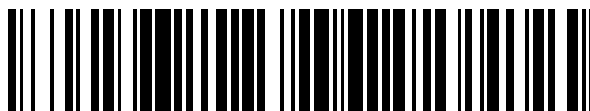


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 605**

51 Int. Cl.:
C21B 13/10 (2006.01)
C22B 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04714008 .2**
96 Fecha de presentación: **24.02.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1605067**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

54 Título: **PROCESO PARA PRODUCIR METAL DE HIERRO PARTICULADO.**

30 Prioridad:
20.03.2003 JP 2003078225

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.03.2012

73 Titular/es:
Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho (Kobe Steel, Ltd.)
10-26, Wakinohama-cho 2-chome, Chuo-ku Kobe-shi,
Hyogo 651-8585, JP

72 Inventor/es:
ITO, Shuzo y
TSUGE, Osamu

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 375 605 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

Proceso para producir metal de hierro particulado

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación para la fabricación de hierro metálico granulado, y se refiere en particular a un procedimiento mejorado para la fabricación eficiente de un hierro metálico granulado de alta calidad con alta productividad a la vez que se reduce la concentración de azufre en la medida de lo posible debido a un material de carbono tal como carbón en un procedimiento en el que una mezcla de material de partida o una pieza aglomerada de la misma con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro tal como mineral de hierro o similar, y un agente reductor carbonoso tal como un material de carbono o similar, se somete a una reducción en un estado sólido por calentamiento con un horno de reducción de tipo solera móvil a la vez que se separa el hierro metálico generado a partir de la escoria resultante, de tal modo que el hierro metálico generado se fusiona en la forma de granos, y se solidifica por enfriamiento, mediante lo cual se completa el hierro metálico granulado.

15 Se ha prestado atención recientemente a un procedimiento de fabricación para hierro metálico granulado, desarrollado como un proceso de fabricación de hierro a una escala relativamente pequeña, en el que una mezcla con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro (fuente de hierro) tal como mineral de hierro o similar y un agente reductor carbonoso tal como carbón o similar, un material sin tratar simple que se forma compactando la mezcla que se menciona anteriormente, o una pieza aglomerada de material compuesto de carbono en la forma de gránulos, briquetas, o similares, se somete a una reducción en un estado sólido con un horno de reducción de tipo solera móvil a la vez que se separa el hierro metálico generado a partir de la escoria resultante, y dando lugar a que el hierro metálico generado se fusione, y el hierro metálico generado se solidifica por enfriamiento, mediante lo cual se completa el hierro metálico granulado. Se hace referencia, por ejemplo, al documento EP-A-1405 924.

Los inventores de la presente invención han procedido con un estudio para mejorar un procedimiento para reducir la cantidad de azufre contenida en el hierro metálico granulado que se obtiene en el procedimiento que se menciona anteriormente, y como resultado, se ha revelado que pueden obtenerse unos efectos de desulfuración considerables con un procedimiento en el que una cantidad adecuada de una sustancia con contenido en Ca que muestra unos efectos de desulfuración debido a una alta afinidad por el azufre, por ejemplo, CaCO_3 , se añade además a la mezcla de material de partida con contenido en carbón que sirve como un agente reductor carbonoso así como una sustancia con contenido en óxido de hierro, y la mezcla de material de partida que se menciona anteriormente se reduce y se funde por calentamiento a la vez que se controla de forma adecuada la temperatura de calentamiento, la composición de gas de la atmósfera, y similares. No obstante, va en aumento la demanda de técnicas que muestren unos efectos adicionales de desulfuración.

Por consiguiente, es un objeto de la presente invención la provisión de un procedimiento para la fabricación de hierro metálico granulado de alta calidad con alta productividad, a la vez que se reduce la concentración de azufre en la medida de lo posible, lo que es un resultado no evitable de generar el hierro metálico granulado con el procedimiento en el que una mezcla de material de partida, o una pieza aglomerada de la misma, con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro y un agente reductor carbonoso, se calienta con un horno de reducción de tipo solera móvil o similar, de tal modo que la sustancia con contenido en óxido de hierro se somete a una reducción en un estado sólido con el agente reductor carbonoso, y en particular, en el caso en el que se emplea carbón o similar como un material de carbono.

Con el fin de conseguir el objeto que se describe anteriormente, con un procedimiento de fabricación para hierro metálico granulado de acuerdo con la presente invención, tal como se define en la reivindicación 1, en el que una mezcla de material de partida con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro y un agente reductor carbonoso se suministra sobre una solera de un horno de reducción de tipo solera móvil con el fin de calentarse, el óxido de hierro contenido en la mezcla de material de partida se reduce con el agente reductor carbonoso, y el hierro metálico generado se fusiona en la forma de granos a la vez que se separa de la escoria resultante, a continuación de lo cual el hierro metálico generado se enfría con el fin de solidificarse, mediante lo cual se completa el hierro metálico granulado, las cantidades de una sustancia con contenido en CaO , una sustancia con contenido en MgO , y una sustancia con contenido en SiO_2 , contenidas en la mezcla de material de partida, se ajustan de tal modo que la operación se realiza con una basicidad de la escoria $(\text{CaO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ de 1,3 a 2,3, y con una concentración de MgO de un 5 a un 13 % en masa en lo que concierne a la composición de escoria, que dependen de la concentración de cada uno de CaO , MgO , y SiO_2 , contenidos en la mezcla de material de partida, en la que una sustancia con contenido en MgO se mezcla además con la mezcla de material de partida con el fin de ajustar la basicidad de la escoria y la concentración de MgO , en la que se mantiene una proporción de reparto de azufre $(s)/[S]$ entre la escoria y el metal de 25 o más. En la mayoría de casos generales, se emplea mineral de dolomita como la sustancia con contenido en MgO . Adicionalmente, en algunos casos, una cantidad adecuada de sustancia con contenido en CaF_2 está contenida además preferiblemente en la mezcla de material de partida, lo que muestra la ventaja de ajustar la fluidez de la escoria resultante. En este caso, la sustancia con contenido en CaF_2 está contenida preferiblemente en la mezcla de material de partida con una concentración de CaF_2 de un 0,2 a un 2 % en masa.

Con el procedimiento de fabricación que se menciona anteriormente de acuerdo con la presente invención, el polvo carbonoso se suministra preferiblemente con el fin de difundirse sobre la solera con un espesor de 2 mm a 7,5 mm antes de suministrar la mezcla de material de partida al horno de reducción de tipo solera móvil, logrando la ventaja de mantener un potencial de reducción alto en el interior del horno debido a la acción del polvo carbonoso que se menciona anteriormente, mejorando de ese modo la desulfuración y obteniendo de ese modo un hierro metálico granulado con una baja concentración de azufre así como mejorando el rendimiento del hierro metálico. Obsérvese que la operación de fabricación se realiza preferiblemente con el horno de reducción de tipo solera móvil a una temperatura de funcionamiento de 1.250 a 1.550 °C.

Por lo tanto, con el proceso de fabricación que se describe anteriormente, en el que una mezcla de material de partida con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro y un agente reductor carbonoso se somete a calentamiento y reducción con un horno de reducción de tipo solera móvil tal como un horno de reducción de tipo solera de calentamiento giratorio, con el fin de fabricar hierro metálico granulado, una cantidad adecuada de una sustancia con contenido en MgO, que ha de servir como un componente de escoria, se incluye de forma agresiva en dicha mezcla de material de partida de tal modo que tanto la basicidad $(CaO + MgO)/SiO_2$ de la escoria resultante, como la concentración de MgO en lo que concierne a la composición de escoria, muestran unos intervalos adecuados, limitando un aumento de la concentración de azufre de hierro metálico granulado fabricado, que tiene lugar inevitablemente debido al uso de carbón, coque, o similar, que sirve como un material de carbono, permitiendo de ese modo la fabricación de hierro metálico granulado de alta calidad con una pequeña concentración de azufre con alta productividad.

la figura 1 es un diagrama explicativo conceptual que muestra un ejemplo de un horno de reducción de tipo solera móvil que se emplea en un procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención;
 la figura 2 es un gráfico que muestra las relaciones entre la basicidad de la escoria $(CaO + MgO)/SiO_2$ y el punto de fusión de la escoria que se obtiene a partir de resultados de prueba, en la que la curva (i) representa un caso en el que se emplea sólo caliza para ajustar la basicidad de la escoria en la mezcla de material, y la curva (ii) representa un caso en el que se emplea tanto la caliza como dolomita;
 la figura 3 es un gráfico que muestra las relaciones entre la basicidad de la escoria $(C + M)/S$ y el punto de fusión de la escoria que se obtiene a partir de otra prueba, en la que la curva (i) representa un caso en el que se emplea sólo caliza para ajustar la basicidad de la escoria en la mezcla de material, y la curva (ii) representa un caso en el que se emplea tanto la caliza como dolomita;
 la figura 4 es un gráfico que muestra las relaciones entre la concentración de MgO en la escoria y la proporción de reparto de azufre $(S)/[S]$ en el caso en el que se emplea dolomita para ajustar la basicidad de la escoria, en la que los círculos huecos representan los resultados de prueba en el caso de un mineral de hierro A, y los círculos rellenos representan los resultados de prueba en el caso de un mineral de hierro B;
 la figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre la basicidad de la escoria $(C + M)/S$ y la proporción de reparto de azufre $(S)/[S]$ que se obtiene a partir de una prueba; y
 la figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre la basicidad de la escoria $(C + M)/S$ y la proporción de reparto de azufre $(S)/[S]$ que se obtiene a partir de otra prueba.

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de un horno de reducción de tipo solera móvil, en el que se emplea un horno de solera giratoria, que se usa en un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

Con un horno de reducción de tipo solera giratoria A, una mezcla de material (un material sin tratar simple compactado, o una pieza aglomerada tal como un gránulo, una briqueta, o similar) 1 que está formado por una sustancia con contenido en óxido de hierro y un agente carbonoso, y si es necesario, formado adicionalmente por CaO, MgO, SiO_2 , o similar, contenidos como un componente de matriz o un componente de ceniza, un aglutinante, y una sustancia carbonosa granulada 2, que se suministra preferiblemente con el fin de difundirse sobre la solera, se suministra continuamente sobre la solera de una solera giratoria 4 a través de una tolva de suministro de material 3.

Más específicamente, antes del suministro de la mezcla de material 1, el material carbonoso en polvo 2 se suministra con el fin de difundirse sobre la solera giratoria 4 a través de la tolva de suministro de material 3, a continuación de lo cual la mezcla de material 1 se suministra con el fin de recubrir el material carbonoso en polvo que se menciona anteriormente 2. A pesar de que la descripción se ha hecho con referencia al dibujo, en lo que concierne a un ejemplo en el que tanto la mezcla de material 1 como la sustancia carbonosa 2 se suministran a través de la única tolva de suministro de material 3, no se necesita indicar que puede realizarse una disposición en la que la mezcla de material 1 y la sustancia carbonosa 2 se suministran a través de dos o más tolvas 2. Por otro lado, la sustancia carbonosa 2 que se suministra con el fin de difundirse sobre la solera, que es notablemente efectiva a la hora de mejorar el efecto de desulfuración así como de mejorar los efectos de reducción, puede omitirse en algunos casos, tal como se describe posteriormente.

La solera giratoria 4 del horno de reducción de tipo solera giratoria A se hace girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj normalmente con un periodo de ciclo de 8 a 16 minutos, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, y en el periodo de ciclo se reduce el óxido de hierro contenido en la mezcla de material 1 en un estado sólido, y se fusiona en la forma de granos debido al descenso del punto de fusión que tiene lugar debido a la

carburación, así como a la separación del hierro metálico generado a partir de la escoria resultante, mediante lo cual se completa el hierro metálico granulado. Obsérvese que el horno de reducción A incluye múltiples quemadores de combustión 5 en la pared lateral superior y/o en la parte de techo de la solera giratoria 4 con el fin de suministrar calor a la parte de solera con calor de combustión o calor radiante del mismo a partir de estos quemadores 5.

La mezcla de material 1 que se suministra sobre la solera giratoria 4 formada por un material refractario se calienta con calor de combustión o calor radiante a partir de los quemadores 5 a la vez que se desplaza de forma giratoria en el interior del horno de reducción A sobre la solera giratoria 4, y el óxido de hierro contenido en la mezcla de material 1 se reduce en un estado sólido a la vez que pasa a través de la banda de calentamiento en el interior del horno de reducción A, a continuación de lo cual el hierro metálico generado se fusiona en la forma de granos a la vez que se ablanda debido a la carburación a partir del agente reductor carbonoso restante, así como a la separación del hierro metálico generado a partir de la escoria fundida resultante, y el hierro metálico generado se solidifica por enfriamiento en una zona aguas abajo de la solera giratoria 4, a continuación de lo cual el hierro metálico generado se descarga de la solera con un dispositivo de descarga 6 tal como un husillo. Obsérvese que el número de referencia 7 indica un tubo de escape de gas.

Por otro lado, un horno de reducción de tipo solera giratoria de gran tamaño que se emplea en general como un horno de práctica tiene una configuración en la que un gas combustible, tal como gas natural, se quema con los múltiples quemadores previstos en la parte superior de la solera giratoria con el fin de suministrar el calor de combustión que se requiere para la reducción y fusión de la mezcla de material que se suministra sobre la solera. No obstante, la oxidación de un gas tal como CO_2 , H_2O , y similar, contenido en el gas de escape generado debido a la combustión que se menciona anteriormente afecta a la composición de gas de la atmósfera que rodea la mezcla de material, lo que conduce a una dificultad considerable en cuanto a mantener un potencial de reducción alto del gas de la atmósfera, que se representa por $(\text{CO} + \text{H}_2)/(\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O})$, y que, en muchos casos, se abrevia también a $\text{CO}/(\text{CO} + \text{CO}_2)$.

Tras la reducción del óxido de hierro contenido en mezcla de material que se completa en general en una etapa de calentamiento y reducción sobre la solera giratoria, se genera hierro reducido que se corresponde con hierro puro. Adicionalmente, las partículas de hierro reducido que se generan en la etapa para calentamiento y reducción se carburan rápidamente debido al agente reductor carbonoso restante contenido en la mezcla de material. Como resultado, el punto de fusión de las mismas se reduce en gran medida debido a una cantidad aumentada de C contenido en el hierro reducido, conduciendo a fusión a una temperatura de la atmósfera predeterminada (por ejemplo, de 1.350 a 1.500 °C), y conduciendo adicionalmente a la coalescencia de las finas partículas de hierro reducido, mediante lo cual se obtiene hierro metálico en la forma de granos de gran tamaño. En la etapa para fusión y coalescencia, los componentes de escoria contenidos en la mezcla de material se funden y se fusionan, asimismo, a la vez que se separan del hierro metálico.

En este caso, en el caso de que la mezcla de material o el gas de la atmósfera que rodea la mezcla de material tenga un potencial de reducción suficiente, el componente de azufre contenido en el carbón, coque, o similar, que sirve como un agente reductor carbonoso, añadido a la mezcla de material, se fija como CaS debido al componente de CaO contenido en la escoria, mediante lo cual el componente de azufre se separa junto con la escoria.

No obstante, los inventores de la presente invención han dado a conocer que en el caso de que el gas de la atmósfera tenga un potencial de reducción insuficiente en el momento de la reducción y fusión, tiene lugar una reacción de CaS y FeO, cada uno de los cuales existe en un modo de equilibrio, lo que conduce a un problema de que el componente de azufre se absorbe fácilmente en el hierro metálico granulado fundido con el fin de formar FeS. Por consiguiente, los inventores de la presente invención realizaron un estudio exhaustivo con el fin de obtener un procedimiento para mantener un potencial de reducción de alto nivel del gas de la atmósfera que rodea una mezcla de material de este tipo.

Como resultado, se ha obtenido un procedimiento tal como sigue. Es decir, en primer lugar, se forma una capa de polvo carbonoso sobre la solera del horno de reducción de antemano, y la mezcla de material se suministra con el fin de recubrir la capa de polvo carbonoso que se menciona anteriormente (a la que se hará referencia como "capa de polvo carbonoso difundido sobre la solera" a continuación en el presente documento), a continuación de lo cual se realiza el calentamiento y reducción. Con el procedimiento que se menciona anteriormente, puede mantenerse potencial de reducción de alto nivel del gas de la atmósfera que rodea una mezcla de material de este tipo, así como proceder eficientemente con la reacción de reducción y fusión en un corto periodo en tiempo de 10 a 16 minutos, que es un periodo de ciclo de la solera del horno de reducción de tipo solera giratoria, mejorando de ese modo relativamente la desulfuración.

No obstante, tal como ya se ha descrito anteriormente, sólo las operaciones que se describen anteriormente realizadas con un horno de reducción de tipo solera giratoria de escala práctica muestran la desulfuración insuficiente que se requiere para obtener hierro metálico granulado con una concentración de azufre de un 0,05 % o menos de una forma segura, y por consiguiente, existe la necesidad de establecer la técnica para reducir adicionalmente la concentración de azufre del hierro metálico granulado de una forma segura. Por consiguiente, los inventores de la presente invención han dado a conocer un procedimiento de acuerdo con la presente invención a

través de un estudio exhaustivo, en el que está contenida una cantidad adecuada de MgO en la escoria a la vez que se controla de forma adecuada la basicidad $(CaO + MgO)/SiO_2$, basándose en la concentración de CaO, MgO, y SiO_2 , contenidos en la mezcla de material, logrando una desulfuración más eficientemente en una etapa de reducción y fusión, mejorando de ese modo notablemente la calidad del hierro metálico granulado generado.

5 Específicamente, con la presente realización, las cantidades de suministro de CaO y MgO que se mencionan anteriormente se ajustan de tal modo que la basicidad $(CaO + MgO)/SiO_2$ de la composición de la escoria se controla en un intervalo de 1,3 a 2,3, a la vez que se mantiene la concentración de MgO de un 5 a un 13 %, basándose en el tipo y la cantidad del componente de matriz contenido en el óxido de hierro (mineral de hierro o similar) y el tipo y la cantidad del componente de ceniza contenido en el agente reductor carbonoso (carbón, coque polvo, o similar), contenidos en la mezcla de material, y adicionalmente, en algunos casos, el tipo y la cantidad del componente de ceniza contenido en una sustancia con contenido en CaO o una sustancia con contenido en MgO, que puede suministrarse adicionalmente, y el tipo y la cantidad del componente de ceniza contenido en un polvo carbonoso que puede suministrarse con el fin de difundirse sobre la solera. Esto conduce a una desulfuración estable y alta, obteniendo de ese modo un hierro metálico granulado con una concentración de azufre reducida en la medida de lo posible.

20 Obsérvese que, con el fin de controlar la basicidad $(CaO + MgO)/SiO_2$ del componente de la pieza aglomerada de escoria dentro de un intervalo de 1,3 a 2,3, las cantidades de suministro de una sustancia con contenido en CaO o una sustancia con contenido en MgO, que se añaden por separado de la mezcla de material, se ajustan basándose en el componente de matriz contenido en el mineral de hierro o similar que se suministra como una sustancia con contenido en óxido de hierro, la composición y la concentración del componente de ceniza contenido en carbón, coque, o similar que se suministra como un agente reductor carbonoso, y adicionalmente, en algunos casos, la composición y la concentración del componente de ceniza contenido en polvo carbonoso que puede suministrarse con el fin de difundirse sobre la solera.

30 A pesar de que los tipos de la sustancia con contenido en CaO y la sustancia con contenido en MgO no están particularmente limitados, en los casos más generales, se emplea óxido de calcio o $CaCO_3$ como una sustancia con contenido en CaO, y se emplea preferiblemente una sustancia con contenido en MgO extraída a partir de un mineral natural que incluye mineral de dolomita o agua de mar. Adicionalmente, el procedimiento de adición que se emplea en la presente realización no está particularmente limitado, más bien, puede realizarse una disposición en la que se añaden unas sustancias adicionales a la mezcla de material en la fase para ajustar la mezcla de material de antemano, o puede realizarse una disposición en la que las sustancias adicionales se suministran sobre la solera giratoria de antemano junto con o por separado del polvo carbonoso que se menciona anteriormente que va a suministrarse con el fin de difundirse sobre la solera giratoria, y adicionalmente, puede realizarse una disposición en la que se añaden unas sustancias adicionales por separado de la mezcla de material a partir de la parte superior al mismo tiempo de o a continuación del suministro de la mezcla de material, y así sucesivamente.

40 Por otro lado, ya se ha confirmado también que la proporción de la concentración de azufre de la escoria fundida en lo que concierne a la concentración de azufre del hierro fundido (hierro reducido), a la que se hará referencia como "proporción de reparto de azufre $(S)/[S]$ " a continuación en el presente documento, depende en gran medida de la basicidad de la escoria resultante en los procedimientos convencionales para la fabricación de hierro metálico. No obstante, a pesar de que la acción del azufre en el proceso de fabricación para hierro metálico granulado usando una solera de reducción de tipo solera móvil de acuerdo con la presente invención es superficialmente similar a las convencionales, el mecanismo de la misma de acuerdo con la presente invención es considerablemente diferente de los de las convencionales.

50 Es decir, con la distribución de azufre en la fabricación de hierro o en la fabricación de acero ordinarias, la proporción de reparto de azufre $(S)/[S]$ depende del equilibrio de la misma que a su vez depende de la composición de la escoria fundida en la superficie del hierro fundido, la composición del hierro fundido, y las condiciones de la atmósfera.

55 Por otro lado, con el procedimiento de fabricación para hierro metálico granulado usando un horno de reducción de tipo solera móvil de acuerdo con la presente invención, el óxido de hierro en la mezcla de material se reduce con un agente reductor carbonoso en un estado sólido a una temperatura de la atmósfera de alrededor de 1.250 a 1.550 °C. Por lo tanto, el óxido de hierro se desoxida, mediante lo cual se obtiene hierro reducido. Por consiguiente, la mayor parte del carbón o coque contenido en la mezcla de material se usa en la fase de reducción en un estado sólido. Por otro lado, a pesar de que una parte del azufre contenido en el carbón o similar se evapora a la atmósfera, la mayor parte del mismo se absorbe por el componente de matriz o el componente de ceniza contenido en la mezcla de material, o CaO o similar contenido en el material de aditivo, lo que conduce a azufre restante en la mezcla de material en la forma de CaS.

65 Adicionalmente, tras completar la reducción en un estado sólido en general, las partículas finas de hierro reducido en la mezcla de material se someten a una carburación rápida por la sustancia carbonosa restante, es decir, carbono (C), lo que conduce a una reducción del punto de fusión del hierro reducido tal como se muestra claramente en el diagrama de fases de Fe-C. Como resultado, se ha confirmado que el hierro reducido sometido a carburación se

funde incluso a 1.500 °C o menos, por ejemplo, o incluso a una temperatura tan baja como 1.350 °C o menos, y el hierro reducido de partículas finas se fusiona, lo que conduce a un crecimiento de hierro metálico granulado de gran tamaño.

5 Adicionalmente, en la etapa de la carburación y coalescencia del hierro reducido, se funde una parte o la totalidad de los componentes de escoria (óxidos de metal que no se han reducido debido a una alta afinidad por el oxígeno, tal como CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, y similar), y asimismo la escoria fundida generada se fusiona, lo que conduce a una separación en general completa de la escoria con respecto al hierro metálico granulado fusionado debido a la fusión y carburación.

10 En cualquier caso, en la etapa que se menciona anteriormente de la carburación y coalescencia del hierro reducido y la escoria resultante, el azufre (S) capturado principalmente por CaO en la escoria con el fin de formar CaS se ve afectado en gran medida por el potencial de reducción del gas de la atmósfera que rodea la mezcla de material, incluso en el caso de mantener la misma composición de escoria. Por ejemplo, se ha confirmado que en el caso de
15 un potencial de reducción $[CO/(CO + CO_2)]$ del gas de la atmósfera de alrededor de 0,7 o menos, una cantidad de parte o una cantidad considerable del azufre fijado en la forma de CaS se desplaza hasta el hierro reducido con el fin de formar FeS.

20 Por consiguiente, con el fin de reducir el componente de azufre (S) contenido en el hierro metálico granulado que se fabrica con el procedimiento de acuerdo con la presente invención, es decir, con el fin de mejorar la desulfuración real, es notablemente importante mantener de forma estable el componente de azufre (S) fijado en la forma de CaS en la escoria con el fin de evitar la migración del azufre hacia el hierro reducido. Por consiguiente, es importante mantener la basicidad de la escoria en la fase final tan alta como sea posible, así como mantener un alto potencial de reducción del gas de la atmósfera.

25 Con el proceso de reducción y fusión de acuerdo con la presente invención, el hierro no se fabrica preferiblemente a una temperatura de la atmósfera de 1.550 °C o más, a diferencia de los hornos de fabricación de hierro o de fabricación de acero convencionales en los que se reduce hierro fundido, desde la perspectiva del equipo y el funcionamiento del horno de reducción de tipo solera giratoria, y en este caso se fabrica preferiblemente hierro a una
30 temperatura de la atmósfera de alrededor de 1.550 °C o menos, y se fabrica más preferiblemente a una temperatura de la atmósfera de alrededor de 1.500 °C o menos. No obstante, el ajuste de la escoria que se genera en la etapa que se menciona anteriormente de reducción y fusión, con una basicidad aumentada de 2,3 o más, inhibe la coalescencia del hierro reducido, así como aumenta el punto de fusión de la escoria, lo que conduce a una inhibición de la coalescencia de la escoria. Esto conduce a una dificultad en la fabricación de hierro metálico granulado de
35 gran tamaño con un alto rendimiento, lo que es contrario al objeto de la presente invención.

40 Con la presente realización, tal como se describe anteriormente, la composición del material se ajusta de tal modo que la basicidad $(CaO + MgO) / (SiO_2)$, que se abreviará también a “(C + M)/S” a continuación en el presente documento, se controla en un intervalo de 1,3 a 2,3 a la vez que se mantiene la concentración de MgO de un 5 a un
45 13 % de contenido en la escoria, logrando una notable mejora de la proporción de reparto de azufre (S)/[S] entre la escoria y el hierro metálico granulado, que se genera en la fase final, reduciendo de ese modo en gran medida la concentración de azufre [S] restante en el hierro metálico granulado. La razón para los intervalos adecuados que se mencionan anteriormente de la basicidad de la escoria (C + M)/S y la concentración de MgO en la escoria se describirán posteriormente en detalle.

50 Obsérvese que se conoce que la proporción de reparto de azufre (S)/[S] tiene una fuerte relación con la basicidad de la escoria en la reacción entre la escoria y el metal en la fabricación de hierro o la fabricación de acero ordinarias, tal como se describe anteriormente. Adicionalmente, se ha confirmado que el MgO indispensable para el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención tiene una desulfuración considerablemente pobre en comparación con el CaO. De acuerdo con la presente invención, una cantidad de MgO considerable se usa de forma agresiva junto con el CaO, y como resultado, el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja de unos efectos de desulfuración drásticamente mejorados en comparación con un procedimiento de empleo sólo de CaO.

55 A pesar de que en la actualidad, la razón por la que pueden obtenerse unos efectos de desulfuración excelentes usando MgO no se ha probado de forma teórica, se ha supuesto lo que sigue, teniendo en consideración los resultados de prueba que se describen posteriormente. Es decir, se supone que un ajuste adecuado de la basicidad de la escoria (C + M)/S que incluye una cantidad adecuada de MgO en la escoria resultante obtiene unas propiedades óptimas tales como un punto de fusión, fluidez, o similar, de la escoria resultante, mejorando de ese modo de forma máxima la proporción de reparto de azufre (S)/[S] de la escoria resultante.
60

Por otro lado, con el proceso de fabricación que usa un horno de fusión de reducción de solera móvil de acuerdo con la presente invención, la relación entre la basicidad de la escoria (C + M)/S que se genera en la fase final y el punto de fusión depende considerablemente del tipo y clase de la sustancia con contenido en óxido de hierro (mineral de
65 hierro o similar) y el agente reductor carbonoso (carbón o coque) que sirven como materiales de partida.

Por ejemplo, la figura 2 muestra unos resultados de investigación de la relación entre la basicidad (C + M)/S de la escoria generada y el punto de fusión en el caso del proceso de reducción y fusión con un horno de reducción de tipo solera giratoria usando una mezcla de material formado por mineral de hematita (A) (véase la tabla 1 en el ejemplo que se describe posteriormente), que es un ejemplo típico de una sustancia con contenido en óxido de hierro, carbón (véase la tabla 2 en el ejemplo que se describe posteriormente) que sirve como un agente reductor carbonoso, cada uno de los cuales sirve como materiales de partida principales, y que adicionalmente contienen caliza que sirve como una sustancia con contenido en CaO, y dolomita que sirve como una sustancia con contenido en MgO para ajustar la basicidad de la escoria en la fase final.

En los dibujos, el punto de fusión de la escoria se calcula a partir de los diagramas de fase basándose en un sistema cuaternario formado por CaO, SiO₂, Al₂O₃, y MgO, que sirven como principal componentes de la escoria. Obsérvese que la curva (i) en el dibujo representa la relación entre la basicidad de la escoria y el punto de fusión en el caso de suministrar sólo caliza, que es una sustancia con contenido en CaO, como un agente de ajuste de basicidad. Tal como puede entenderse claramente a partir de la curva, la basicidad de la escoria (C + M)/S que supera aproximadamente 1,4 da lugar a un rápido aumento del punto de fusión de la escoria. Adicionalmente, una basicidad de la escoria (C + M)/S de alrededor de 1,75 da lugar a que el punto de fusión de la escoria alcance aproximadamente 1.550 °C, que se supone que es la máxima temperatura admisible para un funcionamiento práctico real. Adicionalmente, al superar la basicidad de la escoria (C + M)/S alrededor de 1,75 da lugar a que el punto de fusión de la escoria supere 1.550 °C, que se encuentra más allá del intervalo admisible para el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención. Por consiguiente, en el caso de mantener la temperatura de la atmósfera, la fusión y coalescencia de la escoria resultante se inhibe, conduciendo a una dificultad en la coalescencia del hierro reducido, lo que es contrario al objeto de la presente invención. No se necesita indicar que la fabricación a una temperatura de la atmósfera (temperatura de funcionamiento) aumentada que supera 1.550 °C posibilita la fusión de la escoria de alta basicidad. No obstante, con el horno de reducción de tipo solera móvil de acuerdo con la presente invención, la fabricación a una temperatura de funcionamiento de 1.550 °C o más conduce a una notable reducción de la vida útil debido a la naturaleza del equipo, lo que va contra el funcionamiento práctico.

Por otro lado, la curva (ii) que se muestra en la figura 2 representa la relación entre la basicidad de la escoria (C + M)/S y el punto de fusión en el caso de suministrar tanto caliza y dolomita como agentes de ajuste de basicidad. Tal como puede entenderse claramente a partir de la curva, un aumento de la concentración de MgO en la escoria en la fase final da lugar a reducción del punto de fusión de la escoria en la fase final a lo largo de la totalidad del intervalo de la basicidad de la escoria en comparación con la curva (i). Adicionalmente, puede entenderse que la adición de una cantidad adecuada de una sustancia con contenido en MgO a la mezcla de material limita el punto de fusión de la escoria en la fase final a 1.550 °C o menos, incluso en el caso de que la basicidad (C + M)/S de la escoria se aumenta hasta alrededor de 2,3, permitiendo de ese modo un funcionamiento sin problemas a una temperatura de la atmósfera de 1.550 °C, lo que conduce a problemas en el caso de la figura 1.

Tal como se describe anteriormente, con el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención, la fabricación se realiza con un horno de reducción de tipo solera móvil de escala práctica con una basicidad aumentada (C + M)/S de la escoria en la fase final de hasta alrededor de 2,3, que es la máxima basicidad admisible, usando una sustancia con contenido en MgO que sirve como un agente de ajuste de basicidad, suficiente para la fusión de la escoria a una temperatura de la atmósfera de hasta 1.550 °C que se corresponde con la necesidad de un funcionamiento práctico, fabricando de ese modo un hierro metálico granulado de forma estable en unas situaciones de funcionamiento estables, manteniendo a la vez una proporción de reparto de azufre (S)/[S] entre la escoria y el metal de 25 o más, y manteniendo preferiblemente ésta de 35 o más. Como resultado, puede obtenerse hierro metálico granulado en la fase final de una forma segura con una concentración de azufre de un 0,05 % o menos, y preferiblemente con una concentración de azufre de un 0,04 o menos, lo que depende en parte de la clase del carbón o similar que se suministra como un agente reductor carbonoso o un material que se suministra con el fin de difundirse sobre la solera.

En particular, el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja significativa de evitar una reducción de la proporción de reparto de azufre (S)/[S] debido a un deterioro en el potencial de reducción del gas de la atmósfera ajustando la basicidad de la escoria (C + M)/S y la concentración de Mg, que no es evitable en el caso en el que se emplea un procedimiento de calentamiento de combustión usando quemadores de gas que se emplean de forma más general como el procedimiento de calentamiento para un horno de práctica.

Obsérvese que un aumento adicional de la proporción de suministro de la caliza y dolomita que sirven como agentes de ajuste de basicidad, lo que aumenta adicionalmente la concentración de MgO de la escoria en la fase final, reduce adicionalmente el punto de fusión de la escoria en la fase final, y por consiguiente, puede realizarse una disposición en la que se realiza la fabricación superando la basicidad de la escoria (C + M)/S 2,3. No obstante, en este caso, un aumento excesivo de la basicidad de la escoria (C + M)/S de la escoria resultante aumenta la viscosidad (lo que conduce a una pobre fluidez), lo que conduce a una inhibición de la coalescencia del hierro reducido, y conduciendo a un deterioro en el rendimiento del hierro metálico granulado, así como conduciendo a una dificultad en la obtención de hierro metálico granulado adecuado en forma generalmente de esfera. Por consiguiente, con la presente realización de acuerdo con la presente invención, se determina que el valor máximo de la basicidad (C + M)/s es de 2,3.

Obsérvese que la razón por la que se determina que el valor mínimo de la basicidad (C + M)/s es de 1,3 es que el ajuste de la escoria con una basicidad de la escoria menor que el valor mínimo que se menciona anteriormente da lugar a un deterioro en la desulfuración de la escoria en sí misma, lo que conduce a una dificultad en cuanto a reducir la concentración de azufre del hierro reducido, incluso en el caso de un bajo potencial de reducción. Por consiguiente, con la presente realización de acuerdo con la presente invención, se determina preferiblemente que la basicidad de la escoria (C + M)/S se encuentra en un intervalo de 1,4 a 2,0.

La figura 3 muestra la relación entre la basicidad de la escoria (C + M)/S y el punto de fusión de la escoria, en la que la basicidad de la escoria (C + M)/S generada se controla ajustando la cantidad de adición de una sustancia con contenido en CaO y una sustancia con contenido en MgO, añadidas a la mezcla de material principalmente formada de mineral de magnetita, que sirve como una sustancia con contenido en óxido de hierro y carbón, que sirve como un agente reductor carbonoso que se muestra en la tabla 2, que se describe posteriormente de la misma forma que en la figura 2 que se describe anteriormente.

A pesar de que la relación entre los mismos depende de la clase del mineral, en el caso en el que se emplea sólo caliza como un agente de ajuste de basicidad, una basicidad de la escoria (C + M)/S de alrededor de 1,5 o menos da lugar a un punto de fusión de la escoria de 1.550 °C, tal como puede entenderse claramente a partir de la curva (i) en el dibujo. Por otro lado, en el caso de la sustitución de un 32 % de la cantidad de caliza con dolomita para ajustar la basicidad de la escoria, el aumento de la concentración de MgO de la escoria evita un rápido aumento del punto de fusión de la escoria debido a un aumento de la basicidad de la escoria, tal como puede entenderse claramente a partir de la curva (ii). Por ejemplo, incluso en el caso de una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S de alrededor de 1,8 o menos, el punto de fusión de la escoria se limita a 1.550 °C o menos.

La figura 4 muestra los resultados de investigación de la relación entre la concentración de MgO de la escoria y la proporción de reparto de azufre (S)/[S], que se obtiene con el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención. Tal como puede entenderse claramente a partir del dibujo, hay una fuerte relación entre la concentración de MgO en la escoria y la proporción de reparto de azufre (S)/[S]. Adicionalmente, puede entenderse que la proporción de reparto de azufre (S)/[S] no muestra un aumento proporcional a la concentración de MgO de la escoria, sino que la proporción de reparto de azufre muestra el valor máximo en una región particular de la concentración de MgO en la escoria.

Es decir, la figura 4 muestra los resultados de prueba para los dos tipos de las mezclas de material que usan mineral de hierro A y mineral de hierro B, respectivamente, que sirven como sustancias con contenido en óxido de hierro. A pesar de que estos resultados de prueba muestran una cierta diferencia entre los mismos debido a las propiedades del material, los resultados de prueba muestran en general la misma naturaleza. En uno u otro caso, la proporción de reparto de azufre (S)/[S] muestra un valor alto de 25 o más, con la concentración de MgO en un intervalo de un 5 a un 13 %, mostrando de ese modo la ventaja de una reducción del componente de azufre en el hierro reducido. A pesar de que el mecanismo detallado no está claro en la actualidad, se supone que la composición de escoria está contenida en el material que se suministra de una forma complicada, que afecta a la proporción de reparto de azufre (S)/[S]. En uno u otro caso, se determina que la concentración de MgO adecuada en la escoria se encuentra en un intervalo de un 5 a un 13 % con el fin de efectuar una proporción de reparto de azufre (S)/[S] de 25 o más basándose en los resultados de prueba usando estos dos tipos típicos de mineral de hierro (A) y (B).

Tal como se describe anteriormente, con el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención, la basicidad de la escoria (C + M)/S calculada basándose en la composición de escoria contenida en la totalidad del material de partida usado, y la concentración de MgO de la escoria, se ajustan de forma adecuada con el fin de controlar de forma adecuada el punto de fusión de la escoria generada y la proporción de reparto de azufre (S)/[S], para una sustancia con contenido en óxido de hierro, un agente reductor carbonoso, y similar, que se usan en el presente procedimiento de fabricación.

Por otro lado, con una basicidad de la escoria (C + M)/S relativamente alta de 1,8 o más, la reacción muestra la naturaleza básica de que la basicidad (C + M)/S aumentada da lugar a un deterioro gradual en la coalescencia de las partículas finas de hierro reducido que se generan debido a que la sustancia con contenido en óxido de hierro está sometida a reducción en la mezcla de material, incluso con una basicidad de la escoria (C + M)/S de 2,3 o menos.

Adicionalmente, una basicidad de la escoria (C + M)/S que supera 2,3 contribuye a un deterioro en la coalescencia de la escoria, conduciendo asimismo a un deterioro en la coalescencia de las partículas de hierro reducido generadas, y conduciendo a una dificultad en la obtención de hierro metálico granulado de gran tamaño con un alto rendimiento, que es el objeto de la presente invención. Con el fin de llevar a cabo un funcionamiento práctico del procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención desde una perspectiva económica, el hierro metálico granulado de gran tamaño que es el objeto de la presente invención ha de fabricarse con un rendimiento tan alto como sea posible, incluso en el caso de una basicidad de la escoria (C + M)/S de 2,3 o menos en la fase final.

Por consiguiente, los inventores de la presente invención han dado a conocer un procedimiento para limitar el

deterioro en el rendimiento del hierro metálico granulado con un tamaño de partícula adecuado debido a una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S a través de un estudio exhaustivo. Es decir, la adición de una cantidad adecuada de una sustancia con contenido en CaF_2 , por ejemplo, fluorita, a la mezcla de material, mejora la fluidez así como reduce el punto de fusión de la escoria generada, logrando de ese modo una mejora de la coalescencia de la escoria, así como una mejora de la coalescencia de las partículas de hierro reducido, mejorando de ese modo significativamente el rendimiento del hierro metálico granulado de gran tamaño. Obsérvese que se ha confirmado que la sustancia con contenido en CaF_2 que se menciona anteriormente ha de suministrarse con una concentración de CaF_2 de un 0,2 % o más en lo que concierne a la totalidad de la composición de escoria, y preferiblemente de un 0,4 % o más, con el fin de mostrar eficientemente las ventajas debidas al suministro de una sustancia de este tipo con contenido en CaF_2 con una escala práctica.

Más específicamente, con la presente realización, en el caso de una basicidad de la escoria (C + M)/S de 1,7 o más, y superando en particular 1,8, se añade CaF_2 en la fase final a la mezcla de material con una concentración de CaF_2 de un 0,2 % o más en lo que concierne a la composición de escoria de tal modo que una concentración de CaF_2 aumentada compensa el deterioro en cuanto a la fluidez debido a una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S, permitiendo de ese modo una fabricación de hierro metálico granulado de gran tamaño estable con un alto rendimiento.

Obsérvese que el suministro excesivo de CaF_2 da lugar a una fluidez excesivamente alta de la escoria generada, lo que conduce a otro problema consistente en que la solera formada de un material refractario se daña fácilmente. Por consiguiente, la concentración de la sustancia con contenido en CaF_2 se limita preferiblemente a un 2,0 % o menos en lo que concierne a la totalidad de la composición de escoria, y se limita más preferiblemente a un 1,5 % o menos.

Obsérvese que, con el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención, la basicidad (C + M)/S de la escoria generada y la concentración de MgO se determinan tal como se describe anteriormente, que es el componente más esencial de acuerdo con la presente invención. Por otro lado, a pesar de que el material carbonoso que se suministra con el fin de difundirse sobre la solera no es indispensable, es preferible el suministro que se menciona anteriormente del material carbonoso con el fin de mejorar más eficientemente el potencial de reducción en el horno, mejorando de ese modo más eficientemente tanto las ventajas de alto rendimiento del hierro metálico como de reducción de la concentración de azufre del mismo. Obsérvese que, con el suministro que se menciona anteriormente del material carbonoso, un material carbonoso de polvo se suministra preferiblemente con el fin de difundirse sobre la solera con un espesor de alrededor de 2 mm con el fin de mostrar una ventaja de este tipo de una forma segura. Adicionalmente, el material carbonoso difundido sobre la solera sirve como un amortiguador entre la mezcla de material de partida y la solera formada de un material refractario, y adicionalmente sirve como un protector para la solera, mejorando de ese modo la vida útil de la solera.

Obsérvese que un material carbonoso difundido sobre la solera con un espesor excesivamente grande da lugar a que la mezcla de material fluya a la capa de material carbonoso difundida sobre la solera, lo que puede conducir a un problema de inhibición de la reducción del óxido de hierro. Por consiguiente, el espesor del material carbonoso que se menciona anteriormente difundido sobre la solera se limita preferiblemente a alrededor de 7,5 mm o menos.

Obsérvese que el tipo de material carbonoso que se menciona anteriormente difundido sobre la solera no está particularmente limitado, y puede emplearse una disposición en la que se tritura carbón o coque ordinario, y se ajusta preferiblemente con el fin de mostrar un tamaño de grano adecuado. Obsérvese que, en el caso en el que se emplea carbón, se emplea preferiblemente antracita por la razón de que muestra una baja fluidez, baja dilatación y baja adhesión sobre la solera.

Ejemplos

A pesar de que se realizará una descripción específica a continuación con referencia a los ejemplos, la presente invención no se limita a los ejemplos que se describen en el presente documento, más bien pueden realizarse varias modificaciones según sea apropiado dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas, a la luz de las descripciones anteriores y siguientes, que se engloban también en el alcance técnico de la presente invención.

Ejemplo 1

En primer lugar, las piezas aglomeradas de material de partida en la forma de gránulos estaban formadas por mineral de hierro que sirve como una sustancia con contenido en óxido de hierro, carbón que sirve como un agente reductor carbonoso, y un material adicional para ajustar la basicidad de la escoria tal como caliza (CaCO_3), dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), o similar, y si es necesario, una cantidad adecuada de fluorita (CaF_2), y adicionalmente, una pequeña cantidad de harina de trigo que sirve como un aglutinante. Obsérvese que se emplean dos tipos de mineral de hierro A y B, tal como se muestra en la tabla 1. Por otro lado, la composición del carbón que sirve como un agente reductor carbonoso se muestra en la tabla 2.

ES 2 375 605 T3

Tabla 1

	T-Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	OTROS
MINERAL A	68,01	0,10	97,13	0,00	1,08	0,47	0,03	0,06	0,002	0,033	0,68
MINERAL B	68,67	0,00	0,00	94,90	3,83	0,19	0,38	0,40	0,002	0,024	0,09
(% en masa)											

Tabla 2

VALORES INDUSTRIALES DE ANÁLISIS (% en masa)				PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ELEMENTO (% en masa)									
COMPONENTE VOLÁTIL	COMPONENTE DE CENIZA TOTAL	AZUFRE	FÓSFORO	TOTAL	C	H	N	Cl	S	CENIZA	P	O	
19,90	8,6	0,53	0,029	28,5	81,77	4,33	1,64	0,03	0,53	8,04	0,029	3,63	
VALORES DE ANÁLISIS DE COMPONENTE DE CENIZA (% en masa)													
Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₃ O	P ₂ O ₆	Al ₂ O ₃	CaO	OTROS				
49,44	34,68	2,72	1,01	0,48	2,09	0,76	34,68	2,72	2,2				

Las piezas aglomeradas de material de partida que se mencionan anteriormente se suministraron continuamente en el horno de reducción de tipo solera giratoria experimental de pequeño tamaño con el fin de someterse a calentamiento y reducción. Las temperaturas respectivas de la zona de reducción de calentamiento y la zona de fusión de carburación se ajustaron en un intervalo de 1.400 a 1.470 °C mediante calentamiento a partir de los quemadores. El componente de óxido de hierro contenido en la pieza aglomerada de material que se suministra sobre la solera del horno de reducción de tipo solera giratoria se sometió a reducción en una forma sólida a la vez que se pasa a través de la región de calentamiento en el interior del horno en un periodo de ciclo de alrededor de 10 a 16 minutos. El hierro reducido generado se sometió a carburación debida a la sustancia carbonosa restante en la última fase de reducción en el horno de reducción, conduciendo a una reducción del punto de fusión, y conduciendo a la coalescencia del hierro reducido. Por otro lado, también se funde una parte o la totalidad de la escoria resultante, conduciendo a la coalescencia de la escoria, permitiendo de ese modo la separación del hierro metálico granulado fundido con respecto a la escoria fundida. Posteriormente, estos hierro metálico granulado fundido y escoria fundida se enfrían hasta el punto de fusión o menos (específicamente, se enfrían hasta alrededor de 1.100 °C) con el fin de solidificarse en la fase final en el horno de reducción de tipo solera giratoria, a continuación de lo cual el hierro metálico granulado y la escoria en una forma sólida se descargan al exterior a partir del horno.

Obsérvese que se empleó como un mineral de hierro (A) un mineral de hematita, que es un mineral de hierro típico. Por otro lado, se empleó como el mineral de hierro (B) un mineral de magnetita, que es también un mineral de hierro típico. Con el presente ejemplo, varios tipos de piezas aglomeradas de material de partida con contenido en los materiales que se mencionan anteriormente se sometieron a calentamiento y reducción con una variación de la basicidad de la escoria (C + M)/S en la fase final dentro del máximo valor de la basicidad de la escoria de 1,85. Los resultados de prueba se muestran en las figuras 5 y 6.

La figura 5 muestra los resultados de prueba en el caso en el que se emplea el mineral de hierro (A), es decir, hematita, en el que el eje horizontal representa la basicidad (C + M)/S de la escoria generada, y el eje vertical representa la proporción de reparto de azufre (S)/[S] que se obtiene a partir de los valores de análisis del azufre midiendo la concentración de azufre del hierro metálico granulado obtenido y la escoria resultante.

Tal como puede entenderse claramente a partir de los resultados que se muestran en la figura 5, en el caso en el que se emplea el mineral de hierro (A), es decir, hematita, como una sustancia con contenido en óxido de hierro, una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S, en particular, una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S que supera 1,4, da lugar a un rápido aumento de la proporción de reparto de azufre (S)/[S]. Obsérvese que, en la figura 5, los círculos huecos representan los resultados de prueba en el caso de suministrar sólo caliza como un agente de ajuste de basicidad de escoria, y los círculos rellenos representan los resultados de prueba en el caso de suministrar caliza y dolomita que sirve como una sustancia con contenido en MgO para ajustar la basicidad de la escoria (C + M)/S.

A pesar de que los resultados obtenidos dependen de la clase del carbón suministrado, tal como puede entenderse claramente a partir de los resultados de prueba, la fabricación se realiza a la vez que se mantiene una proporción de reparto de azufre (S)/[S] de 25 o más, preferiblemente de 30 o más, con el fin de limitar preferiblemente la concentración de azufre del hierro metálico granulado obtenido a un 0,05 % o menos, y más preferiblemente a un 0,04 % o menos.

En el caso de una basicidad de la escoria (C + M)/S de 1,4 o más, cuanto mayor es la basicidad de la escoria (C + M)/S, mayor es la proporción de reparto de azufre (S)/[S]. En este caso, puede entenderse claramente a partir del dibujo que una adición agresiva de una sustancia con contenido en MgO a la composición de escoria aumenta adicionalmente la proporción de reparto de azufre (S)/[S] de una forma segura en comparación con un caso en el que no se suministra la sustancia con contenido en MgO. Obsérvese que, en el caso en el que no se suministra la sustancia con contenido en MgO, una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S de alrededor de 1,7 en la fase final da lugar a un aumento del punto de fusión de la escoria de tal modo que tiene lugar la coalescencia de la escoria fundida menos fácilmente, lo que conduce a una inhibición de la coalescencia del hierro reducido. Como resultado, se genera un gran número de partículas de hierro metálico granulado finas, lo que conduce a una dificultad en la obtención de hierro metálico granulado de gran tamaño con un alto rendimiento.

No obstante, en el caso de una basicidad de la escoria (C + M)/S de 1,7 o más sin suministrar la sustancia con contenido en MgO, la adición de una sustancia con contenido en CaF₂ con una concentración de CaF₂ de un 0,2 % o más, preferiblemente un 0,4 % o más, en lo que concierne a la composición de escoria, mejora la fluidez de la escoria así como reduce de nuevo el punto de fusión de la escoria, obteniendo de ese modo un hierro metálico granulado de gran tamaño con un alto rendimiento.

Por otro lado, la figura 6 muestra los resultados de prueba en el caso en el que se emplea un mineral de magnetita como una sustancia con contenido en óxido de hierro, que se obtiene en una prueba realizada de la misma forma que en el caso en el que se emplea hematita tal como se describe anteriormente, que muestra en general la misma naturaleza que se muestra en la figura 5. No obstante, con el presente ejemplo, una basicidad aumentada de la escoria (C + M)/S de 1,2 o más da lugar a un rápido aumento de la proporción de reparto de azufre (S)/[S]. A pesar de que no hay una diferencia clara entre los resultados de prueba en el presente ejemplo y los resultados de prueba

que se muestran en la figura 5 que se describe anteriormente, se ha confirmado que los resultados de prueba en el caso de suministrar dolomita como una sustancia con contenido en MgO, representada por los círculos rellenos, muestran una proporción de reparto de azufre (S)/[S] alta significativa en comparación con los resultados de prueba en el caso en el que no se suministra dolomita, representada por los círculos huecos. Es decir, con los resultados de prueba en el caso en el que se emplea un mineral de magnetita como una sustancia con contenido en óxido de hierro, la adición de la sustancia con contenido en MgO tiene en general la misma ventaja que con un caso en el que se emplea el mineral de hematita (A) como una sustancia con contenido en óxido de hierro que se describe anteriormente.

Tal como se describe anteriormente, con el proceso de reducción y fusión de acuerdo con la presente realización, la adición de una sustancia con contenido en MgO a la mezcla de material de partida se ajusta de antemano de tal modo que la basicidad de la escoria (C + M)/S muestra 1,3 o más, preferiblemente 1,4 o más, en la fase final, logrando una alta desulfuración, limitando de ese modo la concentración de azufre en el hierro metálico granulado a un 0,05 % o menos, y más preferiblemente a un 0,04 % o menos. Se supone que la razón es que la adición de una cantidad adecuada de la sustancia con contenido en MgO reduce el punto de fusión de la escoria de la misma forma que en el caso de realizar una adición de fluorita, incluso en el caso de que no se suministre ninguna sustancia con contenido en CaF₂, logrando una mejora de la separación del hierro reducido con respecto a la escoria, y la coalescencia tanto de la escoria como del hierro reducido.

Ejemplo 2

A continuación, se describirá un ejemplo en el que se prepararon dos tipos de piezas aglomeradas de material de partida en la forma de gránulos, formados principalmente por mineral de hematita (A) y carbón que se muestran en la tabla 1 y la tabla 2 que se mencionan anteriormente, y adicionalmente con contenido en caliza o dolomita, y estos gránulos que se forman de este modo se sometieron a reducción y fusión con un horno de reducción de tipo solera giratoria. Obsérvese que los gránulos de material de partida (a) y (b) que se usan en este caso tenían la composición que se muestra en la tabla 3. Tanto los gránulos (a) como (b) estaban formados por mineral de hematita (A). Obsérvese que el gránulo anterior (a) no se ha sometido a la adición de una sustancia con contenido en MgO. Por otro lado, el último gránulo (b) se ha sometido a la adición de un mineral de dolomita natural que sirve como una sustancia con contenido en MgO. Con la presente prueba, la operación se realizó a la vez que se mantuvo una temperatura de la atmósfera de 1.450 °C en el interior del horno.

En la tabla 4 se muestran los valores de análisis del hierro metálico granulado y la escoria que se generan en la prueba, y la basicidad de la escoria (C + M)/S y la proporción de reparto de azufre (S)/[S].

Tabla 3

TIPO	COMPOSICIÓN DE MATERIAL DE PARTIDA (% en masa)				
	MINERAL DE HIERRO	CARBÓN	CaCO ₃	DOLOMITA	AGLUTINANTE
GRÁNULO (a)	73,33	20,74	4,73	0	1,2
GRÁNULO (b)	73,2	20,7	3,09	1,81	1,2

Tabla 4

	HIERRO GRANULADO		ESCORIA				(S)/[S]	(C+M)/S
	[C]	[S]	CaO	SiO ₂	MgO	S		
GRÁNULO (a)	4,03	0,059	46,46	28,82	2,5	1,351	22,75	1,699
GRÁNULO (b)	4,12	0,035	40,26	28,68	8,81	1,588	45,03	1,711

Tal como se muestra claramente en la tabla 4, a pesar de que el gránulo (a) se formó con la basicidad de la escoria (C + M)/S dentro de un intervalo determinado de acuerdo con la presente invención, la escoria mostró una baja concentración de MgO de un 2,5 %, fuera de un intervalo determinado de acuerdo con la presente invención, debido a que el gránulo, que era una mezcla de pieza aglomerada de material de partida, se había sometido solo a la adición de CaCO₃, sin suministrar dolomita. En este caso, se mostró una proporción de reparto de azufre (S)/[S] de 22,75, que no alcanzó el valor deseado de 25,0, lo que conduce a una alta concentración de azufre [S] de un 0,059 % en el hierro metálico granulado.

Por otro lado, el gránulo (b), que satisfizo las condiciones requeridas de acuerdo con la presente invención, se había sometido a la adición de dolomita con una concentración de un 1,81 %, logrando una basicidad de la escoria (C + M)/S de 1,71, una alta concentración de MgO de un 8,81 % en la escoria, y una extremadamente alta proporción de reparto de azufre (S)/[S] de 45,03, obteniendo de ese modo una extremadamente baja concentración de azufre [S] de un 0,035 % del hierro metálico granulado generado.

5 Tal como se describe anteriormente, con el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención, se ha confirmado que el hierro metálico granulado puede generarse con una concentración de azufre [S] de un 0,05 % o menos, más preferiblemente de un 0,04 % o menos, ajustando de forma adecuada una sustancia con contenido en MgO en la mezcla de material de partida de tal modo que la basicidad de la escoria (C + M)/S muestra un intervalo de 1,3 a 2,3 en la fase final, y la concentración de MgO en la escoria muestra un intervalo de un 5 a un 13 %, lo que depende de la concentración respectiva de los CaO, MgO, y SiO₂ contenidos en la mezcla de material.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación para hierro metálico granulado con una baja concentración de azufre, en el que una mezcla de material de partida con contenido en una sustancia con contenido en óxido de hierro y un agente reductor carbonoso se suministra sobre una solera de un horno de reducción de tipo solera móvil calentado con el fin de calentarse, el óxido de hierro contenido en dicha mezcla de material de partida se reduce con dicho agente reductor carbonoso, y el hierro metálico generado se fusiona en la forma de granos a la vez que se separa de la escoria resultante, a continuación de lo cual el hierro metálico generado se enfría con el fin de solidificarse, mediante lo cual se completa el hierro metálico granulado;
- 5 y en el que las cantidades de una sustancia con contenido en CaO, una sustancia con contenido en MgO, y una sustancia con contenido en SiO₂, contenidas en dicha mezcla de material de partida, se ajustan de tal modo que la operación se realiza con una basicidad de la escoria (CaO + MgO)/SiO₂, de 1,3 a 2,3, y con una concentración de MgO de un 5 a un 13 % en masa en lo que concierne a dicha composición de escoria, que dependen de la concentración de cada uno de CaO, MgO, y SiO₂, contenidos en dicha mezcla de material de partida,
- 10 en el que una sustancia con contenido en MgO se mezcla además con dicha mezcla de material de partida con el fin de ajustar dicha basicidad de la escoria y dicha concentración de MgO, en el que se mantiene una proporción de reparto de azufre (s)/[s] entre la escoria y el metal de 25 o más.
2. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se emplea mineral de dolomita como dicha sustancia con contenido en MgO.
- 20 3. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una sustancia con contenido en CaF₂ está contenida además en dicha mezcla de material de partida.
- 25 4. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que se emplea fluorita como dicha sustancia con contenido en CaF₂.
5. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que dicha sustancia con contenido en CaF₂ está contenida en dicha mezcla de material de partida con una concentración de CaF₂ de un 0,2 a un 2 % en masa.
- 30 6. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se suministra polvo carbonoso con el fin de difundirse sobre dicha solera antes de suministrar dicha mezcla de material de partida a dicho horno de reducción de tipo solera móvil calentado.
- 35 7. Un procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicho polvo carbonoso se suministra con el fin de difundirse sobre dicha solera con un espesor de 2 mm o más.
- 40 8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la operación se realiza con dicho horno de reducción de tipo solera móvil calentado a una temperatura de funcionamiento de 1.250 a 1.550 °C.

FIG. 1

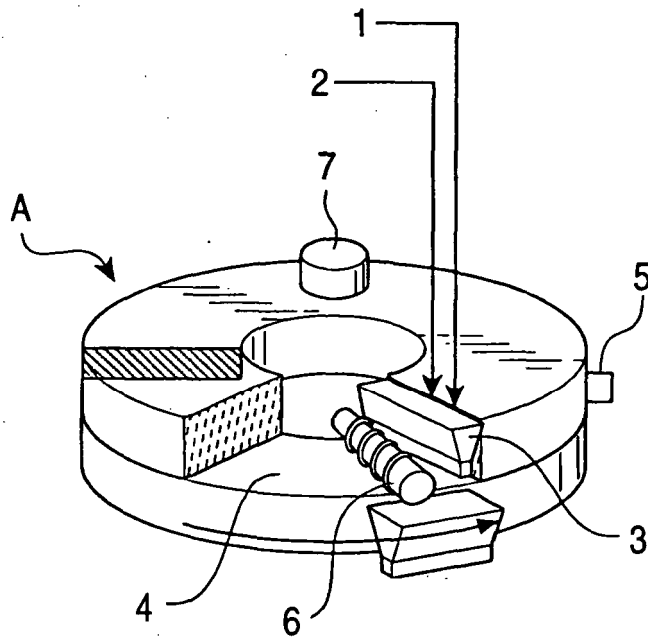


FIG. 2

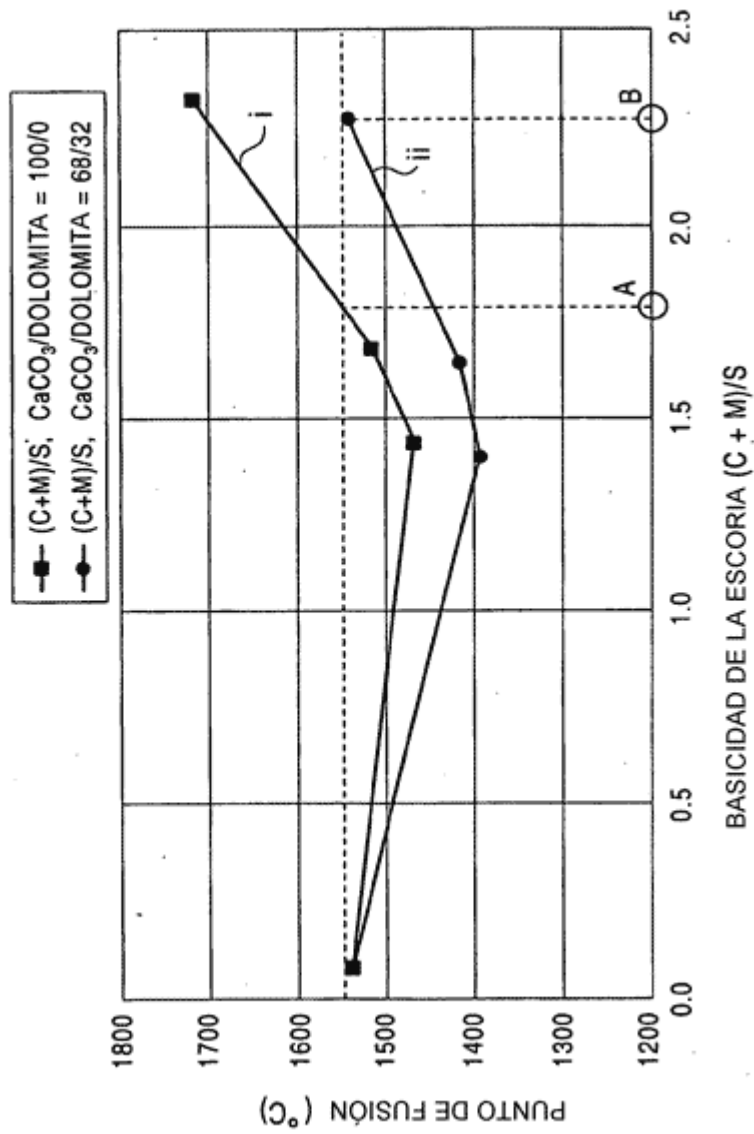


FIG. 3

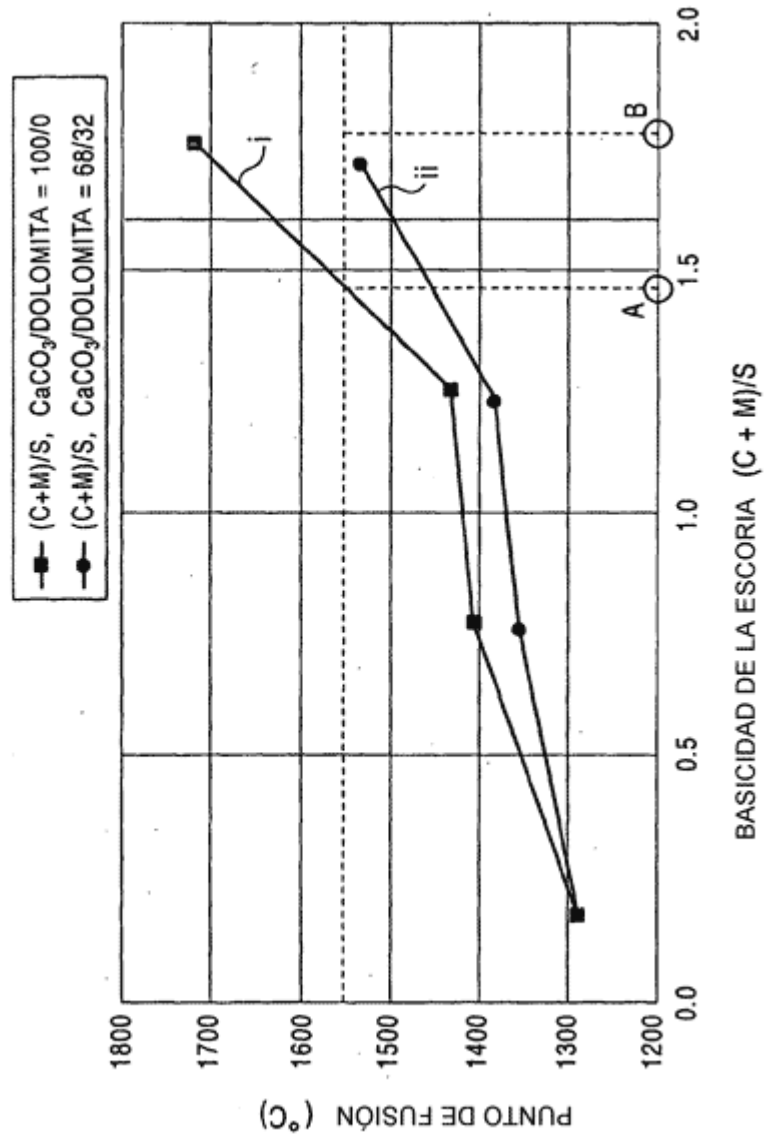


FIG. 4

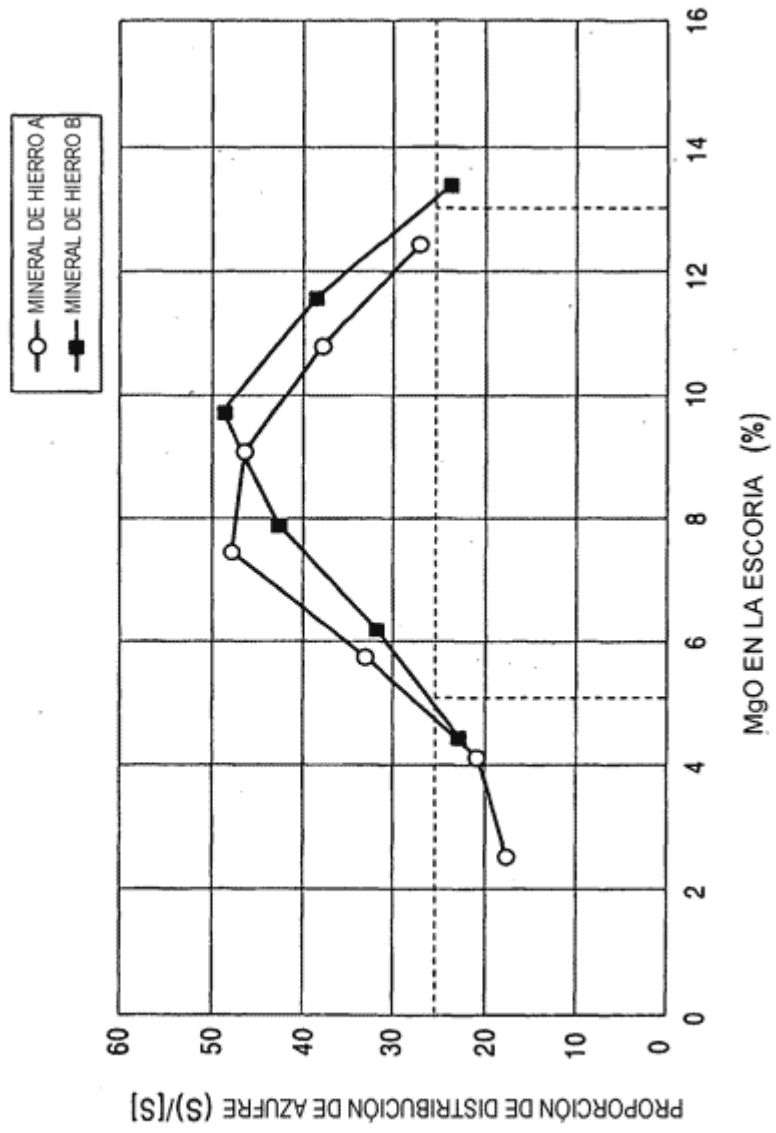


FIG. 5

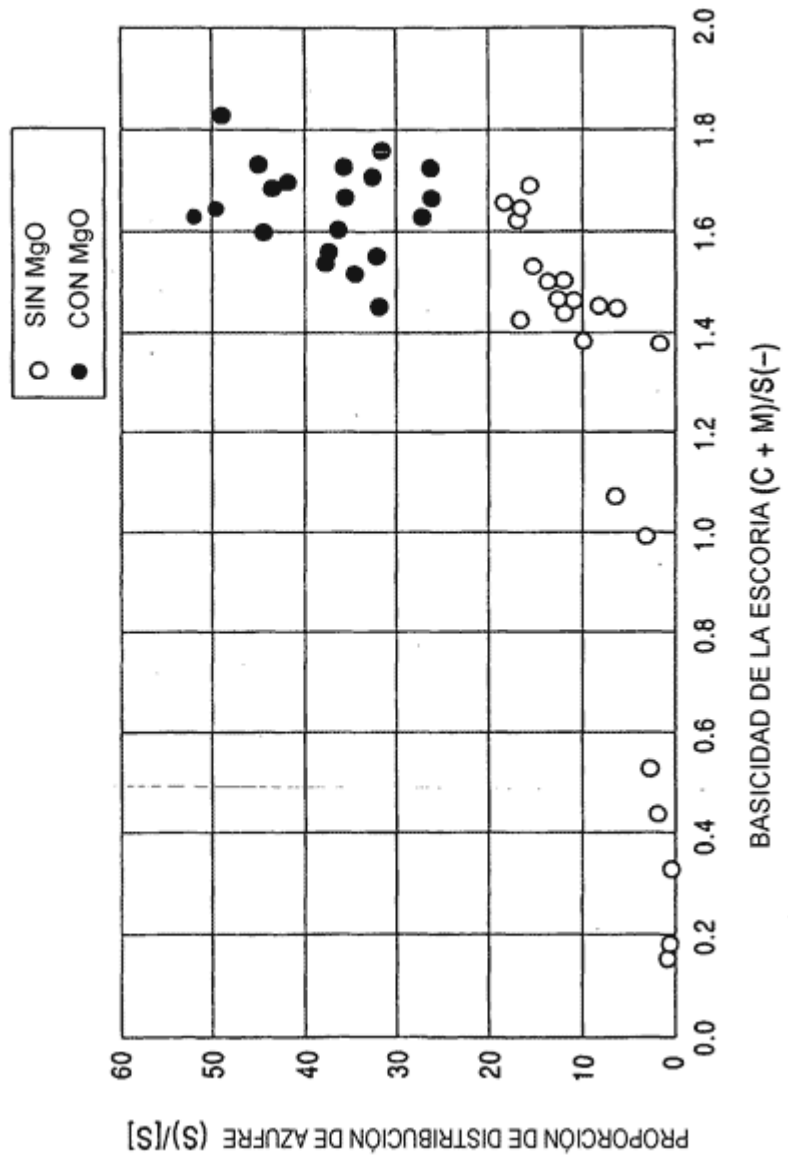


FIG. 6

