,38 pulgadas). Se inyectó metano en la corriente de oxígeno desde un distribuidor metálico poroso (tal como se explicará más adelante con respecto a la realización de la figura 11) con una tasa de aproximadamente el 3,4 por ciento del flujo de oxígeno. Se utilizó un tubo de Pitot para medir el perfil de presión de estancamiento radial del chorro estructurado. El tubo de Pitot se utilizó también como una sonda de aspiración y también se midió el perfil de composición radial del chorro estructurado. De esta manera, la presión local de estancamiento de chorro podría compararse directamente con la composición de la corriente local. Se analizaron muestras de gas en cuanto a oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano e hidrógeno.

En la periferia externa del chorro, $r/R=1$ (donde "r" es la posición del tubo de Pitot y "R" es el radio de la salida de la boquilla en la cara de la boquilla), existe la mayor concentración de metano que indica que el combustible se concentra en la zona circunferencial externa del chorro como una mezcla de metano y oxígeno. Esta zona corresponde a la zona circunferencial externa 46 del chorro estructurado 50 mostrado en la figura 2. En ubicaciones con $r/R>1$, la atmósfera del horno comienza a mezclarse con el combustible y la mezcla que contiene oxígeno en una zona 52 de mezcla en cizalla y de reacción como la indicada por la presencia de monóxido de carbono y dióxido de carbono y también por la disminución de la concentración de metano y oxígeno. Hacia el interior desde la periferia externa de la boquilla, en una dirección tomada desde $r/R=1$ al eje central de la boquilla, $r/R=0$, la concentración de oxígeno se eleva a aproximadamente el 100 por ciento. No se produce combustión dentro de la boquilla $0 < r/R < 1$ como se indica por la falta de detección de monóxido de carbono y dióxido de carbono. Esta zona corresponde a la zona central interna 56 del chorro estructurado 50. Al mismo tiempo, la presión de estancamiento medida del chorro se acerca a lo esperado para un chorro de oxígeno a Mach 2, si se tiene en cuenta la pérdida de presión asociada con la presencia de una onda de choque formada aguas arriba del tubo de Pitot.

Con referencia a la figura 9, a una mayor distancia axial, a aproximadamente 41 diámetros de boquilla, la presión de estancamiento en la línea central ha descendido a aproximadamente 4,46 bar (50 psig) y en ese momento el número Mach se ha deteriorado a aproximadamente 1,74 y la velocidad se ha deteriorado a aproximadamente 448,1 m/s (1.470 fps) o aproximadamente el 92 por ciento de la velocidad inicial del chorro. En esta ubicación, el flujo de la línea central se encuentra fuera del núcleo potencial y dentro del núcleo supersónico. Puede verse que el perfil de presión radial se deteriora desde el eje central del chorro. A aproximadamente 41 diámetros de boquilla, el chorro se compone principalmente de oxígeno en las ubicaciones de aproximadamente $0 < r/R < 1,5$. A medida que el chorro supersónico de oxígeno está desacelerando, el chorro de oxígeno es divergente, como se muestra por la cantidad de oxígeno detectada en ubicaciones radiales $1,5 < r/R < 7,5$. A esa distancia de la salida de la boquilla, existe muy poco metano, dado el hecho de que el metano se ha oxidado, según lo indicado por la presencia de monóxido de carbono y dióxido de carbono, antes de este punto.

Con referencia a la figura 10, se ilustra un horno de arco eléctrico 60 que está diseñado para fundir y afinar acero de chatarra. El acero de chatarra se carga mediante la carga de la chatarra en el horno de arco eléctrico 60 a través de la parte superior. Unos electrodos de carbono 62 se introducen en el horno para producir un arco que funde la chatarra y calientan el baño fundido resultante de metal 64.

En los hornos de afinado de hierro, tales como el horno de arco eléctrico 60 ilustrado o un horno de oxígeno básico que se describirá a continuación, el oxígeno que se introduce en la masa fundida oxida una pequeña parte del hierro y el carbono se combina con el hierro oxidado para producir monóxido de carbono. El monóxido de carbono se produce mayormente por la combinación de carbono disuelto con el oxígeno. Parte del monóxido de carbono se oxida a su vez para producir dióxido de carbono. Las burbujas de monóxido de carbono suben a la superficie del baño fundido de metal 64 en el que emergen en la capa de escoria 66. La capa de escoria 66 se forma por oxidación de las impurezas y los elementos metálicos en la masa fundida, por ejemplo, fósforo, hierro, silicio y manganeso, y la disolución de los óxidos resultantes con materiales fundentes, como la cal y la dolomita que se añaden al horno como se conoce en la técnica. En general, la atmósfera del horno calentado que cubre el baño fundido de metal 64 contiene monóxido de carbono, dióxido de carbono y puede tener una temperatura de entre aproximadamente 1.371°C (2.500°F) y aproximadamente 1.927°C (3.500°F).

La oxidación del carbono, monóxido de carbono, y elementos que forman la escoria se lleva a cabo mediante la inyección de oxígeno a través de un inyector de oxígeno 68 que inyecta un chorro de oxígeno 70 que tiene una velocidad supersónica en el baño fundido de escoria y de metal 64. Como se explicará, el inyector 68 de oxígeno incorpora una boquilla que funciona de la misma manera que la boquilla 2, explicada anteriormente, para producir una envoltura de llama 72 que envuelve el chorro de oxígeno 70 y de hecho toca la superficie del baño fundido de escoria y de metal 64. Normalmente, al final del proceso de afinado el gas de oxígeno se combina con el carbono en el baño de metal fundido 64 para producir acero con un contenido de carbono deseado y puede ser inferior al 0,02 por ciento para los aceros de bajo carbono.

Aunque no se ilustra, pero como se conocerá en la técnica, el inyector 68 de oxígeno se coloca dentro de un bloque dentro de una pared del horno 74 que está refrigerada por agua. Además, una vez más no se ilustra, se puede proporcionar una boquilla para la inyección de oxígeno para combinarse con el monóxido de carbono en la atmósfera del horno calentado. También pueden inyectarse partículas de carbono de una manera conocida en la técnica para ajustar las propiedades de la escoria y además ajustar el contenido de carbono del acero.

Con referencia a la figura 11, se ilustra el inyector 68 de oxígeno. El inyector 68 de oxígeno es de configuración cilíndrica y tiene una punta 80 de lanza que se encuentra al final de un tubo 82 de combustible. Preferiblemente la punta 80 de la lanza se construye de cobre. El tubo 82 de combustible tiene una entrada 84 de combustible para el suministro de un combustible tal como el gas natural y como se ilustra puede incorporar un adaptador roscado para la conexión a una manguera de combustible o de otro tubo para el combustible. Situado en el centro dentro del tubo 82 de combustible hay un tubo 86 de oxígeno que tiene una entrada 87 de oxígeno para el suministro de oxígeno. La entrada 87 de oxígeno también puede ser en forma de un adaptador roscado para la conexión a una manguera u otro tubo para el suministro de oxígeno. El combustible fluye a través de un espacio anular 88 definido entre el tubo 82 de combustible y el tubo 86 de oxígeno y el oxígeno fluye dentro del tubo de oxígeno a un conducto convergente-divergente 90.

El conducto convergente-divergente 90 tiene un tramo convergente de entrada 92 formado dentro del extremo del tubo 86 de oxígeno, un tramo central de garganta 94 y un tramo divergente de salida 96 que termina en una cara 98 de la boquilla de la punta 80 de lanza. Un diferencial de presión entre el suministro de oxígeno frente a la atmósfera del horno existente en la cara 98 de la boquilla es tal que es capaz de establecerse una condición de flujo estrangulado dentro de un tramo central de garganta 94 del conducto convergente-divergente 90.

El combustible fluye desde el espacio anular 88 a unos pasos de combustible, cada paso tiene unos tramos 100 y 101 que terminan en el tramo divergente de salida 96 del conducto convergente-divergente 90 en ubicaciones circunferenciales internas definidas por las aberturas 102 a través de las que el combustible se inyecta en el oxígeno que fluye dentro del tramo divergente de salida 96. En la realización específica hay 4 pasos de combustible que terminan en 4 aberturas equidistantes 102 como se ve en una dirección transversal a la cara 98 de la boquilla.

Cabe señalar que, si bien la lanza 68 se ilustra en relación con un horno de arco eléctrico también podría utilizarse en otros hornos metalúrgicos, tales como, por ejemplo, en envases de afino y de fusión no ferrosa.

Con referencia a la figura 12, se ilustra una punta 80' de lanza que constituye una modificación de la punta 80 de lanza mostrada en la figura 11. La punta 80' de lanza puede formarse por dos tramos 80a y 80b. Aunque no se ilustra, el tramo 80b se puede conectar al tramo 80a, por medio de conectores roscados, tales como tornillos para maquinaria o mediante otros métodos tales como la soldadura. El oxígeno se introduce en el conducto convergente-divergente de la misma manera que en el inyector ilustrado en la figura 11. Además, un tramo 101 de paso de combustible un rebaje 104 definido dentro del tramo 80a de la configuración anular. Ubicado en el rebaje 104 hay un elemento metálico poroso anular 106 para alimentar el combustible en el tramo divergente de salida 96 del conducto convergente-divergente 90. El uso de tales elementos porosos metálicos para la inyección de combustible tiene el beneficio de producir una mezcla sumamente uniforme de combustible y oxígeno en la zona circunferencial externa del chorro estructurado a la vez que proporciona un método para inyectar el combustible a baja velocidad para entorpecer mínimamente la corriente de oxígeno. Tales elementos metálicos porosos también se conocen como metales porosos, metales sinterizados y espumas metálicas y se pueden obtener comercialmente. Esta manera de inyección se puede utilizar en cualquier realización de la presente invención.

Con referencia a la figura 13, se ilustra un horno de oxígeno básico 110 en el que el hierro contenido en un baño de metal fundido 112 va a ser afinado hasta acero. Para tales propósitos se proporciona una lanza 114 refrigerada por agua para inyectar chorros supersónicos de oxígeno 116 en el baño de metal fundido 112. Los chorros de oxígeno 116 se inyectan al mismo tiempo rodeados de envoltentes de llama individuales 120 que se forman por un método de acuerdo con la presente invención, tal como se ha indicado anteriormente.

En el proceso de oxígeno básico, el hierro fundido, generalmente transportado desde un alto horno, se carga con chatarra en el horno de oxígeno básico 110. Los chorros de oxígeno 116 se inyectan en el horno para descarburizar el hierro caliente y generar el calor de la reacción necesario para fundir la chatarra. El oxígeno oxida el carbono, parte del hierro y las impurezas presentes en el baño de metal fundido 112, tales como el silicio, manganeso y fósforo, para producir una capa de escoria ascendente 124.

Con referencia a la figura 14, se ilustran detalles de diseño de la lanza 114. Cabe señalar que si bien la lanza 114 se ilustra en relación con un horno de oxígeno básico también podría utilizarse en otros hornos metalúrgicos, tales como, por ejemplo, en hornos de arco eléctrico, envases de afino y de fusión no ferrosa y hornos de plaza giratoria. La lanza 114 está provista de un tubo central de oxígeno 130 que se extiende desde una entrada, no se muestra, a una punta 134 de lanza. El tubo de oxígeno 130 alimenta de oxígeno a las boquillas 136 que tienen los conductos convergentes-divergentes 138 que terminan en una cara 140 de la boquilla ubicada en la punta 134 de lanza. Situado coaxial dentro del tubo de oxígeno 130 hay un tubo de combustible 142 que termina en una cámara 144 de combustible.

Con referencia adicional a las figuras 15 y 16, los pasos 146 de combustible se comunican entre la cámara 144 de combustible y las aberturas 145 definidas dentro de los tramos de salida divergentes 148 de los conductos convergentes-divergentes 138 para inyectar el combustible en una corriente de oxígeno acelerada a velocidades supersónicas en los conductos convergentes-divergentes 138. En este sentido, cada uno de los conductos convergentes-divergentes 138 tiene un tramo convergente de entrada 150, un tramo de garganta central 152 y el tramo divergente de salida 148 en el que se inyecta el combustible. Las aberturas 145, por lo tanto son las ubicaciones circunferenciales internas para la inyección de combustible en los conductos convergentes-divergentes 138 para formar unos chorros estructurados que interaccionan con la atmósfera del horno de una manera acorde con la presente invención para producir los chorros de oxígeno 116 rodeados de envolturas de llamas individuales 120. En la realización ilustrada, como hay 4 boquillas 136, se producen 4 chorros de oxígeno 116 y rodeados de 4 envolturas individuales de llama 120.

En la realización ilustrada hay 8 pasos de combustible 146 y, por lo tanto, 8 aberturas 145 para cada una de las boquillas 136. Las realizaciones de la presente invención preferiblemente, sin embargo, tienen entre aproximadamente 4 y aproximadamente 12 pasos de combustible para cada boquilla. Además, hay 4 boquillas 136 presentes en la punta 134 de la lanza. Dependiendo del tamaño del horno de oxígeno básico y por lo tanto del tamaño de la lanza, las instalaciones típicas incluirán entre 3 y 6 boquillas. En este sentido, las boquillas, una vez más dependiendo del tamaño del horno tendrán un ángulo típicamente hacia el exterior de entre aproximadamente 6 grados y aproximadamente 20 grados desde el eje central de la lanza. Es posible en cambio construir una lanza refrigerada por agua con una sola boquilla como la boquilla 136 para producir un solo chorro de oxígeno y una envoltura de llama para inhibir el deterioro del chorro de oxígeno.

Con referencia adicional a la figura 13 y continuando la referencia a las figuras 14 y 15, el tubo de combustible 142 se mantiene en su posición por una serie de elementos separadores 156 que se extienden radialmente hacia el exterior desde el tubo de combustible 142 al tubo de oxígeno 130. Se puede proporcionar una válvula de retención 158 para evitar el reflujo de oxígeno en el combustible debido a un error del equipo que se utiliza para introducir el combustible en el tubo de combustible 142.

La lanza 114 está refrigerada por agua y está provista de una cubierta exterior formada por un paso interno 160 de alimentación agua definido entre un tubo 162 de agua y el tubo 130 de oxígeno y un paso 164 de retorno de agua formado entre el tubo 162 de agua y la carcasa externa 166 de la lanza 114. El agua se suministra a la lanza 114 a través de la entrada 168 de agua y fluye a través del paso 160 de alimentación de agua en el sentido de la flecha "A" al paso 164 de retorno de agua en el sentido de la flecha "B" después de lo cual el agua se descarga desde la salida 170 de agua.

Como se puede ver mejor en la figura 13, el tubo 138 de oxígeno está provisto de un tramo 172 de punta que se mantiene en su sitio mediante unos retenes 172 de alta temperatura de tipo anillo tórico. Del mismo modo, el tubo 142 de combustible está provisto de un tramo 175 de punta que se obtura con el resto del tubo 142 de combustible mediante unos retenes de anillo tórico 176. Del mismo modo, el tubo 162 de agua también tiene un tramo 178 de punta que se obtura mediante unos retenes de anillo tórico 190. La disposición de obturación permite la retirada y sustitución de la punta 134 de lanza que con el tiempo se desgasta y necesita ser reemplazada. Preferiblemente, con excepción de los elementos metálicos porosos, los componentes de la punta 134 de lanza se fabrican de cobre o aleaciones de cobre y se ensamblan con soldadura fuerte con haz de electrones u otras técnicas de unión. Los elementos metálicos porosos se pueden ensamblar a partir de cualquier metal incluyendo los aceros.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la inyección de oxígeno en una masa fundida (64, 112), ubicada dentro de un horno metalúrgico (60, 110) que tiene una atmósfera de horno calentado, dicho método comprende:

la introducción de una corriente de oxígeno en una boquilla (2, 80, 136) que tiene un conducto (28, 90, 138) de configuración convergente-divergente;

la inyección de un combustible que contiene una especie de hidrógeno en la corriente de oxígeno en ubicaciones circunferenciales internas (38, 102, 145) del conducto que se encuentran totalmente dentro del conducto, de modo que se forma una corriente que contiene combustible y oxígeno combinados dentro del conducto que tiene una estructura compuesta de una zona circunferencial externa que contiene una mezcla de oxígeno y combustible y una zona central interna rodeada por la zona circunferencial externa y que contiene el oxígeno y esencialmente sin combustible;

la introducción de la corriente de oxígeno en un tramo de entrada (30, 92, 150) del conducto con una presión crítica o por encima, para producir con ello: una situación de flujo estrangulado dentro del tramo central de garganta (32, 94, 152) del conducto; la aceleración de la corriente que contiene combustible y el oxígeno combinados hasta una velocidad supersónica dentro de un tramo divergente del conducto (34, 96, 148); y la descarga de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados como un chorro estructurado (50) desde la boquilla en la atmósfera del horno, el chorro estructurado tiene la estructura de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados y la velocidad supersónica tras la descarga desde la boquilla;

el impedimento del encendido y la combustión del combustible dentro del conducto al proporcionar un conducto con una superficie interna ininterrumpida por ninguna discontinuidad dentro de la que la zona circunferencial externa podría de otra forma desacelerar el combustible y proporcionarle un sitio para una combustión estable;

la producción de una envoltura de llama (54) alrededor de un chorro (55, 56) de oxígeno formado desde la zona central interna del chorro estructurado y que inicialmente tiene la velocidad supersónica para inhibir el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración del chorro de oxígeno, la envoltura de llama se produce enteramente fuera de la boquilla por el contacto de la zona circunferencial externa del chorro estructurado con la atmósfera del horno calentado con el fin de crear una zona de mezcla en cizalla (52) que contiene una mezcla inflamable compuesta por el combustible, el oxígeno y la atmósfera del horno calentado y el auto-encendido de la mezcla inflamable por el calor suministrado por la atmósfera del horno calentado; y

el direccionamiento del chorro de oxígeno hacia la masa fundida, mientras está rodeado por la envoltura de llama;

en el que el horno metalúrgico es un horno de arco eléctrico (60) o un horno de oxígeno básico (110), en el que, si el horno metalúrgico es un horno de arco eléctrico, el combustible se introduce en la corriente de oxígeno con una relación de equivalencia de entre 0,02 y 0,14 y, si el horno metalúrgico es un horno de oxígeno básico, el combustible se introduce en la corriente de oxígeno con una relación de equivalencia de entre 0,01 y 0,06, y en el que la relación de equivalencia es la relación entre el combustible real y el oxígeno utilizado dividido por la relación entre el combustible y el oxígeno necesario para conseguir una combustión estequiométrica.

2. El método de la reivindicación 1, en el que:

la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados se expande completamente con la descarga de la misma como el chorro estructurado (50) desde la boquilla (2, 80, 136); y

el combustible se introduce en la corriente de oxígeno, mientras que está dentro del tramo divergente (34, 96, 148) de la boquilla.

3. El método de la reivindicación 1, en el que:

la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados está más expandida tras la descarga de la misma como el chorro estructurado (50) desde la boquilla (2, 80, 136) de manera que la corriente de oxígeno tenga una presión por debajo de la ambiental, mientras que está dentro del tramo divergente (34, 96, 148) de la boquilla; y

el combustible se introduce en la corriente de oxígeno en una ubicación dentro del tramo divergente en el que la corriente de oxígeno está a una presión por debajo de la ambiental.

4. El método de la reivindicación 1, en el que la atmósfera del horno calentado contiene monóxido de carbono y la mezcla inflamable contiene monóxido de carbono.

5. El método de la reivindicación 1, en el que el horno metalúrgico es un horno de oxígeno básico (110) y la boquilla (136) se monta en una lanza (114) refrigerada por agua en una punta (134) de lanza de la lanza refrigerada por agua.

6. El método de la reivindicación 1, en el que el combustible se introduce en la corriente de oxígeno en las ubicaciones circunferenciales internas (104) del conducto (90) al inyectar el combustible en un elemento metálico poroso anular (106) que tiene una superficie anular interna que forma parte del tramo de garganta (94) o el tramo divergente (96) del conducto convergente-divergente.

- 5 7. Un método para la inyección de oxígeno en una masa fundida ubicada dentro de un horno metalúrgico (110) que tiene una atmósfera de horno calentado que contiene monóxido de carbono, dicho método comprende:

la introducción de corrientes de oxígeno en las boquillas (136) que tienen unos conductos (138) de configuración convergente-divergente, las boquillas están situadas en una punta (134) de una lanza (114) refrigerada por agua y con un ángulo hacia el exterior desde un eje central de la lanza refrigerada por agua;

- 10 la inyección de un combustible que contiene una especie de hidrógeno en las corrientes de oxígeno en ubicaciones circunferenciales internas (145) de los conductos que se encuentran totalmente dentro de los conductos, de modo que se forman unas corrientes que contienen combustible y oxígeno combinados dentro de los conductos que tienen una estructura compuesta de una zona circunferencial externa que contiene una mezcla de oxígeno y combustible y una zona central interna rodeada por la zona circunferencial externa y que contiene el oxígeno y esencialmente sin combustible;

- 15 la introducción de las corrientes de oxígeno en tramos de entrada (150) de los conductos con una presión crítica o por encima, para producir con ello: una situación de flujo estrangulado dentro de los tramos centrales de garganta (152) de los conductos; la aceleración de las corrientes que contienen combustible y oxígeno combinados a una velocidad supersónica dentro de unos tramos divergentes (148) de los conductos; y la descarga de la corriente que contiene combustible y oxígeno combinados como un chorro estructurado (50) desde las boquillas en la atmósfera del horno, los chorros estructurados tienen la estructura de las corrientes que contienen combustible y oxígeno combinados y la velocidad supersónica tras la descarga desde la boquilla;

- 20 el impedimento del encendido y la combustión del combustible dentro de los conductos al proporcionar los conductos con una superficie interna ininterrumpida por ninguna discontinuidad dentro de la que la zona circunferencial externa podría de otra forma desacelerar el combustible y proporcionarle un sitio para una combustión estable.

- 25 la producción de unas envolturas de llama (54) alrededor de unos chorros individuales de oxígeno (56) formados desde la zona central interna de los chorros estructurados y que inicialmente tienen la velocidad supersónica para inhibir el deterioro de la velocidad y el deterioro de la concentración de los chorros de oxígeno, las envolturas de llama se producen enteramente fuera de las boquillas por el contacto de la zona circunferencial externa de los chorros estructurados con la atmósfera del horno calentado con el fin de crear una zona de mezcla en cizalla (52) que contiene una mezcla inflamable compuesta por el combustible, el oxígeno y la atmósfera del horno calentado y el auto-encendido de la mezcla inflamable por el calor suministrado por la atmósfera del horno calentado; y

- 30 la colocación de la lanza refrigerada por agua dentro del horno metalúrgico y el direccionamiento de los chorros de oxígeno a la masa fundida, mientras están rodeados por las envolturas de llama, en el que el horno metalúrgico es un horno de oxígeno básico (110), en el que hay entre 3 y 6 boquillas y las boquillas tienen un ángulo hacia el exterior de entre 6 grados y 20 grados desde el eje central, en el que el combustible se introduce en la corriente de oxígeno con una relación de equivalencia de entre 0,01 y 0,06, y en el que la relación de equivalencia es la relación entre el combustible real y el oxígeno utilizado dividido por la relación entre el combustible y el oxígeno necesario para conseguir una combustión estequiométrica.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la velocidad supersónica de cada uno de los chorros de oxígeno (56) es por lo menos de Mach 1,7.

9. El método de la reivindicación 8, en el que:

- 45 el combustible se introduce en una cámara (144) de combustible y las boquillas (136) pasan a través de la cámara de combustible; y

el combustible se introduce en los conductos (138) a través de pasos (146) de combustible ubicados dentro de la punta (134) de la lanza y se comunican entre las ubicaciones circunferenciales internas (145) de los conductos y la cámara de combustible.

- 50 10. El método de la reivindicación 9, en el que hay entre 4 y 12 pasos (146) de combustible para cada uno de los conductos (138).

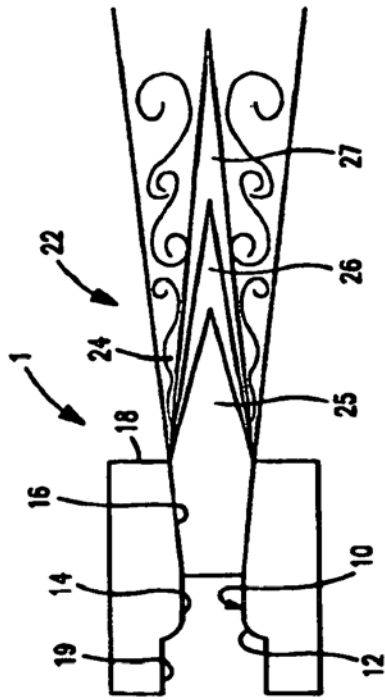


FIG. 1

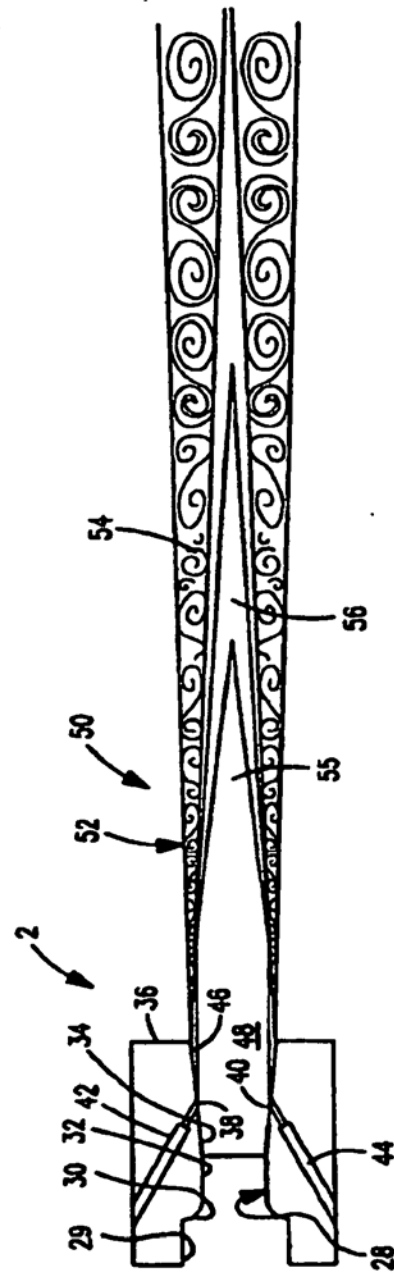


FIG. 2

2/10

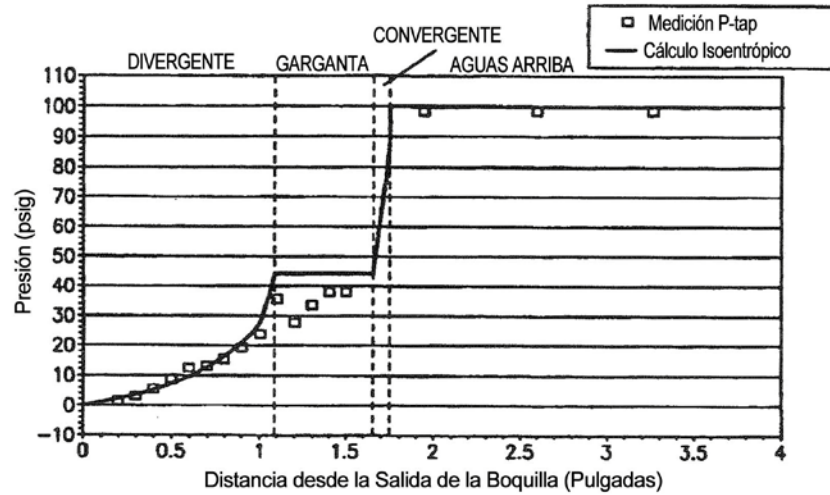


FIG. 3

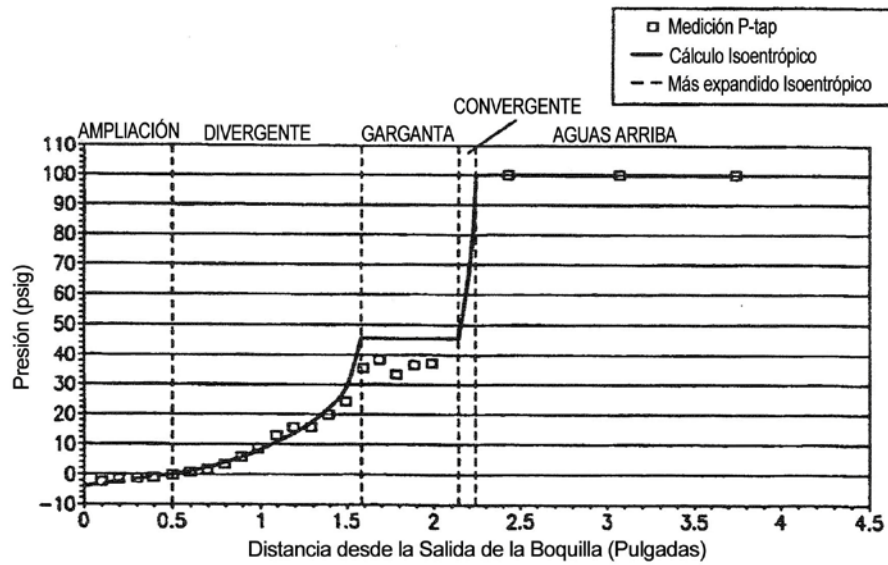


FIG. 4

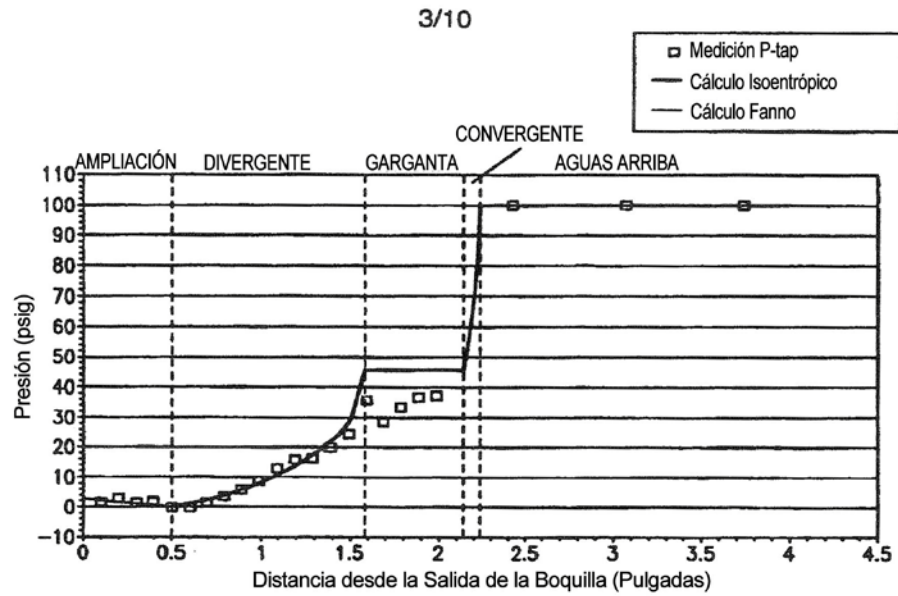


FIG. 5

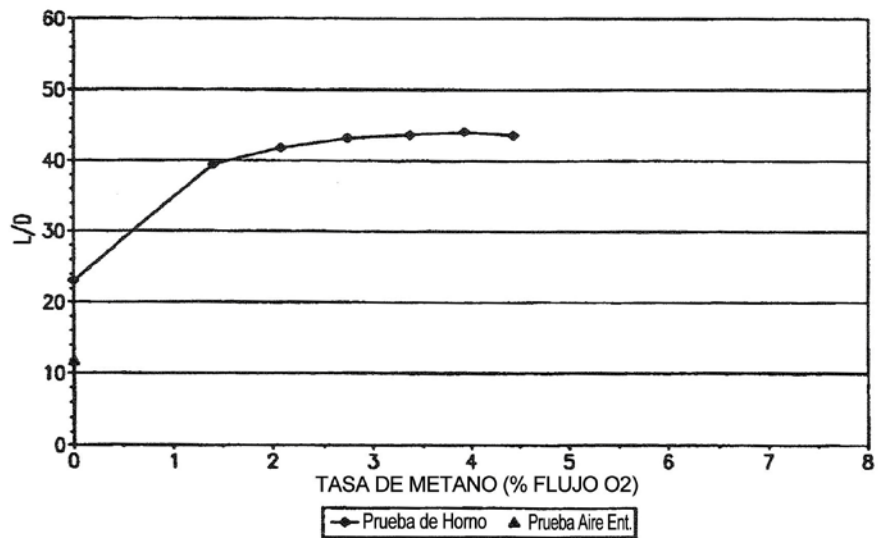


FIG. 6

4/10

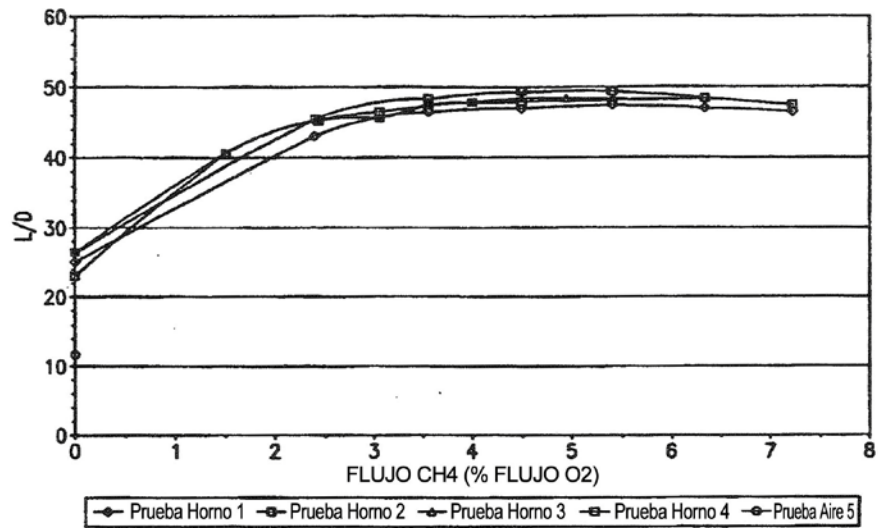


FIG. 7

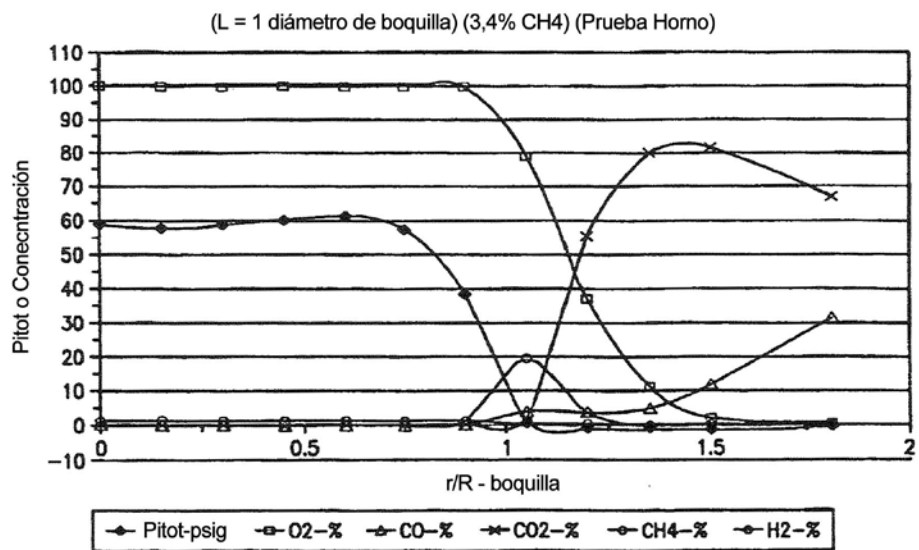


FIG. 8

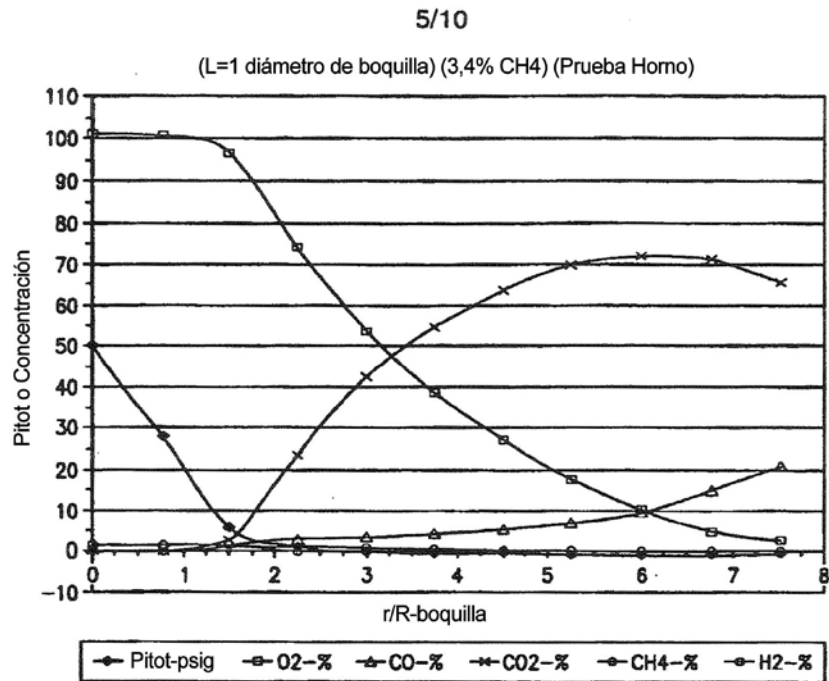


FIG. 9

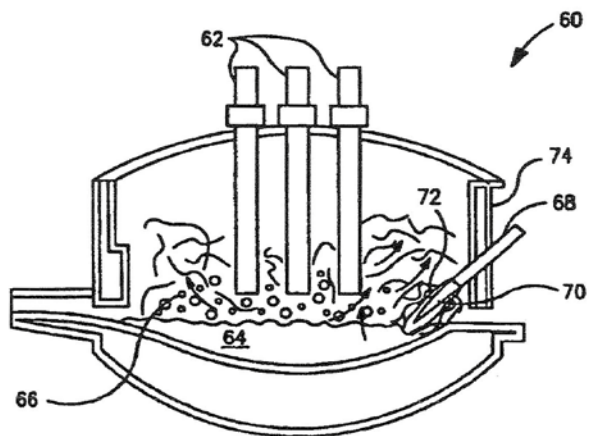


FIG. 10

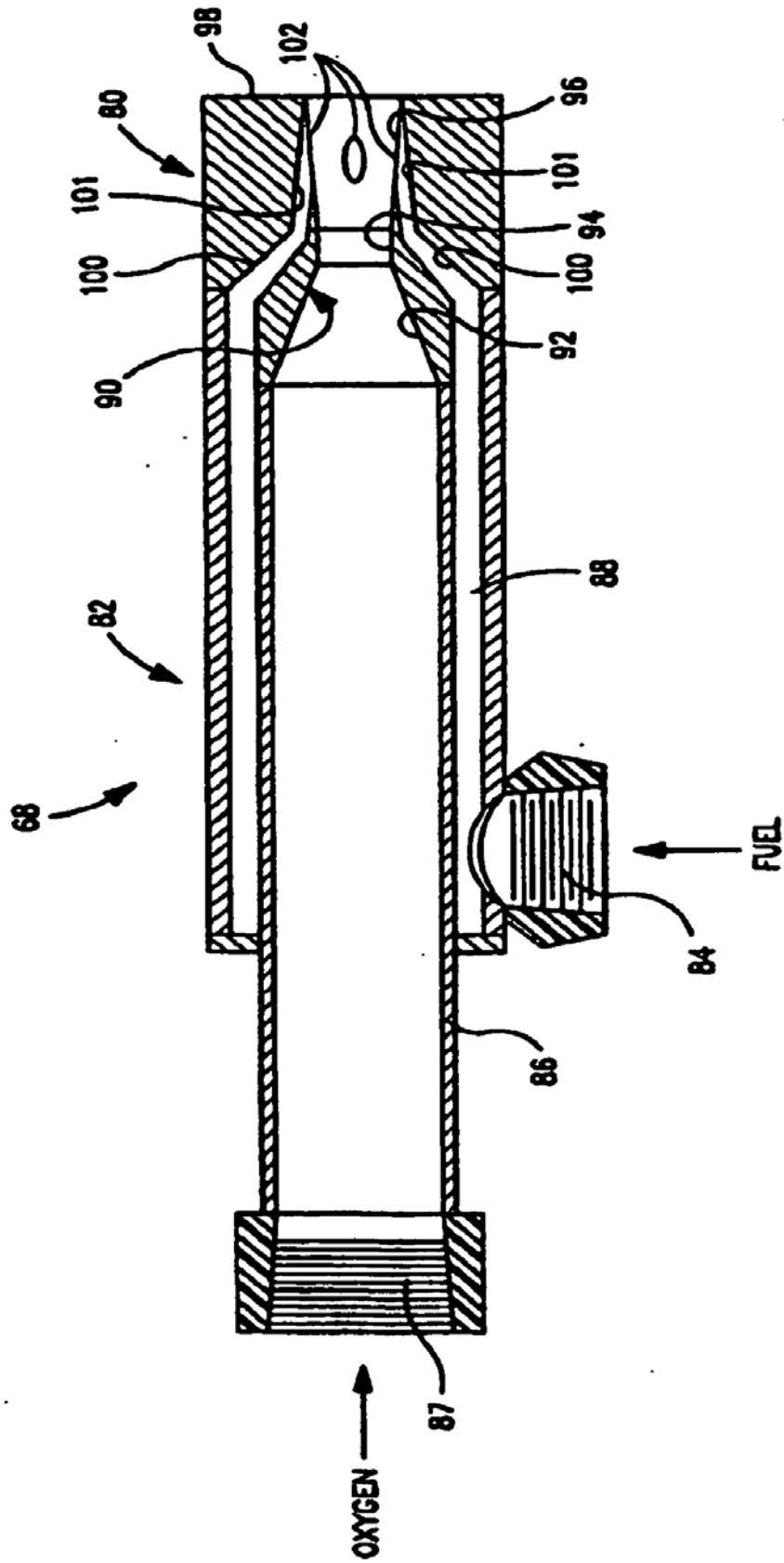


FIG. 11

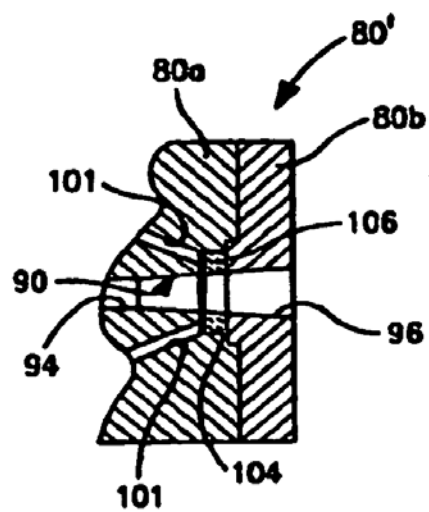


FIG. 12

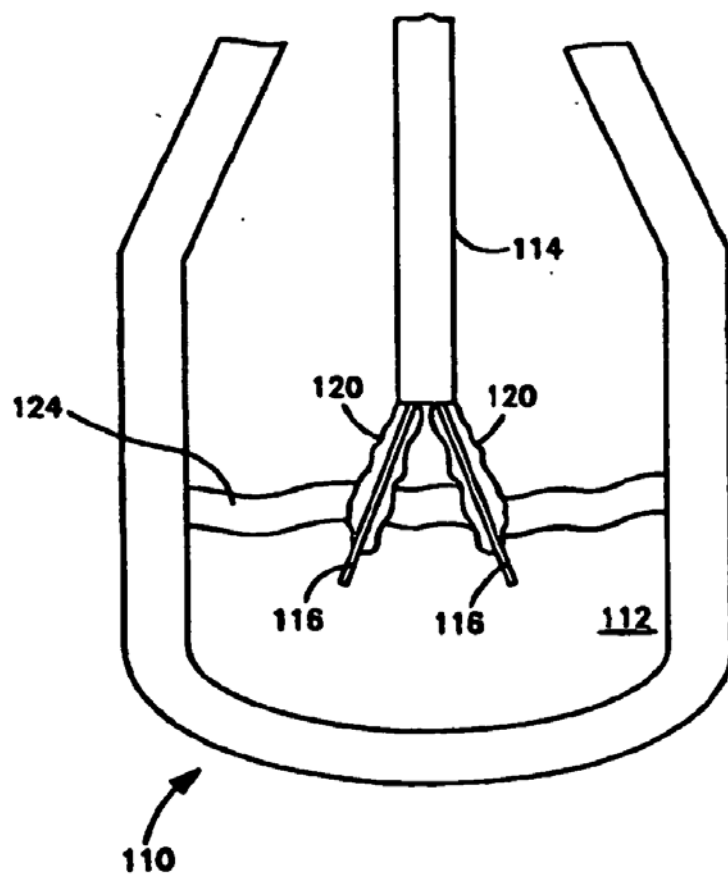


FIG. 13

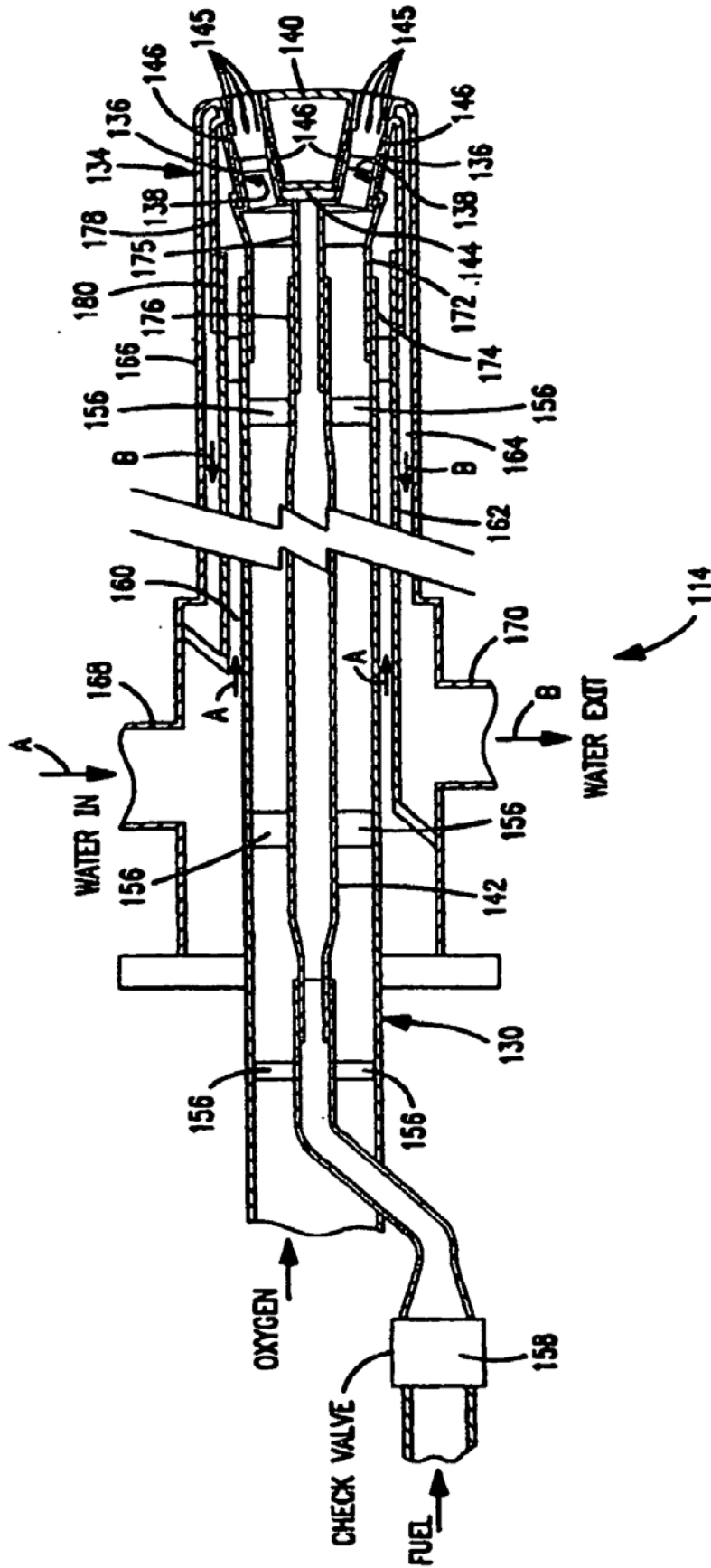


FIG. 14

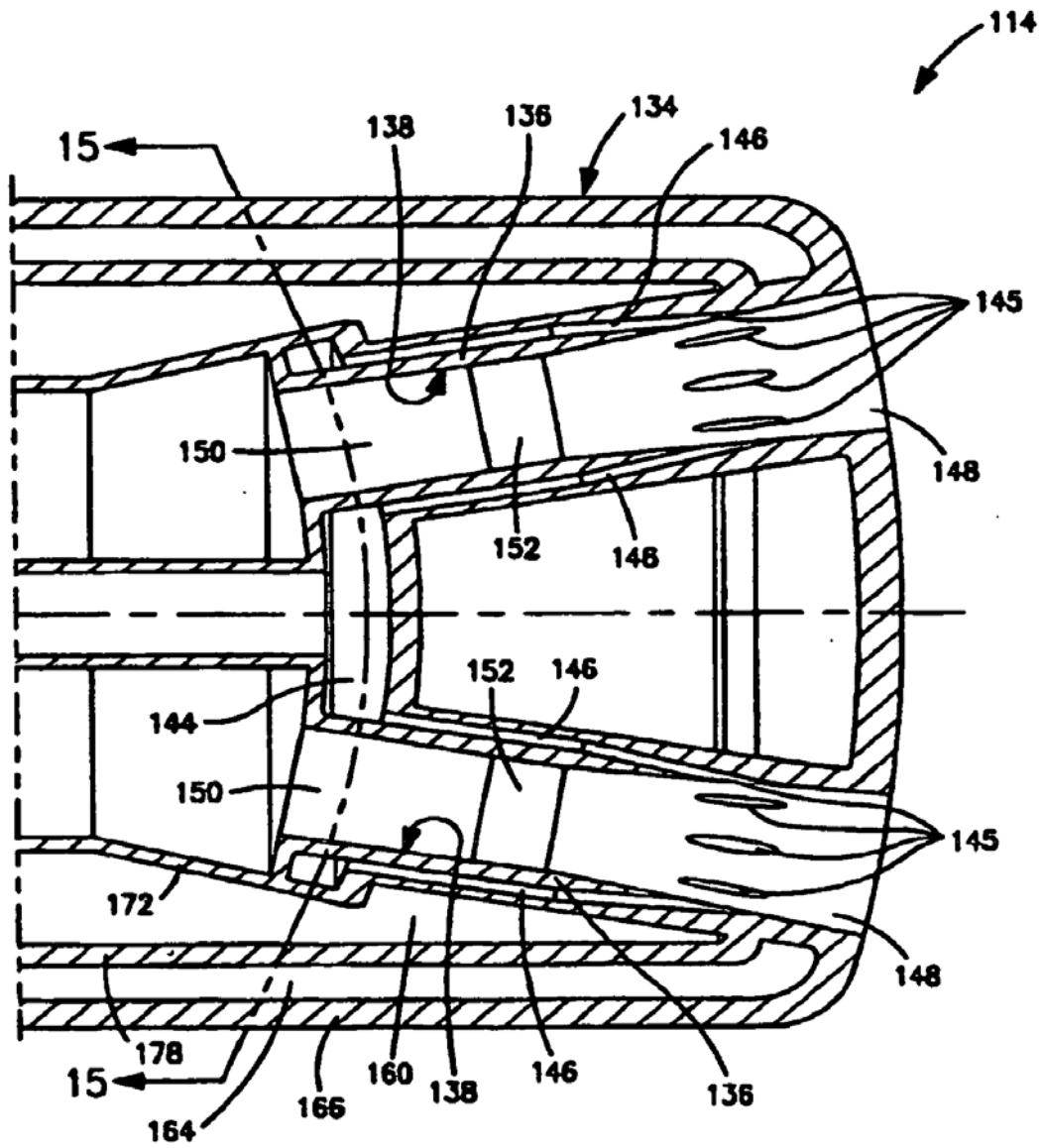


FIG. 15

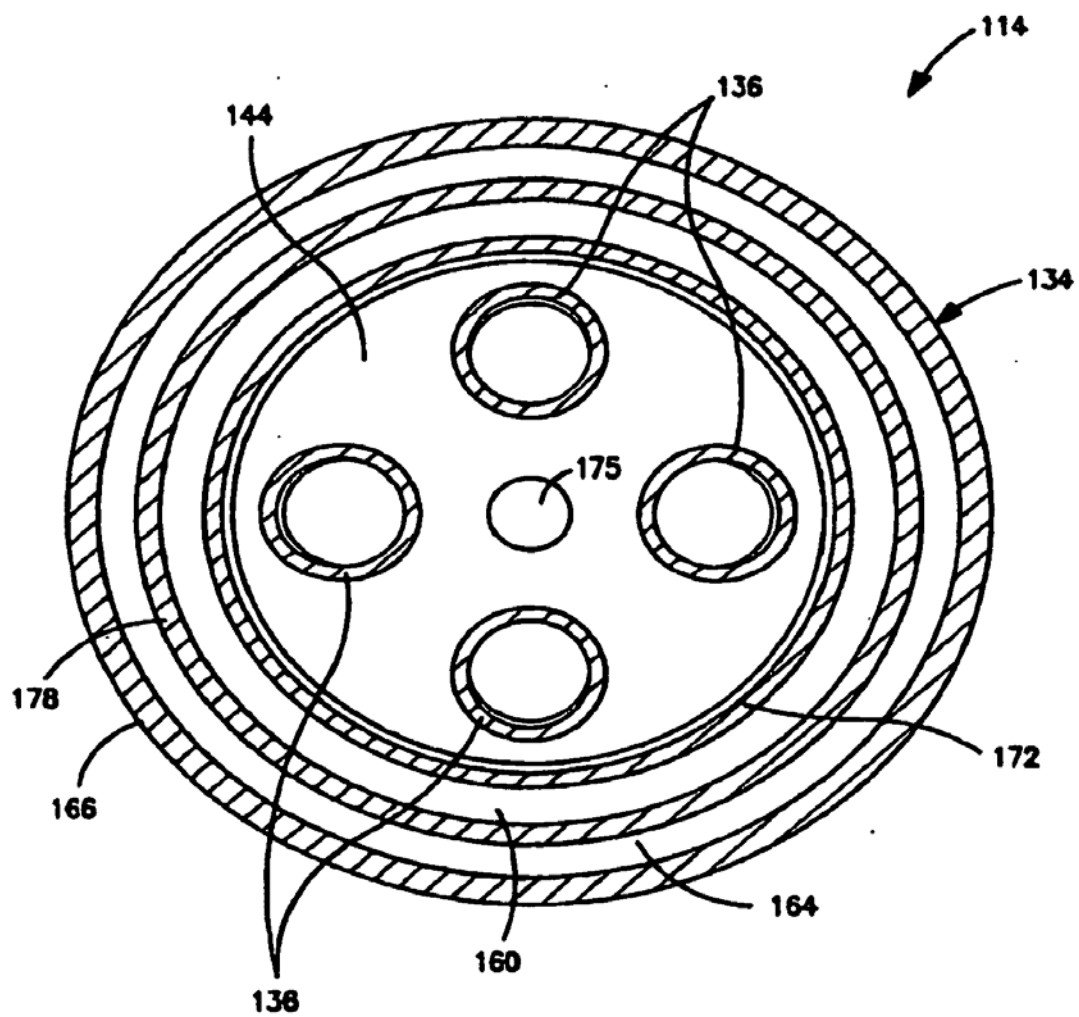


FIG. 16