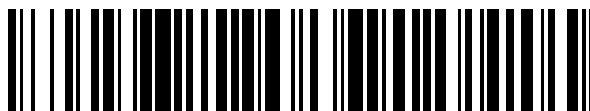


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 721**

51 Int. Cl.:

C21B 13/10 (2006.01)

C21B 11/08 (2006.01)

F27B 9/04 (2006.01)

F27B 9/16 (2006.01)

F27D 7/06 (2006.01)

C21B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2007 E 07830087 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 2093300**

54 Título: **Procedimiento para la producción de hierro metálico granular y equipo para la producción**

30 Prioridad:

14.11.2006 JP 2006308209

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

25.02.2013

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (100.0%)
10-26 WAKINOHAMA-CHO 2-CHOME
CHUO-KU KOBE-SHI HYOGO 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**TOKUDA, KOJI ;
ITO, SHUZO y
KIKUCHI, SHOICHI**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 396 721 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

Procedimiento para la producción de hierro metálico granular y equipo para la producción

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar hierro reducido mediante la reducción directa de una fuente de óxido de hierro, tal como mineral de hierro y óxido de hierro, en un horno de reducción térmica y a un aparato para fabricar hierro reducido mediante este procedimiento.

- 10 El procedimiento de producción de hierro mediante reducción directa se ha conocido como un procedimiento para reducir directamente una fuente de óxido de hierro tal como mineral de hierro y óxido de hierro (que se puede denominar en lo sucesivo material que contiene óxido de hierro), mediante el uso de un agente reductor carbonoso (material carbonoso) tal como carbón y un gas reductor con el fin de obtener hierro reducido. El procedimiento de producción de hierro mediante reducción directa se basa en un procedimiento tal como la carga de una mezcla de materias primas que incluye el material que contiene óxido de hierro y el agente de reducción carbonoso en la solera de un horno de reducción térmica de solera móvil (por ejemplo, horno de solera giratoria), el calentamiento de la mezcla de materias primas con el calor procedente de un quemador y el calor de radiación, mientras que la mezcla de materias primas se mueve en el horno para reducir el óxido de hierro incluido en la mezcla de materias primas mediante el agente de reducción carbonoso, la carburación y la fusión del hierro metálico (hierro reducido) así obtenido, la unión del hierro metálico fundido en gránulos, mientras se separa de la escoria subgenerada, y el enfriamiento y la solidificación del hierro metálico fundido para obtener hierro metálico granular (hierro reducido).

- 25 El procedimiento de producción de hierro mediante reducción directa no requiere una instalación a gran escala, tal como un alto horno, y tiene una alta flexibilidad en cuanto a los recursos. Por ejemplo, este procedimiento hace innecesario el uso de coque, por lo que, recientemente, se ha estudiado detenidamente su aplicación a nivel comercial. Sin embargo, el procedimiento de producción de hierro mediante reducción directa tiene varios problemas que hay que resolver con el fin poder aplicarlo a escala industrial, entre los que se incluyen la estabilidad del funcionamiento, la seguridad, las cuestiones económicas y la calidad del hierro metálico granular (producto).

- 30 El hierro metálico granular producido a través del procedimiento de producción de hierro mediante reducción directa se envía a una instalación existente de fabricación de acero, tal como un horno eléctrico o un convertidor, y se usa como fuente de hierro. Por lo tanto, con respecto a la calidad del hierro metálico granular, es necesario disminuir el contenido de azufre del hierro metálico granular (que, en lo sucesivo, se puede denominar contenido de S) hasta un nivel tan bajo como sea posible. También es deseable que el contenido de carbono del hierro metálico granular (que, en lo sucesivo, se puede denominar contenido de C) sea elevado dentro de un intervalo razonable, con el fin de ampliar la aplicabilidad del hierro metálico granular como fuente de hierro.

- 40 Los inventores de la presente solicitud propusieron con anterioridad una tecnología descrita en el documento de patente 1, que aumenta la pureza del hierro metálico granular con el fin de mejorar la calidad del hierro metálico granular. El documento de patente 1 describe un procedimiento para aumentar la pureza del hierro metálico granular que impide que el hierro metálico se vuelva a oxidar en una zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la carburación, y realizar la fusión mediante el control del grado de reducción del gas atmosférico en las proximidades de la materia compacta durante la carburación y la fusión hasta un nivel adecuado.

- 45 El documento de patente 1 también describe una tecnología para reducir el contenido de azufre del hierro metálico granular. En concreto, se describe un procedimiento para disminuir el contenido de azufre que se basa en controlar la basicidad de la escoria, que es un subproducto generado al fundir el hierro metálico.

- 50 Los inventores de la presente solicitud también han propuesto previamente una tecnología descrita en el documento de patente 2, además de la del documento de patente 1, que disminuye el contenido de azufre del hierro metálico granular. El documento de patente 2 describe un procedimiento para disminuir el contenido de azufre del hierro metálico granular mediante el control de la basicidad del componente formador de escoria, que se determina a partir de la composición de la mezcla de materias primas, y el control del contenido de MgO del componente formador de escoria.

- 55 La patente estadounidense n.º 4.622.905 revela un procedimiento para hornear aglomerados que contienen tanto óxido metálico como reductor que comprende colocar los aglomerados en el horno superior de una solera sustancialmente impermeable, haciendo que dicha solera se mueva en un recinto por debajo y en dirección contraria al movimiento del producto de los gases de combustión, empleando como al menos parte de la fuente de combustible de dicho producto de los gases de combustión un combustible sólido en polvo seleccionado del grupo que consiste en coque, carbón de antracita, carbón bituminoso y sub-bituminoso, y hacer que dicha fuente de combustible entre en combustión de manera aproximadamente estequiométrica con un gas que contenga oxígeno, proporcionando una pluralidad de llamas luminosas a una temperatura máxima de la llama en un exceso de aproximadamente 1646,85°C en dicho recinto, mediante lo que dichas llamas luminosas son una fuente primaria de energía radiante para calentar directamente dichos aglomerados y dicho producto de los gases de combustión deficientes en oxígeno libre, y con una velocidad suficiente para transportar neumáticamente las cenizas fuera de dicho recinto.

El documento EP 1 286 114 A2 revela un procedimiento y un aparato para un tratamiento de combustión de residuos combustibles que es un horno de solera giratoria para tratar residuos combustibles, en el que el aparato comprende un dispositivo de suministro de gas que contiene oxígeno para la combustión secundaria con el fin de quemar un gas combustible generado mediante la descomposición térmica del residuo combustible en las proximidades de una solera del horno de solera giratoria; y un dispositivo de control para controlar la cantidad de suministro de gas que contiene oxígeno para la combustión secundaria en la zona de combustión del gas combustible.

El documento WO 00/29628 A1 revela un aparato y un procedimiento para la reducción directa de óxido de hierro que utiliza un horno de solera giratoria para formar un botón de metal de hierro que contiene carbono de alta pureza, procedimiento que incluye las etapas de proporcionar un horno de solera giratoria que tiene una capa de solera que consiste en una capa refractaria o una capa de solera vítrea formada mediante la colocación de compuestos de óxido de hierro, carbono y sílice sobre la capa de la subsolera; calentar los compuestos de óxido de hierro, carbono y sílice que forman una capa de solera vítrea; colocar materiales de revestimiento sobre la superficie de la solera, formando una capa de solera revestida; suministrar material de óxido de hierro en el horno y sobre la capa de solera revestida; calentar el material de óxido de hierro sobre la capa de solera revestida; reducir los materiales de óxido de hierro sobre la capa de solera revestida; formar glóbulos de carbono y hierro líquidos sobre la capa de solera revestida con materiales de escoria separados; enfriar los glóbulos de hierro y carbono con una superficie de refrigeración, creando un botón sólido de producto de hierro y carbono; y descargar el producto de hierro y carbono, y el material de escoria del horno.

Documento de patente 1: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2001-279315.

Documento de patente 2: Publicación de patente japonesa no examinada n.º 2004-285399.

La presente invención se ha ideado con los antecedentes anteriormente descritos y tiene por objeto proporcionar un procedimiento, diferente a los procedimientos propuestos previamente, para la fabricación de hierro metálico granular de alta calidad (en particular, con alto contenido de C y bajo contenido de S) en un horno de reducción térmica de solera móvil. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato capaz de fabricar hierro metálico granular de alta calidad.

Con el fin de lograr el objeto anterior, un aspecto de la presente invención se dirige a un procedimiento para fabricar hierro metálico granular, a través del cual el hierro metálico granular se fabrica mediante la reducción de una mezcla de materias primas que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso, procedimiento que comprende: una etapa de carga de la mezcla de materias primas en una solera de un horno de reducción térmica de solera móvil; una etapa de reducción del óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso mediante la aplicación de calor, formando de esta manera hierro metálico, posteriormente, fundiendo el hierro metálico y, a continuación, uniéndolo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada; y una etapa de enfriamiento y solidificación del hierro metálico; en el que la etapa de reducción mediante calor incluye una etapa de control de una velocidad de flujo de un gas atmosférico en una zona predeterminada del horno dentro de un intervalo predeterminado, en el que la velocidad de flujo del gas atmosférico está en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo de media, y en el que la zona predeterminada es una zona que se extiende desde la fase final de reducción del óxido de hierro hasta completar la fusión del hierro metálico.

Otro aspecto de la presente invención se dirige a un aparato para fabricar hierro metálico granular, a través del cual el hierro metálico granular se fabrica mediante la reducción de una mezcla de materias primas que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso, aparato que comprende: un horno de reducción térmica para reducir el óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso a través de la aplicación de calor, formando así hierro metálico, posteriormente, fundiendo el hierro metálico y, a continuación, uniéndolo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada; medio de carga que carga la mezcla de materias primas en el horno de reducción térmica; medio de descarga que descarga el hierro metálico granular y la escoria del horno de reducción térmica; y medio de separación que separa el hierro metálico y la escoria; en el cual el horno de reducción térmica comprende: un cuerpo del horno; una solera móvil que transfiere la mezcla de materias primas y el hierro metálico del cuerpo del horno; medio de calentamiento que calienta la mezcla de materias primas del cuerpo del horno; y medio de refrigeración que enfría y solidifica el hierro metálico fundido, mientras que el cuerpo del horno tiene una zona predeterminada que tiene medios de control para controlar una velocidad de flujo de un gas atmosférico en un intervalo predeterminado,

en el que la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada está en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo de media, y en el que la zona predeterminada es una zona que se extiende desde la fase final de reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico, en el que el control de la velocidad de flujo del gas atmosférico se consigue mediante los siguientes medios: (i) el medio de calentamiento comprende un primer quemador y un segundo quemador al que se suministra una mayor cantidad de gas que no participa en la combustión por unidad de tiempo que al primer quemador, en el caso de quemarse la misma cantidad de combustible en ambos quemadores, en el que el primer quemador está instalado en la zona predeterminada y el segundo quemador está instalado en otras zonas; y/o (ii) el cuerpo del horno tiene una forma tal que una superficie de una trayectoria de flujo del gas atmosférico de la zona predeterminada es mayor que la superficie de una

trayectoria de flujo del gas atmosférico en las otras zonas.

La Fig. 1 es un diagrama esquemático explicativo de un ejemplo de la constitución de un horno de reducción térmica de solera giratoria.

La Fig. 2 es una gráfica que muestra las relaciones entre la velocidad media de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica y el contenido de C del hierro metálico granular, y entre la velocidad media de flujo del gas y el contenido de S del hierro metálico granular.

La Fig. 3 es una vista transversal esquemática del horno de reducción térmica de solera giratoria mostrado en la Fig. 1 desarrollado a lo largo de una superficie cilíndrica hipotética que incluye la línea B-B.

La Fig. 4 es una vista transversal esquemática que muestra un ejemplo modificado parcialmente de la constitución mostrada en la Fig. 3.

La Fig. 5 es una gráfica que muestra la relación entre la altura desde la solera hasta el techo y la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente la presente invención con referencia a las figuras adjuntas. Se entiende que las figuras no pretenden limitar la presente invención y que se pueden concebir diversas modificaciones en la medida en que se ajusten a las descripciones anteriores y ulteriores, y se consideran dentro del alcance de la presente invención.

La Fig. 1 es un diagrama esquemático explicativo de un ejemplo de la constitución de un horno de reducción térmica de solera giratoria entre los hornos de reducción térmica de solera móvil. En un horno de reducción térmica de solera giratoria A, se carga de manera continua una mezcla de materias primas 1 que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso a través de una tolva de carga de material (medio de carga) 3 sobre una solera giratoria 4 situada en un cuerpo del horno 8. La mezcla de materias primas 1 puede incluir CaO, MgO, SiO₂ u otros componentes que se incluyen como el contenido de ganga o de cenizas, y también puede incluir carbón, dolomita, aglutinante y similares, según sea necesario. La mezcla de materias primas 1 puede estar en forma de materiales compactos lisos o materiales compactos conformados tales como nódulos o briquetas. La mezcla de materias primas 1 se puede cargar junto con un material carbonoso 2 en estado pulverulento.

A continuación, se describirá un procedimiento de carga de la mezcla de materias primas 1 en el horno de reducción térmica A. Antes de cargar la mezcla de materias primas 1, se carga el material carbonoso 2 en un estado pulverulento desde la tolva de carga de material 3 sobre la solera giratoria 4 con el fin de formar un lecho de material carbonoso 2, sobre el que se cargue la mezcla de materias primas 1.

Aunque la Fig. 1 muestra el caso en el que se usa una tolva de carga de material 3 para cargar tanto la mezcla de materias primas 1 como el material carbonoso 2, se pueden usar dos o más tolvas para cargar la mezcla de materias primas 1 y el material carbonoso 2 por separado. El material carbonoso 2 que se carga para formar el lecho es muy útil, no sólo para mejorar la eficiencia de la reducción, sino también para acelerar la desulfuración del hierro metálico granular obtenido mediante la reducción térmica.

La solera giratoria 4 del horno de reducción térmica de solera giratoria A que se muestra en la Fig. 1 se acciona para que gire en el sentido contrario a las agujas del reloj. Aunque la velocidad de rotación depende del tamaño y de las condiciones de funcionamiento del horno de reducción térmica A, la solera normalmente recorre una vuelta completa en aproximadamente 8 a 16 minutos. El cuerpo del horno 8 del horno de reducción térmica A tiene una pluralidad de quemadores de calentamiento (medios de calentamiento) 5 instalados en la superficie de la pared del mismo para suministrar calor a la solera a través del calor de combustión del quemador de calentamiento 5 o el calor de radiación del mismo.

La mezcla de materias primas 1 cargada en la solera giratoria 4 constituida a partir de un material refractario se calienta mediante el calor de combustión del quemador de calentamiento 5 o el calor de radiación del mismo mientras se mueve sobre el horno giratorio 4 hacia la periferia del horno de reducción térmica A. El óxido de hierro incluido en la mezcla de materias primas 1 se reduce mientras se mueve por una zona de calentamiento del horno de reducción térmica A. Seguidamente, el hierro reducido se funde mientras es carburizado por el resto de agente reductor carbonoso. Luego, el hierro reducido fundido se une en hierro metálico granular 10, mientras que la escoria fundida que se forma como subproducto se separa del mismo. El hierro metálico granular 10 se enfría y se solidifica mediante el medio de refrigeración en una zona aguas abajo del horno de reducción térmica A, y luego se descarga sucesivamente desde la solera mediante un dispositivo de descarga (medio de descarga) 6 tal como un tornillo de descarga. En este momento, mientras se descarga a la vez que la escoria, se separan el hierro metálico y la escoria mediante un medio de separación (tal como un tamiz o un clasificador magnético) tras descargarlos desde una tolva 9. En la Fig. 1, el número de referencia 7 designa un conducto de gas residual.

Cuando se fabrica el hierro metálico granular en el horno de reducción térmica de solera móvil, se desea carburar el hierro metálico granular con una cantidad suficiente de carbono (que, en lo sucesivo, se puede denominar C) con el fin de ampliar la aplicabilidad del hierro metálico granular como fuente de hierro y minimizar el contenido de azufre (que, en lo sucesivo, se puede denominar S) con el fin de mejorar la calidad del hierro metálico granular como se describe anteriormente.

Los inventores de la presente solicitud llevaron a cabo una investigación destinada a aumentar el contenido de C y minimizar el contenido de S del hierro metálico granular. Se descubrió que la composición del hierro metálico granular que se obtiene mediante reducción térmica de la mezcla de materias primas que incluye el material que contiene óxido de hierro y el agente reductor carbonoso se ve enormemente afectada por la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica.

Los inventores de la presente solicitud verificaron que la composición del hierro metálico granular está influida por la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica a través de un mecanismo como el siguiente manera. A menor velocidad del flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica, menor será la velocidad de flujo del gas atmosférico en las proximidades de la mezcla de materias primas. Puesto que la mezcla de materias primas está rodeada por un gas reductor descargado del material de lecho, una menor velocidad de flujo acelera las reacciones de reducción y carburación mientras se mantiene un alto grado de reducción del gas atmosférico, lo que permite la obtención de un hierro metálico granular que tiene un alto contenido de C. También se verificó que, cuando el grado de reducción del gas atmosférico es alto en las proximidades de la mezcla de materias primas, el S de la mezcla de materias primas se puede fijar fácilmente en forma de CaS en la escoria por el componente de CaO de la materia prima, acelerando así la disminución del contenido de S del hierro metálico granular que se produce. También se puede conseguir un efecto similar mediante la disminución de la velocidad media de flujo de gas del gas atmosférico del horno, en lugar de disminuir la velocidad media del flujo del gas atmosférico en las proximidades de la mezcla de materias primas dentro del horno. En la siguiente descripción, la velocidad media de flujo del gas atmosférico en el horno se tomará como la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica.

La Fig. 2 es una gráfica que muestra las relaciones entre la velocidad media de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica y el contenido de C del hierro metálico granular, y entre la velocidad media de flujo de gas y el contenido de S del hierro metálico granular. En la Fig. 2, se usa la proporción de contenido de azufre "(S)/[S]" como un índice del contenido de azufre en el hierro metálico granular, en el que (S) representa la concentración de azufre en la escoria fundida y [S] representa la concentración del azufre en el hierro fundido (hierro reducido). El valor del contenido de C mostrado en la Fig. 2 se da como un valor relativo normalizado con respecto al contenido de C del hierro metálico granular (que se fija en 1) obtenido en el aparato mostrado en la Fig. 3, que se describirá más adelante, en el que todos los quemadores de calentamiento instalados en el horno son quemadores de aire. De manera similar, la proporción del contenido de azufre mostrado en la Fig. 2 se da como un valor relativo normalizado con respecto al contenido de azufre del hierro metálico granular (que se fija en 1) obtenido en el aparato mostrado en la Fig. 3, que se describirá más adelante, en el que todos los quemadores de calentamiento instalados en el horno son quemadores de aire. La velocidad media de flujo de gas se obtiene calculando la velocidad media de flujo de gas en una posición entre un quemador de aire 5e y un quemador de oxígeno 5f del aparato mostrado en la Fig. 3, que se describirán más adelante. El procedimiento de medición de la velocidad media de flujo de gas se describirá más adelante.

Como se verá claramente en la Fig. 2, existe una correlación entre la velocidad media de flujo del gas atmosférico y el contenido de C del hierro metálico granular. También existe una correlación entre la velocidad media de flujo del gas atmosférico y el contenido de S del hierro metálico granular. Específicamente, la concentración de azufre de la escoria fundida (S) se puede aumentar con respecto a la concentración de azufre del hierro fundido (hierro reducido) [S], mediante el control de la velocidad media de flujo de gas hasta 5 metros por segundo o menos (en particular, 2,5 metros por segundo o menos) y, por consiguiente, es posible disminuir la concentración de azufre del hierro fundido (hierro reducido) [S].

La velocidad de flujo del gas atmosférico se controla al menos en una zona que se extiende desde la última fase de la reducción del óxido de hierro (que, en la presente memoria, se puede denominar simplemente última fase de reducción) hasta la finalización de la fusión del hierro metálico (que, en la presente memoria, se puede denominar simplemente finalización de la fusión) en el cuerpo del horno. Esto es porque, en la superficie que se extiende desde la última fase de la reducción hasta la zona de fusión, las proximidades de la mezcla de materias primas es mantenida como una atmósfera reductora por el gas descargado desde el agente reductor carbonoso y el material del lecho, y este gas atmosférico tiene una gran influencia en la composición del hierro metálico granular. Por lo tanto, se puede aumentar el contenido de C del hierro metálico granular y se puede disminuir el contenido de S controlando la velocidad del gas en esta zona. La velocidad de flujo del gas atmosférico se puede controlar en todo el cuerpo del horno, no sólo en la zona que se extiende desde la última fase de reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico. Aunque la posición en el cuerpo del horno correspondiente a la última fase de la reducción varía en función de la escala y de las condiciones de funcionamiento del horno de reducción térmica, a modo orientativo, puede ser una posición situada aproximadamente a dos tercios de la corriente ascendente de la zona de calentamiento. La zona de calentamiento se refiere a una zona del interior del cuerpo del horno, en la que están instalados los quemadores de calentamiento.

La velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada del cuerpo del horno se puede controlar proporcionando medios para controlar la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno de reducción térmica de solera móvil. Por ejemplo, los medios de control de la velocidad del flujo pueden ser quemadores de oxígeno proporcionados como parte de los quemadores de calentamiento que calientan el interior del horno de reducción térmica, o una construcción tal como una altura desde la solera hasta el techo (que, en la presente memoria, se

puede denominar simplemente altura del techo) al menos en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión dentro del cuerpo del horno que sea mayor que la altura desde la solera hasta el techo en las otras zonas del cuerpo del horno. Esto se describirá a continuación haciendo referencia a las figuras.

En primer lugar, se describirá un horno de reducción térmica de solera giratoria que tiene quemadores de oxígeno usados como parte de los quemadores de calentamiento que calientan el interior del horno de reducción térmica como el medio de control de la velocidad del flujo. La Fig. 3 es una vista transversal esquemática del horno de reducción térmica de solera giratoria mostrado en la Fig. 1 desarrollado a lo largo de una superficie cilíndrica hipotética que incluye la línea B-B, que muestra una superficie desde la sección de carga de material hasta la sección de descarga de hierro metálico del horno de reducción térmica de solera giratoria. Las porciones idénticas a las mostradas en la Fig. 1 se identifican con los mismos números de referencia.

La Fig. 3 muestra la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión como una zona en la que están instalados los quemadores de calentamiento 5a a 5h, estando los quemadores de calentamiento 5f a 5h instalados en la superficie de la pared del cuerpo del horno 8. De los quemadores de calentamiento, los quemadores de calentamiento 5a a 5e son quemadores de aire y los quemadores de calentamiento 5f a 5h son quemadores de oxígeno. Quemador de aire se refiere a un quemador que quema un gas combustible (por ejemplo, gas metano) mezclando el aire con el mismo, y quemador de oxígeno se refiere a un quemador que quema un gas combustible mezclando el oxígeno con el mismo. En el quemador de aire, se suministran mayores cantidades de gases que no contribuyen a la combustión (es decir, gases que no participan en la combustión, tales como nitrógeno, argón) por unidad de tiempo que en el caso del quemador de oxígeno cuando ambos quemadores queman la misma cantidad de un gas combustible. Como se muestra en la Fig. 3, el cuerpo del horno 8 tiene una zona de enfriamiento 11 dispuesta en el mismo para enfriar el hierro fundido obtenido mediante la reducción térmica, y la zona de enfriamiento 11 tiene un medio de enfriamiento 12 instalado en la misma.

La mezcla de materias primas 1 cargada a través de la tolva de carga de material 3 aguas arriba en una posición situada en el lado izquierdo de la Fig. 3 se calienta y se reduce mientras se mueve hacia la derecha (aguas abajo) de la Fig. 3. La velocidad de flujo del gas atmosférico del horno se puede disminuir mediante el uso de los quemadores de oxígeno 5f a 5h como al menos parte de los quemadores que calientan el interior del horno de reducción térmica. En el caso de usarse quemadores de aire como todos los quemadores de calentamiento 5a a 5h, dado que el oxígeno asciende a aproximadamente el 20% en volumen del aire, una velocidad de flujo de gas del aproximadamente 80% en volumen del aire que no contribuya a la combustión influye en el intento de aumentar la velocidad de flujo en el horno de reducción térmica. Sin embargo, el uso de los quemadores de oxígeno como al menos parte de los quemadores de calentamiento hace que sea posible disminuir la cantidad total de gas suministrada al horno de reducción térmica y, por consiguiente, disminuir la velocidad del flujo de gas atmosférico en el horno mientras se mantiene el nivel de calor de combustión generado mediante el uso de los quemadores de aire.

La velocidad media de flujo del gas atmosférico en el horno V (m/s) se calcula dividiendo el caudal total de gas Q (m^3/s) entre la superficie transversal D (m^2) del espacio interior del horno perpendicular a la dirección del movimiento en el horno como se indica por la ecuación (1). El caudal total de gas Q (m^3/s) es la cantidad de gas que fluye por unidad de tiempo después de la combustión, determinada a partir de la cantidad de combustible suministrado en el horno por unidad de tiempo (segundos) y la cantidad de gas que contiene oxígeno suministrado por unidad de tiempo (segundos) para quemar el combustible.

$$V = Q/D \quad (1)$$

Cuando se suministra, por ejemplo, gas metano como combustible y se quema en el horno, se produce la reacción química representada por (2). La cantidad de gas generada mediante la combustión se puede calcular a partir de la cantidad de combustible suministrada en el horno y la cantidad de gas que contiene oxígeno suministrada para quemar el combustible. La cantidad de gas se calcula preferentemente mediante la conversión de la cantidad en volumen a la temperatura y la presión reales del horno.



El gas generado mediante la combustión en el horno fluye desde aguas arriba de la solera hacia el conducto de gas residual 7, o desde aguas abajo de la solera hacia el conducto de gas residual 7, en el caso en que el conducto de gas residual 7 se proporcione encima del espacio situado entre los quemadores de aire 5c y 5d, como se muestra en la Fig. 3. Así pues, la velocidad media de flujo del gas atmosférico en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión se puede calcular dividiendo el caudal de gas que pasa por la posición inicial de la última fase de reducción (posición entre el quemador de aire 5e y el quemador de oxígeno 5f de la Fig. 3) entre la superficie longitudinal del horno (superficie de la trayectoria de flujo) en la posición inicial de la última fase de reducción (posición entre el quemador de aire 5e y el quemador de oxígeno 5f de la Fig. 3). En este caso, el gas que pasa por la posición inicial de la última fase de reducción fluye de derecha a izquierda en la Fig. 3. Por lo tanto, el caudal de gas que pasa por la posición inicial de la última fase de reducción se puede determinar calculando la cantidad total de gas después de la combustión de la cantidad de combustible suministrada a los quemadores de

oxígeno 5f a 5h y la cantidad de gas que incluye oxígeno suministrada para quemar el combustible. Esto se debe a que, como el conducto de gas residual 7 se proporciona sobre el espacio situado entre los quemadores de aire 5c y 5d, la velocidad de flujo del gas generado quemando el combustible en los quemadores de aire 5a a 5e no influye en la velocidad media de flujo del gas atmosférico en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión.

La velocidad media de flujo de gas se puede controlar ajustando el número de quemadores de aire y quemadores de oxígeno, la disposición de los quemadores de aire y los quemadores de oxígeno, o las cantidades de combustible y de gas que contiene oxígeno para quemar el combustible suministradas a los quemadores de aire y a los quemadores de oxígeno. En lugar de los quemadores de aire y los quemadores de oxígeno, se pueden usar un quemador al que se suministre una cantidad relativamente grande de gas que no contribuya a la combustión (gas que no participe en la combustión) por unidad de tiempo (segundo quemador) y un quemador al que se suministre una cantidad relativamente pequeña de gas que no contribuya a la combustión por unidad de tiempo (primer quemador), en los que "relativamente grande" y la "relativamente pequeña" significan una comparación relativa basada en la misma cantidad de combustible en combustión.

Según la presente invención, no hay ninguna limitación sobre la posición en la que se instala el conducto de gas residual 7. Sin embargo, con el fin de minimizar lo máximo posible la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión, es preferible instalar el conducto de gas residual 7 en una posición situada aguas más arriba (más cerca de la posición en la que se suministra la mezcla de materias primas) que la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión.

Aunque no hay ninguna restricción en cuanto a la zona del horno de reducción térmica en la que se instalan los quemadores de oxígeno, el quemador puede estar instalado, al menos, en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión. Los quemadores de oxígeno también se pueden usar en toda la zona del interior del horno de reducción térmica.

Aunque no existe ninguna restricción en cuanto a la posición en la que se instala un quemador de oxígeno (primer quemador), el quemador se instala preferentemente en una posición al menos 1 metro por encima de la superficie de la solera. Esto es porque, incluso cuando se usen quemadores de oxígeno en lugar de quemadores de aire, la velocidad del gas se eleva si los quemadores de oxígeno están instalados cerca de la solera.

Con el fin de disminuir la velocidad de flujo del gas atmosférico en las proximidades de la mezcla de materias primas, es preferible instalar los quemadores de oxígeno (primeros quemadores) lo más lejos posible de la superficie de la solera. Sin embargo, cuando los quemadores de oxígeno se instalan demasiado lejos de la solera, disminuye la eficacia del calentamiento. La instalación de los quemadores de oxígeno cerca del techo puede provocar daños en el techo causados por el calor del quemador. Por lo tanto, los quemadores de oxígeno (primer quemador) se instalan preferentemente en posiciones situadas al menos a 1 metro de distancia de la superficie del techo.

La concentración de oxígeno del gas que contiene oxígeno suministrado a los quemadores de oxígeno (primeros quemadores) es preferentemente tan alta como sea posible con el fin de disminuir la velocidad de flujo del gas atmosférico. Esto se debe a que una mayor concentración de oxígeno conduce a una menor concentración de los gases que no participan en la combustión. La proporción de gas oxígeno en el gas suministrado puede ser, por ejemplo, el 90% en volumen o superior.

A continuación, se describirá la constitución del horno de reducción térmica de solera giratoria empleado como medio de control de la velocidad de flujo, en el que la altura desde la solera hasta el techo que está al menos en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de fusión del hierro metálico en todo el horno es mayor que la altura desde la solera hasta el techo en el resto de zonas del cuerpo del horno.

La Fig. 4 es una vista transversal esquemática que muestra un ejemplo de la modificación parcial de la constitución mostrada en la Fig. 3, en la que el cuerpo del horno 8 tiene los quemadores de calentamiento 5a a 5e y los quemadores de calentamiento 5i a 5k instalados en la superficie de la pared del mismo, aunque la superficie en la que están instalados los quemadores de calentamiento 5i a 5k corresponde a la zona que se extiende desde la última fase de reducción a la finalización de la fusión. En la Fig. 4, todos los quemadores de calentamiento son quemadores de aire.

La Fig. 4 muestra el cuerpo del horno 8 que tiene una configuración tal que la altura del techo en la zona en la que están instalados los quemadores de calentamiento 5i a 5k es mayor que la altura del techo en el resto de las zonas. El hecho de que el techo sea más alto permite aumentar el volumen del espacio interior del horno correspondiente a la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión. Esto, a su vez, permite que la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno sea inferior que en el caso en el que el techo de esta zona es más bajo.

La Fig. 5 es una gráfica que muestra la relación entre el valor relativo de la altura del techo y el valor relativo de la velocidad media de flujo del gas atmosférico en el horno.

El valor relativo de la altura del techo se da en términos de la altura del techo en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de fusión con respecto a la altura del techo en las zonas que se extienden hasta la última fase de reducción (otras zonas), tomando como referencia el caso en el que la altura del techo no cambia entre la zona de entrada, en la que se carga la mezcla de materias primas, y la zona de salida, de la que se descarga el hierro metálico granular hacia el exterior (es decir, el caso de una configuración de la altura del techo constante como se muestra en la Fig. 3).

El valor relativo de la velocidad media de flujo del gas atmosférico se da en términos de un valor calculado a partir de la velocidad media de flujo de gas cambiando la altura del techo en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión, tomando como referencia el caso en el que no se cambia la altura del techo entre la zona de entrada, en la que se carga la mezcla de materias primas, y la zona de salida, de la que se descarga el hierro metálico granular hacia el exterior (es decir, el caso de una configuración de la altura del techo constante como se muestra en la Fig. 3). La velocidad media de flujo de gas se calculó para una posición en la que se cambia la altura del techo de encima de la solera (por ejemplo, entre los quemadores de calentamiento 5e a 5i en el caso mostrado en la Fig. 4).

Como se verá claramente en la Fig. 5, la velocidad de flujo del gas atmosférico en el horno disminuye al aumentar la altura del techo.

Aunque, en la Fig. 4, se muestra el caso en el que sólo se usan quemadores de aire como quemadores de calentamiento, también se puede proporcionar uno o una pluralidad de quemadores de oxígeno (primeros quemadores) como parte de los quemadores de calentamiento como medios de control de la velocidad de flujo.

En el ejemplo de la constitución mostrada en la Fig. 3 y Fig. 4, se puede instalar un tabique de separación en el horno para minimizar la influencia ejercida por la velocidad de flujo del gas atmosférico en las otras zonas del horno sobre la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión en el horno. Por ejemplo, en el caso en el que la zona que se extiende desde la última fase de reducción hasta la finalización de la fusión sea la zona en la que están instalados los quemadores de oxígeno 5f a 5h como se muestra en la Fig. 3, se puede instalar un tabique de separación suspendido en el techo entre el quemador de aire 5e y el quemador de oxígeno 5f. En este caso, se puede instalar un medio de escape en el techo de cada zona para descargar el gas residual de cada zona hacia el exterior.

Aunque se haya descrito el uso del horno de reducción térmica de solera giratoria como el horno de reducción térmica de solera móvil, la presente invención no se limita al horno de reducción térmica de solera giratoria, pudiéndose emplear cualquier tipo de solera móvil tal como el horno de reducción térmica de tipo lineal.

Como se ha descrito anteriormente, el procedimiento para la fabricación del hierro metálico granular según un aspecto de la presente invención, mediante el cual se fabrica el hierro metálico granular mediante la reducción de la mezcla de materias primas que incluye el material que contiene óxido de hierro y el agente de reducción carbonoso, comprende: una etapa de carga de la mezcla de materias primas en la solera de un horno de reducción térmica de solera móvil; una etapa de reducción del óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso a través de la aplicación de calor, formando de esta manera hierro metálico, fundiendo posteriormente el hierro metálico y, a continuación, uniendo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada; y una etapa de enfriamiento y solidificación del hierro metálico; en el que la etapa de reducción térmica incluye una etapa de control de una velocidad de flujo de un gas atmosférico en una zona predeterminada del horno dentro de un intervalo predeterminado.

Según el procedimiento de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, se puede mejorar la calidad del hierro metálico granular mediante el control de la velocidad de flujo del gas atmosférico en una zona predeterminada del horno dentro de un intervalo predeterminado cuando se fabrica el hierro granular metálico en el horno de reducción térmica de solera móvil. Más específicamente, se puede aumentar el contenido de C del hierro metálico granular y se puede disminuir el contenido de S.

Según el procedimiento de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, la velocidad de flujo del gas atmosférico se encuentra en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo como media. Cuando la velocidad está dentro de este intervalo, el grado de reducción del gas atmosférico se mantiene a un nivel alto, de manera que la reducción y la carburación se producen de manera eficiente y, por lo tanto, se puede aumentar el contenido de C del hierro metálico granular y se puede disminuir el contenido de S.

Además, según el procedimiento de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, la zona predeterminada es una zona que se extiende desde una última fase de la reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico. Esto hace que sea posible mejorar la calidad del hierro metálico granular, manteniendo la atmósfera reductora en esta zona.

Además, según el procedimiento de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, es preferible usar quemadores en el calentamiento del horno de reducción térmica, y usar un primer quemador en la zona predeterminada, mientras que en una o varias zonas distintas de la zona predeterminada se usa un segundo quemador al que se suministra una mayor cantidad de gas que no participa en la combustión por unidad de tiempo que en el primer quemador, en el caso de quemarse la misma cantidad de combustible en ambos quemadores. En este caso, es preferible usar quemadores de oxígeno en la zona predeterminada y usar al menos quemadores de aire en una o varias zonas distintas de la zona predeterminada. Esto hace posible que la cantidad total de gas suministrada al interior del horno de reducción térmica sea menor que en el caso de usar quemadores de aire como parte o la totalidad de los quemadores de calentamiento en la zona predeterminada, mientras se mantiene el mismo nivel de generación de calor. Como resultado de ello, se puede disminuir la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada.

El aparato para fabricar el hierro metálico granular según otro aspecto de la presente invención, mediante el cual se fabrica el hierro metálico granular mediante la reducción de una mezcla de materias primas que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor, comprende: un horno de reducción térmica para reducir el óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso a través de la aplicación de calor, formando de ese modo hierro metálico, posteriormente, fundiendo el hierro metálico y, a continuación, uniendo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada; medio de carga que carga la mezcla de materias primas en el horno de reducción térmica; medio de descarga que descarga el hierro metálico granular y la escoria del horno de reducción térmica; y medio de separación que separa el hierro metálico y la escoria; en el que el horno de reducción térmica comprende: un cuerpo del horno, una solera móvil que transfiere la mezcla de materias primas y el hierro metálico del cuerpo del horno; un medio de calentamiento que calienta la mezcla de materias primas del cuerpo del horno; y medio de enfriamiento que enfría y solidifica el hierro metálico fundido, mientras que el cuerpo del horno tiene una zona predeterminada que tiene medios de control para controlar una velocidad de flujo de un gas atmosférico en un intervalo predeterminado.

Según el aparato de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención descrito anteriormente, puesto que la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada es menor que la del aparato sin medios de control del flujo de velocidad, se puede mantener un mayor grado de reducción de la atmósfera en la zona predeterminada con el fin de obtener un hierro metálico granular de alta calidad. Más específicamente, se puede obtener un hierro metálico granular que tenga un mayor contenido de C y un menor contenido de S.

Según el aparato para fabricar el hierro metálico granular de la presente invención, la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada está en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo de media y, preferentemente, en un intervalo de 0 metros por segundo a 2,5 metros por segundo de media. Esto hace que sea posible mantener el grado de reducción del gas atmosférico a un nivel alto en la zona predeterminada de manera que la reducción y la carburación se puedan realizar de manera eficiente, y por lo tanto, que se pueda aumentar el contenido de C del hierro metálico granular y disminuir el contenido de S.

Además, según el aparato de fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, la zona predeterminada es una zona que se extiende desde una última fase de la reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico. Esto hace posible obtener un hierro metálico granular que tiene una mayor calidad, pues el grado de reducción de la atmósfera de la zona predeterminada se mantiene a un nivel superior que en el resto de las zonas.

Además, según el aparato para la fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, el medio de calentamiento puede comprender: un primer quemador y un segundo quemador al que se suministran mayores cantidades de gases que no participan en la combustión por unidad de tiempo que las suministradas al primer quemador en el caso de quemarse la misma cantidad de combustible en ambos quemadores, aunque el primer quemador está instalado en la zona predeterminada y el segundo quemador está instalado en otra zona o zonas. En este caso, es preferible que el primer quemador sea un quemador de oxígeno y el segundo quemador sea un quemador de aire. Esto hace que sea posible disminuir la cantidad total de gas suministrada al interior del horno de reducción térmica mientras se mantiene el mismo nivel de generación de calor, en comparación con el caso de usarse quemadores de aire como parte o la totalidad de los quemadores de calentamiento en la zona predeterminada. Por consiguiente, se puede disminuir la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada con el fin de obtener un hierro granular metálico que tenga un mayor contenido de C y un menor contenido de S.

Además, según el aparato para la fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, es preferible que el primer quemador esté instalado en una posición a al menos 1 metro de distancia de la superficie de la solera. Esto permite impedir que la velocidad de flujo del gas atmosférico en las inmediaciones del horno sea mayor que en el caso de instalar el primer quemador cerca del horno. Por lo tanto, se puede conseguir un hierro metálico granular de mayor calidad.

Además, según el aparato para la fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, el cuerpo del horno puede tener una forma tal que una superficie de una trayectoria de flujo del gas atmosférico de la zona predeterminada (del cuerpo del horno) sea mayor que una superficie de una trayectoria de flujo del gas atmosférico de las otras zonas. También es preferible que, en el aparato para fabricar el hierro metálico granular de la presente invención, el cuerpo del horno tenga una forma tal que la altura desde la solera hasta el techo en la zona predeterminada (del cuerpo del horno) sea mayor que la altura desde la solera hasta el techo en las otras zonas. Esto permite hacer que la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada sea inferior que en el caso de un cuerpo del horno con una configuración tal que la zona predeterminada tenga la misma superficie de la trayectoria de flujo del gas atmosférico que la superficie de la trayectoria de flujo del gas atmosférico de las otras zonas. Por ello, se obtiene un hierro metálico granular que tiene una mayor calidad.

Además, según el aparato para la fabricación del hierro metálico granular de la presente invención, es preferible que el cuerpo del horno tenga además un tabique de separación que divida la zona predeterminada del resto de zonas. Esto permite controlar la velocidad de flujo del gas atmosférico en la zona predeterminada y la velocidad de flujo del gas atmosférico en las demás zonas de forma independiente, de manera que se pueda obtener un hierro metálico granular que tenga una mayor calidad.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar hierro metálico granular mediante la reducción de una mezcla de materias primas que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente de reducción carbonoso que comprende:

una etapa de carga de la mezcla de materias primas en una solera de un horno de reducción térmica de solera móvil;
una etapa de reducción del óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso a través de la aplicación de calor, formando así hierro metálico, posteriormente, fundiendo el hierro metálico y, a continuación, uniéndolo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada; y
una etapa de enfriamiento y solidificación del hierro metálico;
en el que la etapa de reducción térmica incluye una etapa de control de una velocidad de flujo de un gas atmosférico en una zona predeterminada del horno en un intervalo predeterminado,
en el que la velocidad de flujo del gas atmosférico está en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo como media, y
en el que la zona predeterminada es una zona que se extiende desde la última fase de reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico.

2. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 1, en el que se usan quemadores en el calentamiento del horno de reducción térmica, y se usa un primer quemador en la zona predeterminada, mientras que, en una zona o zonas distintas de la zona predeterminada, se usa un segundo quemador al que se suministra una mayor cantidad de gas que no contribuye a la combustión por unidad de tiempo que la suministrada al primer quemador, en el caso de quemarse la misma cantidad de combustible en ambos quemadores.

3. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 2, en el que se usan quemadores de oxígeno en la zona predeterminada y se usan al menos quemadores de aire en la zona o zonas distintas de la zona predeterminada.

4. Un aparato para fabricar el hierro metálico granular mediante la reducción de una mezcla de materias primas que incluye un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor que comprende:

un horno de reducción térmica para reducir el óxido de hierro de la mezcla de materias primas mediante el agente reductor carbonoso a través de la aplicación de calor, formando así hierro metálico, posteriormente, fundiendo el hierro metálico y, a continuación, uniéndolo el hierro metálico fundido en hierro metálico granular mientras se separa el hierro metálico fundido de la escoria subgenerada;
medio de carga que carga la mezcla de materias primas en el horno de reducción térmica;
medio de descarga que descarga el hierro metálico granular y la escoria del horno de reducción térmica; y
medio de separación que separa el hierro metálico y la escoria; en el que el horno de reducción térmica comprende:

un cuerpo del horno,
una solera móvil que transfiere la mezcla de materias primas y el hierro metálico del cuerpo del horno;
medio de calentamiento que calienta la mezcla de materias primas del cuerpo del horno; y
medio de enfriamiento que enfría y solidifica el hierro metálico fundido,
mientras que el cuerpo del horno tiene una zona predeterminada que tiene medios de control para controlar una velocidad de flujo de un gas atmosférico en un intervalo predeterminado;
en el que la velocidad de flujo del gas atmosférico de la zona predeterminada está en un intervalo de 0 metros por segundo a 5 metros por segundo como media; y
en el que la zona predeterminada es una zona que se extiende desde la última fase de reducción del óxido de hierro hasta la finalización de la fusión del hierro metálico;
en el que el control de la velocidad de flujo del gas atmosférico se consigue mediante los siguientes medios:

(i) el medio de calentamiento comprende

un primer quemador y
un segundo quemador al que se suministra una cantidad mayor de gas que no participa en la combustión por unidad de tiempo que la suministrada al primer quemador en el caso de quemarse la misma cantidad de combustible en ambos quemadores; en el que el primer quemador está instalado en la zona predeterminada y el segundo quemador está instalado en las demás zonas; y/o

(ii) el cuerpo del horno tiene una forma tal que una superficie de la trayectoria del flujo del gas atmosférico de la zona predeterminada es mayor que una superficie de una trayectoria de flujo del gas atmosférico en el resto de zonas.

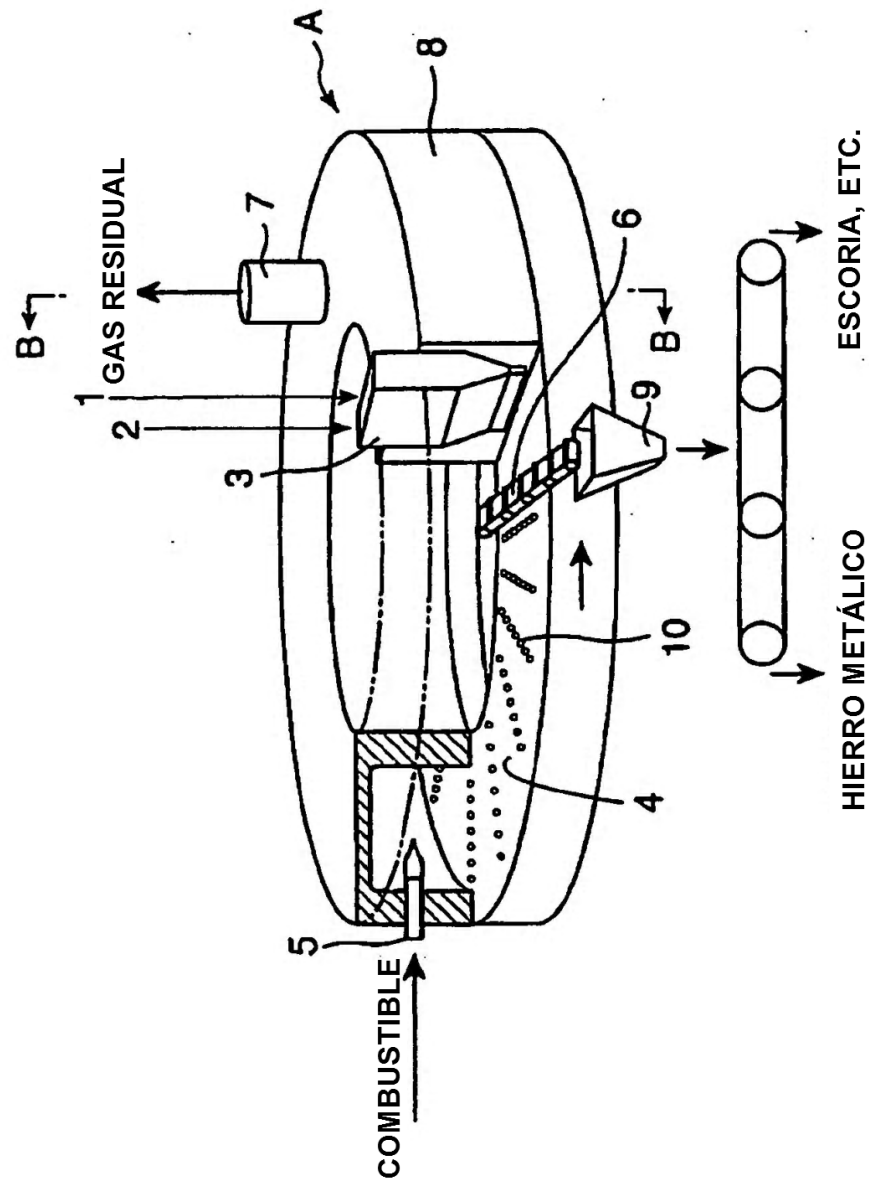
5. El aparato de fabricación según la reivindicación 4, en el que el primer quemador está instalado en una posición al menos a 1 metro de distancia de la superficie de la solera.

6. El aparato de fabricación según la reivindicación 4 ó 5, en el que el primer quemador es un quemador de oxígeno y el segundo quemador es un quemador de aire.

5 7. El aparato de fabricación según la reivindicación 4, en el que el cuerpo del horno tiene una forma tal que la altura desde la solera hasta el techo de la zona predeterminada es mayor que la altura desde la solera hasta el techo del resto de zonas.

10 8. El aparato de fabricación según la reivindicación 4, en el que el cuerpo del horno tiene además un tabique de separación que divide la zona predeterminada de las demás zonas.

FIG.1



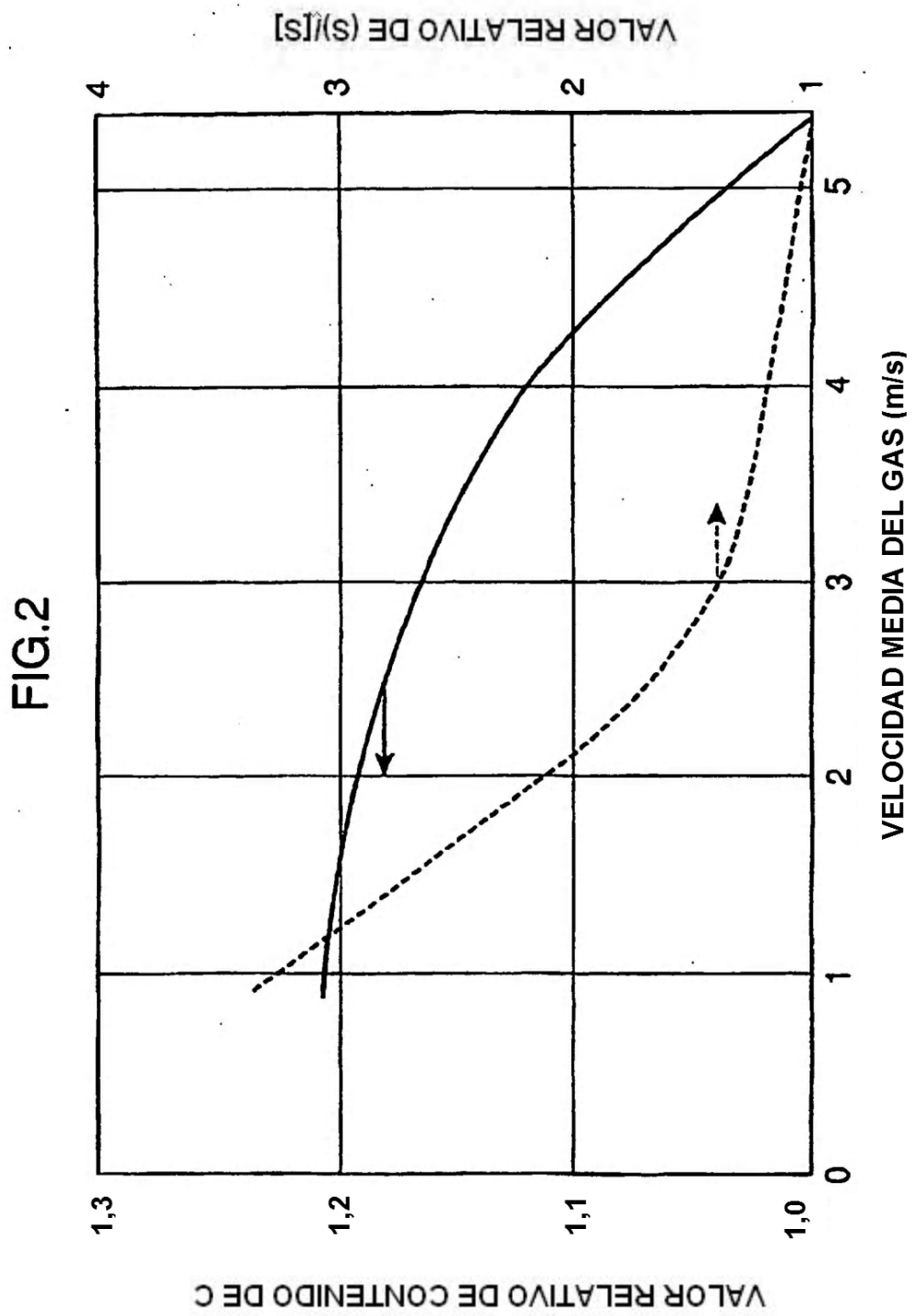


FIG.3

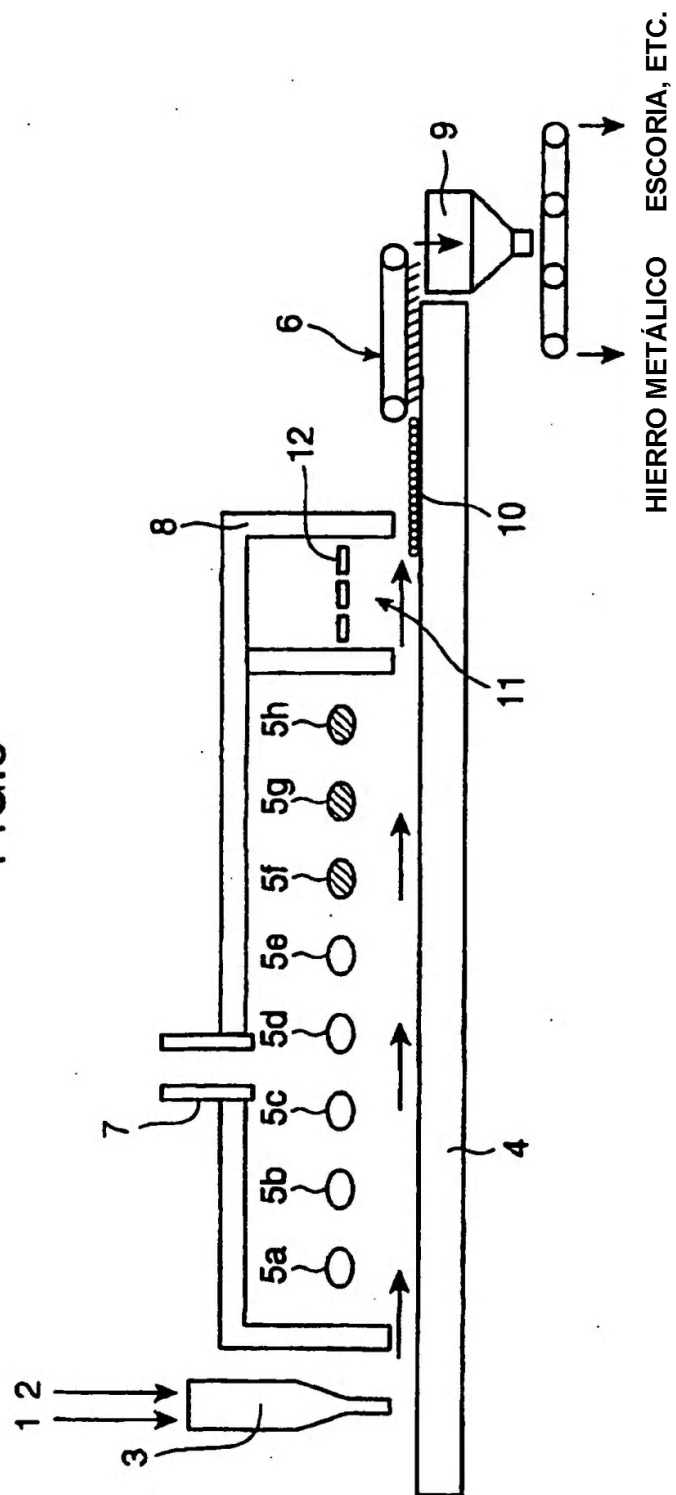


FIG.4

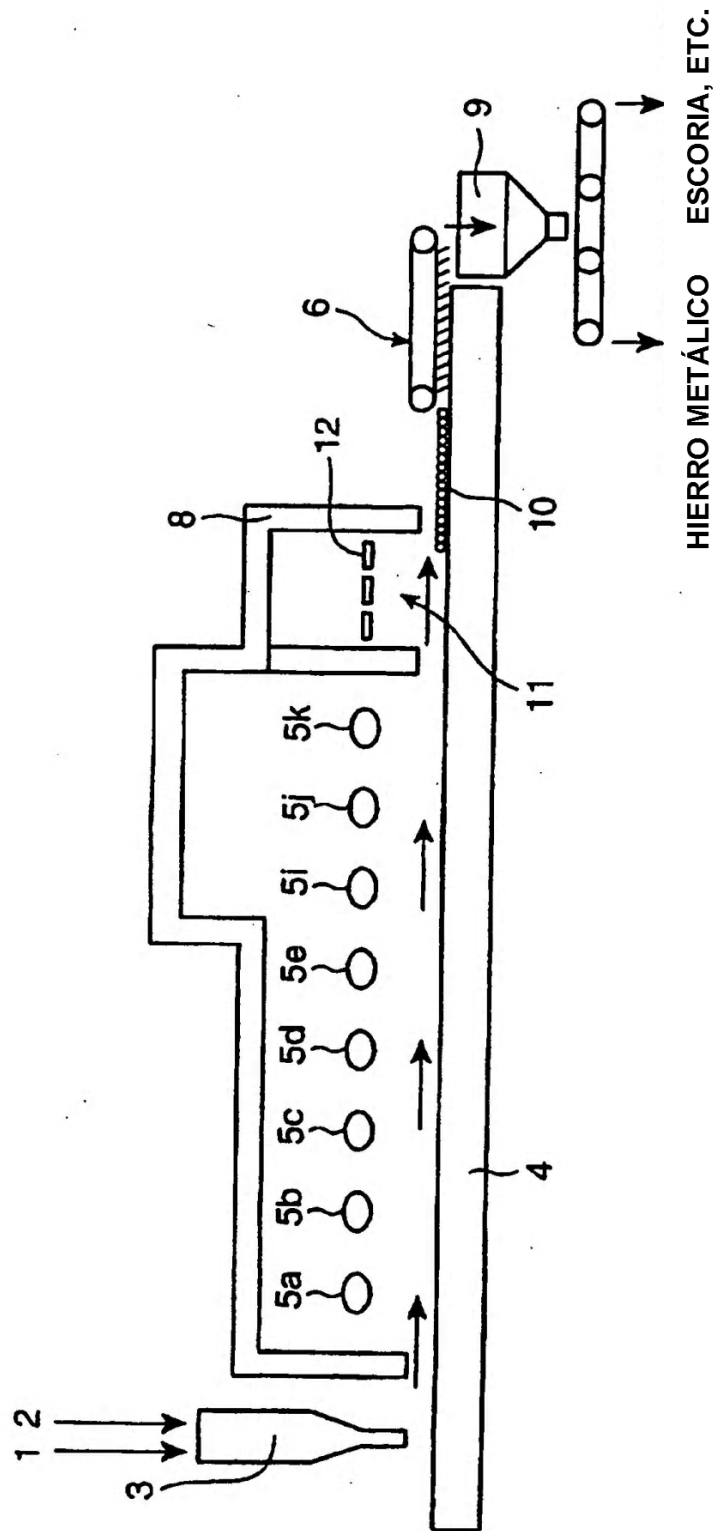


FIG.5

