

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 526**

51 Int. Cl.:

C21B 11/10 (2006.01)
C21C 5/52 (2006.01)
C21B 13/14 (2006.01)
C21C 1/04 (2006.01)
C21C 5/54 (2006.01)
C21C 7/068 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.11.2020** **PCT/JP2020/042005**
87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2021** **WO21100565**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2020** **E 20889204 (2)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024** **EP 4032990**

54 Título: **Método para producir acero fundido**

30 Prioridad:

21.11.2019 JP 2019210829

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2024

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBESTEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku, Kobe-shi
Hyogo 651-8585, JP

72 Inventor/es:

TOKUDA, KOJI y
MIMURA, TSUYOSHI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 982 526 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 para producir acero fundido

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para la producción de acero fundido.

Técnica anterior

Se ha llevado a cabo un método de producción directa de hierro en el que una fuente de óxido de hierro, tal como mineral de hierro, se reduce en estado sólido con un material carbonoso o un gas reductor para obtener hierro de reducción directa. En la bibliografía no de patente 1 se divulga un método para obtener un acero fundido reduciendo un mineral de hierro con gas natural y fundiendo el hierro de reducción directa obtenido en un horno eléctrico.

En los últimos años, ha disminuido la producción del llamado mineral de hierro de alta ley con bajo contenido de impurezas como la ganga, por eso ha ido aumentando la importancia del mineral de hierro de baja ley.

Sin embargo, el hierro de reducción directa obtenido a partir de un mineral de hierro de baja ley como materia prima contiene una cantidad relativamente grande de ganga, de modo que cuando la ganga se funde en un horno eléctrico, se genera una gran cantidad de escoria junto con el acero fundido.

Dado que el contenido de hierro de la escoria generada junto con el acero fundido alcanza aproximadamente el 25 % en masa, cuanto mayor sea la cantidad de escoria, más hierro contendrá la escoria, el rendimiento del acero fundido disminuye significativamente. Por lo tanto, aunque un mineral de hierro de baja ley tiene un precio por unidad de peso más bajo que un mineral de hierro de alta ley, el peso del mineral de hierro requerido para producir un acero fundido en peso unitario en el mineral de hierro de baja ley es significativamente mayor en comparación con el mineral de hierro de alta ley, y el coste de producción del acero fundido por peso unitario en el mineral de hierro de baja ley no es muy diferente del mineral de hierro de alta ley. Adicionalmente, los documentos de patente US 2001/027701 A1 y US 6 149 709 A divulgan además un método para producir acero fundido usando múltiples hornos.

Como se ha descrito anteriormente, el uso de un mineral de hierro de baja ley como materia prima para el hierro de reducción directa está actualmente limitado porque no existe una ventaja de costes significativa debido al bajo rendimiento.

La presente invención se ha realizado en vista de tal problema, y un objetivo de la misma es proporcionar un método para producir un acero fundido capaz de obtenerse con un alto rendimiento incluso cuando se utiliza un mineral de hierro de baja ley como materia prima para hierro de reducción directa en estado sólido.

Lista de citas

Bibliografía no relacionada con patentes

Bibliografía no relacionada con patentes 1; Masaaki ATSUSHI, Hiroshi UEMURA, Takashi SAKAGUCHI, "Procesos MIDREX (marca comercial registrada)", Informe técnico de R&D Kobe Steel, Vol. 60, n.º 1, abril de 2010, págs. 5-11

Sumario de la invención

Como resultado de diversos estudios, los presentes inventores han descubierto que el objetivo anterior se puede lograr mediante las siguientes invenciones.

Un método para producir un acero fundido de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método para producir un acero fundido utilizando hierro de reducción directa en estado sólido como materia prima, en el que el hierro de reducción directa en estado sólido contiene 3,0 % en masa o más de SiO_2 y Al_2O_3 en total y 1,0 % en masa o más de carbono, una proporción de un hierro metálico con respecto al contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido es del 90 % en masa o más, y un exceso de contenido de carbono C_x especificado por la siguiente fórmula (1) con respecto a los carbonos contenidos en el hierro sólido el hierro de reducción directa es 0,2 % en masa o más, incluyendo el método una etapa en un primer horno para fundir del 40 al 95 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido y separar un arrabio fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 al 5,0 % en masa y una temperatura de 1350 a 1550 °C y una escoria que tiene una basicidad de 1,0 a 1,4 y una etapa en un segundo horno para fundir un resto del hierro de reducción directa en estado sólido junto con el arrabio fundido separado en el primer horno, y soplar oxígeno sobre el material fundido para descarburar en un acero fundido.

$$C_x = [C] - [\text{FeO}] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

En la fórmula, Cx: exceso de contenido de carbono (% en masa), [C]: contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa), [FeO]: Contenido de FeO del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa).

- 5 El objeto, características y ventajas de la presente invención se aclararán a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La FIG. 1 es un diagrama de flujo de un método para producir un acero fundido de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un gráfico que muestra un ejemplo de una relación entre una cantidad de carbono contenida en un hierro fundido y una cantidad de hierro total que puede estar contenida en una escoria que coexiste con el hierro fundido.

- 15 La FIG. 3 es una vista en sección vertical de un horno eléctrico de fabricación de hierro que se puede utilizar en el método para producir acero fundido de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de realización

- 20 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá específicamente un método para producir un acero fundido de acuerdo con una realización de la presente invención, aunque la presente invención no se limita a los mismos.

[Método para producir acero fundido]

- 25 Un método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización es un método para producir un acero fundido utilizando hierro de reducción directa en estado sólido como materia prima, en el que el hierro de reducción directa en estado sólido contiene 3,0 % en masa o más de SiO_2 y Al_2O_3 en total y 1,0 % en masa o más de carbono, una proporción de un hierro metálico con respecto al contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido es del 90 % en masa o más, y un exceso de contenido de carbono Cx especificado por la siguiente fórmula (1) con respecto a los carbonos contenidos en el hierro sólido. El hierro de reducción directa en estado sólido es del 0,2 % en masa o más.

$$35 \quad Cx = [C] - [FeO] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947... \quad (1)$$

En la fórmula, Cx: exceso de contenido de carbono (% en masa), [C]: contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa), [FeO]: Contenido de FeO del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa).

- 40 De acuerdo con la configuración anterior, es posible proporcionar un método para producir un acero fundido con un alto rendimiento incluso si se utiliza un mineral de hierro de baja ley como materia prima para un hierro de reducción directa en estado sólido.

- 45 De forma adicional, el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización, como se muestra en el diagrama de flujo de la FIG. 1, incluye una etapa en un primer horno para fundir del 40 al 95 % en masa de un hierro de reducción directa en estado sólido y separar un arrabio fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 al 5,0 % en masa y una temperatura de 1350 a 1550 °C, y una escoria que tiene una basicidad de 1,0 a 1,4 (en lo sucesivo, denominada "etapa en el primer horno") y una etapa en un segundo horno para fundir un resto del hierro de reducción directa en estado sólido junto con el arrabio fundido separado en el primer horno, e inyectar oxígeno sobre el material fundido para descarburarlo en un acero fundido (en lo sucesivo, denominado "etapa en el segundo horno").

Seguidamente, se describirá cada requisito del método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización.

- 55 (Hierro de reducción directa en estado sólido)

- En el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización, se utiliza un hierro de reducción directa en estado sólido que tiene un contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del 3,0 % en masa o más. Como hierro de reducción directa en estado sólido, por ejemplo, pueden usarse fuentes de óxido de hierro como mineral de hierro, que se reducen en estado sólido con un material carbonoso o un gas reductor. No existen restricciones particulares sobre el método para producir hierro de reducción directa en estado sólido, y se pueden aplicar métodos de producción que utilizan plantas de producción de hierro de reducción directa conocidas tales como hornos de solera rotatoria, hornos de reducción de tipo solera móvil, tales como de parrilla recta, hornos verticales, tales como hornos de cuba, y hornos rotativos, tales como hornos rotativos.

- 65 Cuando el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del hierro de reducción directa en estado sólido es inferior al 3,0 % en masa,

la ley de la fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro, utilizada para producir hierro de reducción directa en estado sólido es alta. Incluso si dicho hierro de reducción directa en estado sólido se funde directamente en el segundo horno, la cantidad de escoria generada como subproducto es pequeña, de modo que se pueda obtener un acero fundido con un alto rendimiento. Como resultado, cuando el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del hierro de reducción directa en estado sólido es inferior al 3,0 % en masa, no es necesario aplicar el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización en el que el hierro de reducción directa en estado sólido se convierte en arrabio fundido en el primer horno antes del segundo horno. Por lo tanto, en el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización, se utiliza un hierro de reducción directa en estado sólido que tiene un contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del 3,0 % en masa o más.

El contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido se establece en 1,0 % en masa o más. Cuando el hierro de reducción directa en estado sólido se funde en el primer horno, el FeO en el hierro de reducción directa en estado sólido se reduce por el carbono contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido, generando así gas CO . Al establecer el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido en 1,0 % en masa o más, se puede generar un volumen suficiente de gas CO y, por tanto, se puede conseguir una formación de espuma de escoria suficiente mediante el gas CO generado. Es posible un calentamiento eficiente realizando un calentamiento por arco en esta escoria espumada. Desde este punto de vista, el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido es preferentemente del 1,5 % en masa o más.

Por otro lado, si el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido es excesivo, la concentración de carbono del arrabio fundido puede exceder una concentración de carbono saturado. Cuando la concentración de carbono del arrabio fundido excede la concentración de carbono saturado, el carbono que no ha contribuido a la reacción de reducción del FeO se descarga al exterior del horno junto con la escoria o gas de escape que se va a desechar. Por lo tanto, el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido es preferentemente del 7,0 % en masa o menos, y más preferentemente del 6,0 % en masa o menos.

La proporción entre un hierro metálico y el contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido (en lo sucesivo, también denominado "tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido" o simplemente "tasa de metalización") se establece en 90 % en masa o más. Al establecer la tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido al 90 % en masa o más, se puede producir un acero fundido con un alto rendimiento mediante el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización.

Cuando la tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido es inferior al 90 % en masa, aumenta el contenido de FeO en el hierro de reducción directa en estado sólido. El contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido se puede aumentar en un proceso de carburación realizado durante la producción del hierro de reducción directa en estado sólido. Sin embargo, existe un límite superior para el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido que es industrialmente viable. Por lo tanto, cuando el contenido de FeO en el hierro de reducción directa en estado sólido es alto, en el primer horno permanece el FeO que no es reducido por el carbono contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido. El FeO no reducido se eluye en una escoria tal cual y se descarga del primer horno junto con la escoria. Como se ha descrito anteriormente, cuando la tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido es inferior al 90 % en masa, es difícil producir un acero fundido con un alto rendimiento incluso si se aplican la etapa en el primer horno y la etapa en el segundo horno de acuerdo con la presente realización. Por lo tanto, en el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización, la tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido se establece en 90 % en masa o más. De forma adicional, cuando el contenido de FeO en el hierro de reducción directa en estado sólido es alto, también aumenta la energía necesaria para reducir el FeO en la etapa del primer horno y en la etapa del segundo horno. Por lo tanto, la tasa de metalización del hierro de reducción directa en estado sólido es más preferentemente del 92 % en masa o más. Cuanto mayor sea la tasa de metalización, más preferible resulta ser la tasa de metalización, por lo que no existe un límite superior particular. Sin embargo, dado que una tasa de metalización excesivamente alta reduce en gran medida la productividad del hierro de reducción directa en estado sólido en un proceso de producción de hierro de reducción directa en estado sólido, la tasa de metalización es preferentemente del 98 % en masa o menos, más preferentemente del 97 % en masa o menos.

Del carbono contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido, el contenido de exceso de carbono C_x especificado por la fórmula (1) anterior se establece en 0,2 % en masa o más. El exceso de contenido de carbono C_x es una cantidad de carbono restante (en lo sucesivo, también denominado "exceso de carbono") cuando todo el FeO contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido se reduce con el carbono contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido. Al establecer el exceso de contenido de carbono C_x en 0,2 % en masa o más, cuando el hierro de reducción directa en estado sólido se funde en el primer horno, todo el FeO contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido se reduce por el carbono contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido. Por lo tanto, se puede suprimir la elución del FeO contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido hacia la escoria.

De manera adicional, dado que el contenido de carbono en el hierro fundido puede aumentar con el exceso de carbono, es posible reducir la proporción de carburación exterior necesaria para obtener un arrabio fundido con un contenido

de carbono de 2,0 a 5,0 % en masa. En este punto, "carburización exterior" significa cargar carbón en un horno junto con hierro de reducción directa en estado sólido. Por otro lado, "carburación interior" significa que se hace que el hierro de reducción directa en estado sólido contenga carbono. Dicha carburación interior se realiza, por ejemplo, en la producción de hierro de reducción directa en estado sólido. Dado que la carburación exterior es inferior a la carburación interior en cuanto a eficiencia de carburación, la eficiencia de carburación se puede mejorar en su conjunto estableciendo el exceso de contenido de carbono Cx en 0,2 % en masa o más. En este punto, la "eficiencia de cementación" significa la proporción entre el carbono disuelto en el arrabio fundido y los carbonos cargados en el horno mediante la cementación exterior o la cementación interior.

El contenido de carbono en exceso Cx es preferentemente del 0,2 % en masa o más, y más preferentemente del 0,5 % en masa o más. Si el exceso de contenido de carbono Cx es excesivo, la concentración de carbono del arrabio fundido puede exceder la concentración de carbono saturado. Cuando la concentración de carbono del arrabio fundido excede la concentración de carbono saturado, como se ha descrito anteriormente, el carbono que no ha contribuido a la reacción de reducción del FeO se descarga al exterior del horno junto con la escoria o el gas de escape que se va a desechar. Por lo tanto, el contenido de carbono en exceso Cx es preferentemente del 6,0 % en masa o menos, y más preferentemente del 5,0 % en masa o menos.

A continuación, se describirá cada etapa del método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización.

(Etapa en el primer horno)

En el primer horno, se funde del 40 al 100 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido, que es una materia prima para un acero fundido. La proporción de hierro de reducción directa en estado sólido que se va a fundir en el primer horno se puede determinar dependiendo de, por ejemplo, el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido, la cantidad diana de escoria que se producirá a partir del resto del hierro de reducción directa en estado sólido en el segundo horno, y similares. Es preferible que cuanto mayor sea el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 , mayor será la proporción del hierro de reducción directa en estado sólido fundido en el primer horno. Esto se debe a que cuanto mayor sea la proporción de hierro de reducción directa en estado sólido fundido en el primer horno, menor será la cantidad de escoria generada en el segundo horno, para que el rendimiento del acero fundido pueda ser mayor. Por otro lado, si la proporción de hierro de reducción directa en estado sólido fundido en el primer horno aumenta más de lo necesario, aumenta la cantidad de energía eléctrica utilizada por 1 tonelada de acero fundido combinado en la etapa en el primer horno y en la etapa en el segundo horno. Por lo tanto, la proporción del hierro de reducción directa en estado sólido que se va a fundir en el primer horno es preferentemente del 45 % en masa o más, y más preferentemente del 50 % en masa o más. La proporción de hierro de reducción directa en estado sólido que se debe fundir en el primer horno es igual o inferior al 95 % en masa, más preferentemente del 90 % en masa o menos.

Para el primer horno, por ejemplo, se puede utilizar un horno eléctrico para fabricar hierro que se describe más adelante.

El hierro de reducción directa en estado sólido se carga en el primer horno y se calienta, y se añaden materiales formadores de escoria, como cal viva y dolomita, según sea necesario de acuerdo con el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del hierro de reducción directa en estado sólido. Además, se realiza la carburación exterior según sea necesario de acuerdo con el contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido, seguida de fusión. Mediante estos procesos, se separan un arrabio fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 al 5,0 % en masa y una temperatura de 1350 a 1550 °C y una escoria que tiene una basicidad de 1,0 a 1,4. Para reducir la energía necesaria para el calentamiento, el hierro de reducción directa en estado sólido cargado en el primer horno está preferentemente en un estado antes de que la temperatura baje después de su producción.

La FIG. 2 es un gráfico que muestra un ejemplo de una relación entre una cantidad de carbono contenida en el hierro fundido y una cantidad de hierro total que puede estar contenida en la escoria que coexiste con el hierro fundido. Como se muestra en la FIG. 2, en general, cuanto mayor sea la cantidad de carbono contenida en el hierro fundido, menor será la cantidad de hierro total que puede contener la escoria. Es decir, el arrabio fundido que tiene un contenido de carbono relativamente alto está contenido en una cantidad menor en la escoria que el acero fundido que tiene un contenido de carbono relativamente bajo. En la presente realización, el arrabio fundido se refiere a un hierro fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 % en masa o más, y el acero fundido se refiere a un hierro fundido que tiene un contenido de carbono de menos del 2,0 % en masa.

En la etapa en el primer horno de acuerdo con la presente realización, el contenido de carbono del arrabio fundido se fija entre un 2,0 y un 5,0 % en masa. Como resultado, se puede reducir la cantidad de hierro total que puede contener la escoria y se puede reducir la cantidad de hierro que se transfiere a la escoria. Por lo tanto, se puede reducir la cantidad de hierro total descargado junto con la escoria, y se puede suprimir la disminución en el rendimiento del arrabio fundido. De forma adicional, como resultado, es posible suprimir una disminución del rendimiento del acero fundido obtenido en el segundo horno. El contenido de carbono del arrabio fundido es preferentemente del 3,0 % en masa o más.

En el primer horno, la temperatura del arrabio fundido se fija entre 1350 y 1550 °C. Como resultado, el carbono contenido en el hierro fundido se puede disolver para llevar el contenido de carbono del arrabio fundido a entre un 2,0 y un 5,0 % en masa. Al ajustar la temperatura del arrabio fundido a 1350 °C o más, la viscosidad de la escoria disminuye, de modo que el arrabio fundido y la escoria se puedan separar fácilmente, y cada uno de los arrabios fundidos y la escoria se puedan descargar fácilmente del primer horno. Por otro lado, ajustando la temperatura del arrabio fundido a 1550 °C o menos, es posible suprimir la erosión del revestimiento refractario del primer horno. La temperatura del arrabio fundido es preferentemente de 1400 °C o superior. Además, la temperatura del arrabio fundido es preferentemente de 1530 °C o menos.

La basicidad de la escoria se fija entre 1,0 y 1,4. Al establecer la basicidad de la escoria en 1,4 o menos, se puede garantizar la fluidez de la escoria y la escoria se puede descargar fácilmente del primer horno. De forma adicional, cuando se utiliza un refractario básico como revestimiento refractario del primer horno, la erosión del refractario debida a la escoria se puede suprimir estableciendo la basicidad de la escoria en 1,0 o más. En este punto, la basicidad de la escoria significa una proporción de masa de CaO a SiO₂ (CaO/SiO₂) con respecto a CaO y SiO₂ contenida en la escoria. La basicidad de la escoria se puede ajustar ajustando la cantidad de material formador de escoria que se va a cargar en el primer horno junto con el hierro de reducción directa en estado sólido.

(Etapa en el Segundo Horno)

En el segundo horno, el resto del hierro de reducción directa en estado sólido se funde junto con el arrabio fundido separado en el primer horno, y se sopla oxígeno sobre el material fundido para descarburarlo en un acero fundido. Dado que en el primer horno se debe fundir entre el 40 y el 95 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido, el resto del hierro de reducción directa en estado sólido que se va a fundir en el segundo horno es del 5 al 60 % en masa. Es decir, cuando la cantidad total de hierro de reducción directa en estado sólido (100 % en masa) se funde en el primer horno, no hay hierro de reducción directa en estado sólido (0 % en masa) para fundir en el segundo horno.

Como segundo horno, se puede utilizar un horno de arco eléctrico general (EAF) que genera plasma de arco para realizar calentamiento. El arrabio fundido obtenido en el primer horno se vierte en el segundo horno, el resto del hierro de reducción directa en estado sólido se carga en él, y luego el arrabio fundido y el hierro de reducción directa en estado sólido se calientan y funden. En este momento, basándose en la composición del hierro de reducción directa en estado sólido y similares, según sea necesario, se puede añadir apropiadamente al material fundido un material formador de escoria tal como cal viva y dolomita.

El material fundido alojado en el segundo horno contiene arrabio fundido incrementado al fundir el hierro de reducción directa en estado sólido y una escoria generada a partir de SiO₂, Al₂O₃, etc. contenidos en el hierro de reducción directa en estado sólido. Se sopla oxígeno desde la superficie superior del material fundido o desde la parte inferior del horno para oxidar el carbono contenido en el arrabio fundido y eliminar el carbono como monóxido de carbono. Como resultado, se puede obtener un acero fundido. De forma adicional, en caso necesario, la composición de la escoria se puede ajustar con un material formador de escoria para transferir las impurezas contenidas en el arrabio fundido a la escoria, de modo que el contenido de impurezas del acero fundido pueda ajustarse a un valor deseado.

La basicidad de la escoria en el segundo horno no está particularmente limitada, pero cuando se utiliza un refractario básico en la porción del segundo horno en contacto con la escoria, la basicidad de la escoria es preferentemente alta, por Ejemplo 1,8, para suprimir la erosión del refractario básico.

De forma adicional, la cantidad de carbono contenida en el acero fundido después de la descarburación se puede ajustar a un valor deseado de acuerdo con el uso de un acero obtenido solidificando el acero fundido.

Además, se puede cargar chatarra de hierro en el segundo horno además del arrabio fundido obtenido en el primer horno y el resto del hierro de reducción directa en estado sólido. Es más, toda la cantidad de arrabio fundido obtenido en el primer horno se puede verter en el segundo horno tal cual. Una parte del arrabio fundido obtenido en el primer horno se enfría y se cuela en un arrabio, y el arrabio se añade al arrabio fundido obtenido en el primer horno y el resto del hierro de reducción directa en estado sólido y luego se carga en el segundo horno. De forma adicional, el arrabio puede venderse en el exterior como materia prima para un horno de fabricación de acero.

De acuerdo con el método para producir un hierro fundido de acuerdo con la presente realización, como se ha descrito anteriormente, la disminución en el rendimiento del arrabio fundido se puede suprimir en el primer horno, y el acero fundido se puede obtener a partir del arrabio fundido en el segundo horno, para que dicho acero fundido se pueda obtener con un alto rendimiento incluso si se utiliza un mineral de hierro de baja ley como materia prima para el hierro de reducción directa en estado sólido.

(Cuando se funde toda la cantidad de hierro de reducción directa en estado sólido en el primer horno); esta realización no forma parte de la invención reivindicada.

Como se ha descrito anteriormente, cuando toda la cantidad de hierro de reducción directa en estado sólido (100 %

en masa) se funde en el primer horno, no hay hierro de reducción directa en estado sólido (0 % en masa) que pueda fundirse directamente en el segundo horno sin pasar por el primero. Por lo tanto, en el segundo horno, sólo se descabura el arrabio fundido separado en el primer horno. En este caso, dado que el arrabio fundido no se enfría mediante el hierro de reducción directa en estado sólido y no es necesario calentar el arrabio fundido, se puede utilizar un convertidor como segundo horno. Esto permite reducir la energía necesaria para producir el acero fundido en el segundo horno. Cuando se utiliza un convertidor, se carga un material formador de escoria en el convertidor junto con el arrabio fundido según sea necesario, y se sopla oxígeno sobre el arrabio fundido desde al menos uno de los lados superior e inferior para descaburizar el arrabio fundido.

10 [Horno eléctrico para fabricar hierro]

A continuación, se describirá un horno eléctrico de fabricación de hierro (EIF) que puede usarse como primer horno en el método para producir un acero fundido de la presente realización.

15 La FIG. 3 es una vista en sección transversal vertical de un horno eléctrico de fabricación de hierro. Un horno eléctrico de fabricación de hierro 10 es un horno de fusión estacionario de tipo no basculante que funde hierro de reducción directa en estado sólido mediante calentamiento por arco compuesto principalmente de calor radiante. En lo sucesivo en el presente documento, los números de referencia descritos en los dibujos indican 1: hierro de reducción directa en estado sólido, 2: arrabio fundido, 3: escoria, y 5a: arco.

20 El horno eléctrico de fabricación de hierro 10 tiene un cuerpo principal 11 que alberga un hierro de reducción directa 1 en estado sólido, un arrabio fundido 2 y una escoria 3; un electrodo 5 dispuesto en la parte superior del cuerpo principal 11 para calentar el hierro de reducción directa 1 en estado sólido, arrabio fundido 2 y escoria 3 alojados en el cuerpo principal 11 mediante un arco 5a; una parte de carga 6 para cargar el hierro 1 de reducción directa en estado sólido en el cuerpo principal 11; una parte de escape 7 para descargar el gas y el polvo generados al calentar el hierro de reducción directa 1 en estado sólido, el arrabio fundido 2 y la escoria 3; una parte de tapa 8 que cubre el cuerpo principal 11 desde arriba; y una parte de enfriamiento 9 que enfría el cuerpo principal 11. La parte de tapa 8 está provista de un orificio pasante a través del cual penetran el electrodo 5, la parte de carga 6 y la parte de escape 7. De forma adicional, el cuerpo principal 11 está provisto de un orificio de salida de escoria 11a para descargar la escoria 3 y un orificio de drenaje 11b dispuesto debajo del orificio de salida de escoria 11a para descargar el arrabio fundido 2 de tal manera que penetre respectivamente en la pared. El orificio de salida de escoria 11a y el orificio de drenaje 11b pueden cerrarse con una boquilla de inyección y abrirse con un taladro.

35 La parte de enfriamiento 9 tiene un primer miembro de enfriamiento 9a proporcionado para rodear la periferia exterior del cuerpo principal 11 y un segundo miembro de enfriamiento 9b proporcionado por encima de la parte de tapa 8. Cada uno del primer miembro de enfriamiento 9a y el segundo miembro de enfriamiento 9b tiene una estructura de enfriamiento por agua y enfrían el cuerpo principal 11 y la parte de tapa 8. El primer miembro de enfriamiento 9a y el segundo miembro de enfriamiento 9b pueden tener una estructura de enfriamiento por aire. Al proporcionar la parte de enfriamiento 9, el cuerpo principal 11 se puede enfriar y se puede suprimir la erosión del material refractario que constituye el cuerpo principal 11.

45 El horno eléctrico de fabricación de hierro 10 tiene una estructura cerrada que puede mantener el interior del horno en una atmósfera predeterminada. Por lo tanto, las piezas que pueden reducir la estanqueidad en el horno, tales como partes de conexión entre la parte de tapa 8 y el extremo superior del cuerpo principal 11 y partes que entran en contacto con el electrodo 5 y la parte de escape 7 de la parte de tapa 8, están selladas mediante una técnica conocida como el sello de nitrógeno o el anillo de sello cerámico. De forma adicional, entre la parte de carga 6 y la parte de tapa 8 se proporciona una parte sellada 6a que combina un sello de material mediante una tolva y un alimentador para descargar el hierro de reducción directa 1 en estado sólido desde la tolva. La estructura de la parte sellada 6a no se limita a esto.

50 A continuación, se describirá un método para producir arrabio fundido 2 utilizando el horno eléctrico de fabricación de hierro 10. El hierro 1 de reducción directa en estado sólido y, en caso necesario, un material formador de escoria tal como cal viva y dolomita y un material de carburación exterior se cargan en el cuerpo principal 11 a través de la parte de carga 6. Después de esto, el electrodo 5 se energiza y el hierro 1 de reducción directa en estado sólido se calienta mediante el arco 5a generado desde la punta del electrodo 5. A medida que aumenta la temperatura del hierro 1 de reducción directa en estado sólido, el óxido de hierro (FeO) contenido en el hierro 1 de reducción directa en estado sólido se reduce primero por el carbono contenido en el hierro 1 de reducción directa en estado sólido. En este momento, se genera monóxido de carbono y la atmósfera dentro del cuerpo principal 11 se convierte en una atmósfera reductora compuesta principalmente de monóxido de carbono. A continuación, se funde un hierro metálico contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido, y el carbono contenido en el hierro 1 de reducción directa en estado sólido se disuelve en el hierro metálico fundido, de modo que el contenido de carbono en el hierro metálico aumenta para producir el arrabio fundido 2. De forma adicional, el SiO₂ y el Al₂O₃ contenidos en el hierro de reducción directa en estado sólido se funden para formar la escoria 3 como subproducto, que flota sobre el arrabio fundido 2. Una vez producida la escoria 3, la punta del electrodo 5 se dispone dentro de la escoria 3 para generar el arco 5a dentro de la escoria 3.

65 Mientras el electrodo 5 está energizado, el hierro 1 de reducción directa en estado sólido, el material formador de

escoria y el material de carburación exterior se cargan continuamente en el cuerpo principal 11, y las cantidades de arrabio fundido 2 y escoria 3 aumentan gradualmente para elevar el nivel del líquido. Cuando el nivel de líquido del arrabio fundido 2 alcanza una altura predeterminada por debajo del orificio de salida de escoria 11a, o cuando el nivel de líquido de la escoria 3 alcanza una altura predeterminada por encima del orificio de salida de escoria 11a, se abre el orificio de salida de escoria 11a para comenzar a descargar la escoria 3, y se ajusta la altura del nivel de líquido de la escoria 3. El nivel de líquido de la escoria 3 se mantiene por encima del extremo superior del orificio de salida de escoria 11a de modo que se mantiene la atmósfera dentro del cuerpo principal 11. De forma adicional, el espesor de la escoria 3 se mantiene al menos igual o mayor que un espesor predeterminado de modo que el arco 5a pueda generarse en la escoria 3. Como resultado, la escoria 3 se puede descargar continuamente desde el cuerpo principal 11 mientras que el hierro 1 de reducción directa en estado sólido se carga continuamente en el cuerpo principal 11.

Cuando el nivel de líquido de la escoria 3 cae hasta el extremo superior del orificio de salida de escoria 11a o cuando el espesor de la escoria 3 alcanza el espesor predeterminado mencionado anteriormente, el orificio de salida de escoria 11a está cerrado, y cuando el nivel de líquido del arrabio fundido 2 alcanza una altura predeterminada por debajo del orificio de salida de escoria 11a o cuando el nivel de líquido de la escoria 3 alcanza una altura predeterminada por encima del orificio de salida de escoria 11a, se abre de nuevo el orificio de salida de escoria 11a. Cabe señalar que la altura del nivel de líquido del arrabio fundido 2 y el espesor de la escoria 3 se estiman a partir de la cantidad de hierro de reducción directa 1 en estado sólido cargado en el cuerpo principal 11.

De forma adicional, cuando el nivel de líquido del arrabio fundido 2 alcanza una altura predeterminada por encima del orificio de drenaje 11b, se inicia la descarga del arrabio fundido 2 y se ajusta la altura del nivel de líquido del arrabio fundido 2. El nivel de líquido del arrabio fundido 2 se mantiene por encima del orificio de drenaje 11b de modo que la escoria 3 no se descargue junto con el arrabio fundido 2. Como resultado, el arrabio fundido 2 se puede descargar continuamente desde el cuerpo principal 11 mientras que el hierro de reducción directa 1 en estado sólido se carga continuamente en el cuerpo principal 11.

Cuando el nivel de líquido del arrabio fundido 2 desciende hasta el extremo superior del orificio de drenaje 11b, el orificio de drenaje 11b se cierra, y cuando el nivel de líquido del arrabio fundido 2 alcanza una altura predeterminada o cuando el nivel de líquido de la escoria 3 alcanza una altura predeterminada por encima del orificio de salida de escoria 11a, se vuelve a abrir el orificio de drenaje 11b.

Como se ha descrito anteriormente, utilizando el horno eléctrico de fabricación de hierro mencionado anteriormente como primer horno en el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente realización, se puede producir continuamente un arrabio a partir del hierro de reducción directa en estado sólido y se puede producir de manera eficiente, para que se pueda producir de manera eficiente un acero fundido en su conjunto.

La presente memoria descriptiva divulga diversos aspectos de las técnicas descritas anteriormente, y las técnicas principales se resumen a continuación.

Como se ha descrito anteriormente, el método para producir un acero fundido de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método para producir un acero fundido utilizando hierro de reducción directa en estado sólido como materia prima, en el que el hierro de reducción directa en estado sólido contiene 3,0 % en masa o más de SiO_2 y Al_2O_3 en total y 1,0 % en masa o más de carbono, una proporción de un hierro metálico con respecto al contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido es del 90 % en masa o más, y un exceso de contenido de carbono C_x especificado por la siguiente fórmula (1) con respecto a los carbonos contenidos en el hierro sólido el hierro de reducción directa es 0,2 % en masa o más, incluyendo el método una etapa en el primer horno para fundir del 40 al 95 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido y separar un arrabio fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 al 5,0 % en masa y una temperatura de 1350 a 1550 °C y una escoria que tiene una basicidad de 1,0 a 1,4 y una etapa en el segundo horno para fundir un resto del hierro de reducción directa en estado sólido junto con el arrabio fundido separado en el primer horno, y soplar oxígeno sobre el material fundido para descartar en un acero fundido.

$$C_x = [C] - [\text{FeO}] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

En la fórmula, C_x : exceso de contenido de carbono (% en masa), $[C]$: contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa), $[\text{FeO}]$: Contenido de FeO del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa).

De acuerdo con esta configuración, se puede reducir la cantidad de hierro total que puede contener la escoria separada en el primer horno, y se puede reducir la cantidad de hierro total que se descarga junto con la escoria. Por lo tanto, se puede suprimir una disminución en el rendimiento del arrabio fundido en el primer horno, y el acero fundido se puede obtener a partir del arrabio fundido en el segundo horno. De este modo, incluso si se utiliza un mineral de hierro de baja ley como materia prima para el hierro de reducción directa en estado sólido, se puede obtener acero fundido con un alto rendimiento.

En el primer horno que tiene la configuración anterior, el hierro de reducción directa en estado sólido puede fundirse

mediante un arco, y el arrabio fundido y la escoria pueden descargarse continuamente, respectivamente, del primer horno.

Como resultado, el arrabio fundido se puede producir de manera eficiente en el primer horno, de modo que el acero fundido pueda producirse eficientemente mediante el método de producción de acero fundido en su conjunto.

En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describirá más específicamente con referencia a ejemplos. Los siguientes ejemplos no deben interpretarse como limitativos del alcance de la invención, y la presente invención puede implementarse con modificaciones que se añadan dentro de un alcance adaptable a los fines descritos anteriormente y a continuación, y cualquiera de ellos debe incluirse dentro del intervalo técnico de la presente invención.

Ejemplos

(Condiciones de ensayo)

Se realizó una simulación por ordenador con respecto a la producción de acero fundido de los siguientes números de ensayo 1 a 3 usando el horno eléctrico de fabricación de hierro (primer horno) y el horno de arco eléctrico (segundo horno) descritos anteriormente y usando hierros de reducción directa en estado sólido, cada uno de los cuales tiene la composición se muestra en la Tabla 1 como materia prima. El hierro A1 de reducción directa en estado sólido se produjo a partir de un mineral de hierro de baja ley como materia prima y tenía un contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del 7,63 % en masa. El hierro A2 de reducción directa en estado sólido se produjo a partir de un mineral de hierro de alta ley como materia prima y tenía un contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 del 2,47 % en masa. La tasa de metalización era del 94,0 % en cada caso. "Fe T." que se muestra en la Tabla 1 significa un contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido.

[Tabla 1]

Hierro de reducción directa en estado sólido	Composición de los componentes (% en masa)						SiO_2 + Al_2O_3	Tasa de metalización (%)
	Fe T.	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	C		
A1	88,3	7,63	0,00	0,47	0,51	1,5	7,63	94,0
A2	93,1	1,72	0,75	0,89	0,34	1,5	2,47	94,0

(Ensayo 1)

El Ensayo 1 es un ejemplo de la presente invención. En el Ensayo 1, el ensayo se llevó a cabo utilizando el hierro A1 de reducción directa en estado sólido. En el primer horno, el 70 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido se convirtió en arrabio fundido. En el segundo horno, el resto del hierro de reducción directa en estado sólido se fundió junto con el arrabio fundido obtenido en el primer horno y luego se descarburó para obtener un acero fundido.

En el primer horno, se cargó hierro de reducción directa en estado sólido a 500 °C en un horno eléctrico de fabricación de hierro y el contenido de carbono del arrabio fundido se fijó en 3,0 % en masa. En el segundo horno, se cargó hierro de reducción directa en estado sólido a 25 °C en un horno de arco eléctrico y el contenido de carbono del acero fundido se ajustó al 0,05 % en masa.

Tanto en el primer horno como en el segundo horno, se utilizan cal viva y dolomita como material para producir escoria y, como se muestra en las Tablas 2 y 3, la basicidad de la escoria se fijó en 1,3 en el primer horno y en 1,8 en el segundo horno. La temperatura del arrabio fundido del primer horno es más baja que la temperatura del acero fundido del segundo horno, y el contenido de FeO de la escoria también es bajo, de modo que se reduzca la carga sobre el refractario básico para permitir reducir la basicidad de la escoria del primer horno.

(Ensayo 2 y Ensayo 3)

El Ensayo 2 y el Ensayo 3 son ejemplos comparativos. El ensayo se realizó utilizando el hierro A1 de reducción directa en estado sólido en el Ensayo 2 y el hierro A2 de reducción directa en estado sólido en el Ensayo 3. Tanto en el Ensayo 2 como en el Ensayo 3, todo (100 % en masa) el hierro de reducción directa en estado sólido se fundió en el segundo horno y se descarburó para obtener un acero fundido. Por lo tanto, en el Ensayo 2 y el Ensayo 3, no se utilizó el primer horno.

Tanto en el Ensayo 2 como en el Ensayo 3, se cargó un hierro de reducción directa en estado sólido a 500 °C en un horno de arco eléctrico y el contenido de carbono del acero fundido se ajustó al 0,05 % en masa. Además, se utilizaron cal viva y dolomita como material para producir escoria, y la basicidad de la escoria se estableció en 1,8 como se muestra en la Tabla 3.

[Tabla 2]

Primer horno	Ensayo 1
Basicidad de la escoria	1,3
Contenido de MgO de la escoria (% en masa)	15
Contenido de FeO de la escoria (% en masa)	1,0
Contenido de carbono del arrabio fundido (% en masa)	3,0
Temperatura del arrabio fundido (°C)	1530
Cantidad de hierro de reducción directa (500 °C) utilizado (kg/t)	1098
Cantidad de cal viva utilizada (kg/t)	88,3
Cantidad de dolomita utilizada (kg/t)	55,4
Cantidad de carbono utilizado (kg/t) (carburación exterior)	28,50
Cantidad de oxígeno utilizado (Nm³/t)	0
Cantidad de energía eléctrica utilizada (kWh/t)	591,1
Cantidad de escoria producida (kg/t)	237
Rendimiento de arrabio fundido (%)	99,8

[Tabla 3]

5

Segundo horno	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Basicidad de la escoria	1,8	1,8	1,8
Contenido de MgO de la escoria (% en masa)	12	12	12
Contenido de FeO de la escoria (% en masa)	25,0	25,0	25,0
Contenido de carbono del acero fundido (% en masa)	0,05	0,05	0,05
Temperatura del acero fundido (°C)	1630	1630	1630
Cantidad de arrabio fundido (1300 °C) utilizado	744,23	0	0
Cantidad de hierro de reducción directa (25 °C) utilizado (kg/t)	355,1	0	0
Cantidad de hierro de reducción directa (500 °C) utilizado (kg/t)	0	1231	1095
Cantidad de cal viva utilizada (kg/t)	54,9	149,4	19,3
Cantidad de dolomita utilizada (kg/t)	34	87,0	18,4
Cantidad de energía eléctrica utilizada (kWh/t)	203,9	542,5	461,5
Cantidad de carbono utilizado (kg/t) (carburación exterior)	0	0	0
Cantidad de oxígeno utilizado (Nm³/t)	31,7	23,2	7,6
Cantidad de escoria producida (kg/t)	169	456	104
Rendimiento del acero fundido (%)	96,8	91,9	98,0

(Resultados del ensayo)

10 La Tabla 2 muestra la cantidad de materias primas y energía eléctrica utilizadas para la producción por 1 tonelada de arrabio fundido, la cantidad de escoria producida y el rendimiento del arrabio fundido. La Tabla 3 muestra la cantidad de materias primas y energía eléctrica utilizadas para la producción por 1 tonelada de acero fundido, la cantidad de escoria producida y el rendimiento del acero fundido. La Tabla 4 muestra las cantidades de materias primas y energía eléctrica utilizadas en la producción por 1 tonelada de acero fundido obtenido combinando la etapa en el primer horno y la etapa en el segundo horno, y el rendimiento del acero fundido. En este punto, el rendimiento del arrabio fundido es la proporción (% en masa) entre el contenido de hierro recuperado como arrabio fundido y el contenido de hierro cargado en el primer horno como hierro de reducción directa en estado sólido. En cuanto al rendimiento del acero fundido, la proporción (% en masa) de hierro recuperado como acero fundido con respecto al contenido de hierro cargado en el segundo horno como hierro de reducción directa en estado sólido y arrabio fundido en el Ensayo 1 y como hierro de reducción directa en estado sólido en el Ensayo 2 y el Ensayo 3. En cuanto al Ensayo 1, el "rendimiento de acero fundido total" en la Tabla 4 se calculó como un porcentaje (% en masa) del contenido de hierro recuperado como acero fundido en el segundo horno con respecto al contenido de hierro total cargado en el primer horno y en el segundo horno como hierro de reducción directa en estado sólido,

(Ensayo 1)

25

En el Ensayo 1, el contenido de carbono del arrabio fundido llegaba al 3,0 % en el primer horno, de modo que el

contenido de FeO de la escoria fuera tan bajo como 1,0 % en masa. Como resultado, se pudo suprimir el contenido de hierro descargado junto con la escoria y se pudo producir arrabio fundido con un alto rendimiento del 99,8 %. La cantidad de escoria generada en el primer horno fue de 237 kg/t, cantidad que no generó ningún problema operativo.

En el segundo horno, el contenido de carbono del acero fundido se redujo al 0,05 % en masa, de modo que el contenido de FeO de la escoria llegaba al 25,0 % en masa. Sin embargo, la cantidad de escoria producida fue de 169 kg/t, que fue significativamente menor que la cantidad de 456 kg/t de escoria producida en el Ensayo 2 en la que la cantidad total del mismo hierro A1 de reducción directa en estado sólido se fundió en el segundo horno, y la cantidad de hierro descargada con la escoria podría ser reducido. Además, la cantidad de escoria fue una cantidad que no causó ningún problema operativo.

El rendimiento del acero fundido total en todo el proceso en el primer horno y en el segundo horno es tan alto como 96,7 %, e incluso si se utilizó un mineral de hierro de baja ley como materia prima para el hierro de reducción directa en estado sólido, se podría obtener acero fundido con un alto rendimiento.

(Ensayo 2)

En el Ensayo 2, el contenido de carbono del acero fundido se redujo al 0,05 % en masa en el segundo horno, de modo que el contenido de FeO de la escoria llegaba al 25,0 % en masa. Además, ya que el primer horno no se utilizó, la cantidad total de escoria se generó en el segundo horno. Como resultado, se descargó una gran cantidad de hierro junto con la escoria y el rendimiento del acero fundido fue tan solo del 91,9 %.

Además, la cantidad de escoria producida llegó a 456 kg/t. La escoria producida en una cantidad tan grande necesita mucho tiempo para fundir un material que forma escoria, y lleva mucho tiempo descargar la escoria fundida del segundo horno, lo que reduce significativamente la productividad del acero fundido. Además, dado que una gran cantidad de escoria se mantiene en el horno y se funde, fue necesario modificar el equipo, tal como levantar la carcasa del horno. Una cantidad tan grande de escoria dificultaba el manejo de la operación.

(Ensayo 3)

En el Ensayo 3, se utilizó mineral de hierro de alta ley como materia prima para el hierro de reducción directa en estado sólido, de modo que la cantidad de escoria producida fue tan pequeña como 104 kg/t. Por lo tanto, el contenido de hierro descargado junto con la escoria fue pequeño y el rendimiento del acero fundido fue del 98,0 %, que fue mayor que el del Ensayo 1. Además, la cantidad de escoria producida fue una cantidad que no causó ningún problema operativo.

[Tabla 4]

	Ensayo 1 (todo el proceso)	Ensayo 2	Ensayo 3
Cantidad total de hierro de reducción directa en estado sólido utilizado (kg/t)	1172	1231	1095
Rendimiento del acero fundido total (%)	96,7	91,9	98,0
Energía eléctrica total utilizada (kWh/t)	644	542,5	461,5
Carbono total utilizado (kg/t) (carburación exterior)	21,2	0	0
Oxígeno total utilizado (Nm ³ /t)	31,7	23,2	7,6
Cal viva total utilizada (kg/t)	120,6	149,4	19,3
Dolomita total utilizada (kg/t)	75,2	87,0	18,4

(Sumario)

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con el método para producir un acero fundido de acuerdo con la presente invención, se confirmó que incluso si se utilizara mineral de hierro de baja ley, se podía obtener acero fundido con un alto rendimiento equivalente al que se obtenía cuando se utilizaba mineral de hierro de alta ley.

Para describir la presente invención, la invención se describió en la descripción anterior de manera apropiada y suficiente utilizando realizaciones con referencia a ejemplos específicos y similares. Sin embargo, debe entenderse que a los expertos en la materia se les ocurrirán fácilmente cambios y/o modificaciones en las realizaciones anteriores. Por lo tanto, a menos que un cambio o modificación realizado por expertos en la materia esté más allá del alcance de las reivindicaciones adjuntas, dicho cambio o modificación debe quedar comprendido dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Aplicabilidad industrial

La presente invención tiene una amplia aplicabilidad industrial en campos técnicos relacionados con un método para producir acero fundido.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir acero fundido utilizando hierro de reducción directa en estado sólido como materia prima, en donde

el hierro de reducción directa en estado sólido contiene 3,0 % en masa o más de SiO_2 y Al_2O_3 en total y 1,0 % en masa o más de carbono,
una proporción entre un hierro metálico y el contenido total de hierro contenido en el hierro de reducción directa en estado sólido es del 90 % en masa o más, y
un exceso de contenido de carbono Cx especificado por la siguiente fórmula (1) con respecto a los carbonos contenidos en el hierro de reducción directa en estado sólido es del 0,2 % en masa o más, comprendiendo el método:

una etapa en un primer horno para fundir del 40 al 95 % en masa del hierro de reducción directa en estado sólido y separar un arrabio fundido que tiene un contenido de carbono del 2,0 al 5,0 % en masa y una temperatura de 1350 a 1550 °C y una escoria que tiene una basicidad de 1,0 a 1,4 y
una etapa en un segundo horno para fundir un resto del hierro de reducción directa en estado sólido junto con el arrabio fundido separado en el primer horno, y soplar oxígeno sobre el material fundido para descarburarlo en un acero fundido,

$$Cx = [C] - [FeO] \times 12 \div (55,85 + 16) \div 0,947 \dots (1)$$

en la fórmula, Cx: exceso de contenido de carbono (% en masa), [C]: contenido de carbono del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa), [FeO]: Contenido de FeO del hierro de reducción directa en estado sólido (% en masa).

2. El método para producir un acero fundido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el hierro de reducción directa en estado sólido se funde mediante un arco en el primer horno, y el arrabio fundido y la escoria se descargan continuamente, respectivamente, del primer horno.

FIG. 1

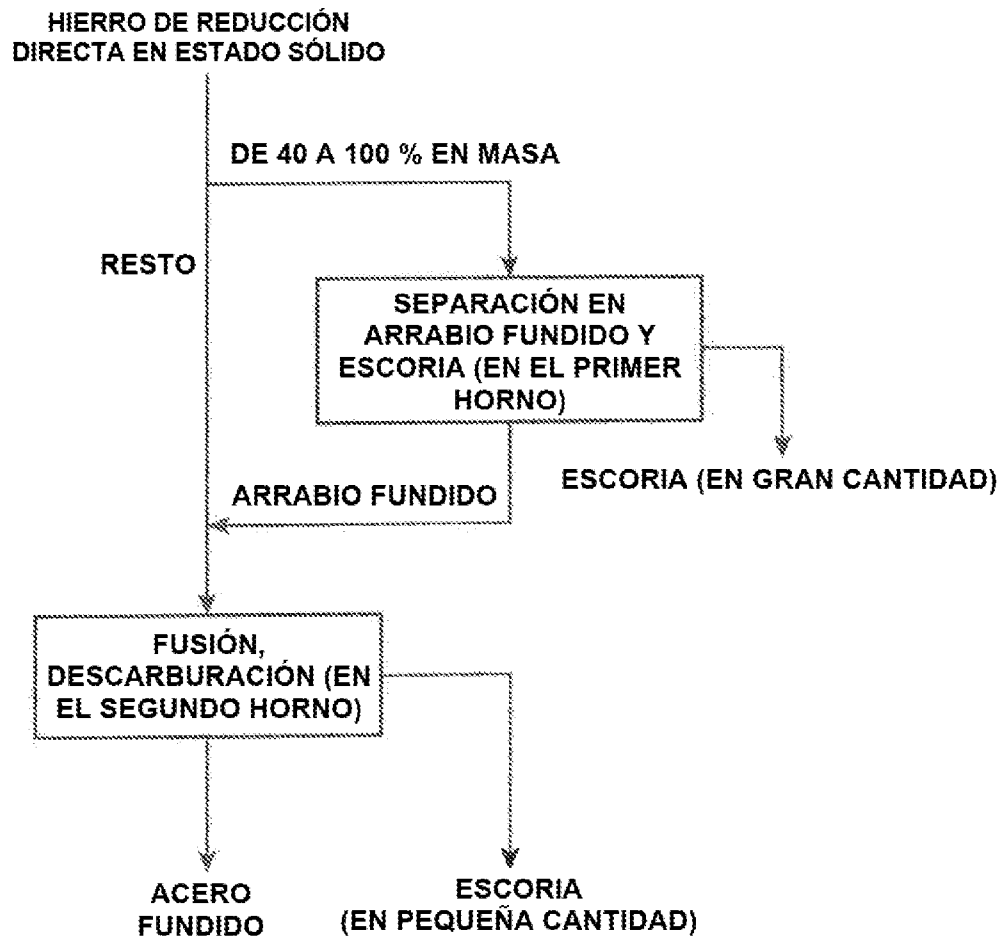


FIG. 2

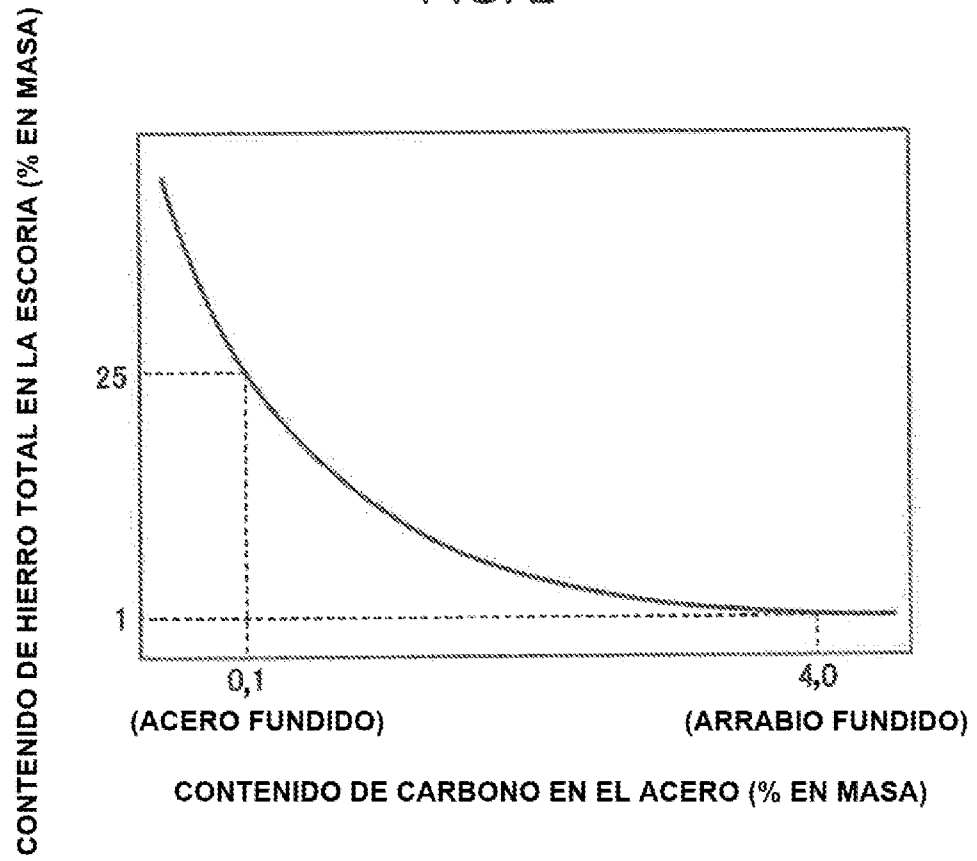


FIG. 3

