



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 291 473**

51 Int. Cl.:

C21B 13/10 (2006.01)

C21B 13/00 (2006.01)

C21B 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02736081 .7**

86 Fecha de presentación : **13.06.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1405924**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2004**

54 Título: **Método para fabricar pepitas metálicas.**

30 Prioridad: **18.06.2001 JP 2001-183932**
16.01.2002 JP 2002-7854

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2008

73 Titular/es: **KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO**
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 2 291 473 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).

ES 2 291 473 T3

DESCRIPCIÓN

Método para fabricar pepitas metálicas.

5 La presente invención se refiere a métodos para fabricar pepitas metálicas. En particular, la presente invención se refiere a un método mejorado para fabricar pepitas metálicas de alta pureza, tales como pepitas de hierro que tienen un gran diámetro y cualidades superiores de transporte y manejo, incluyendo el método calentar una mezcla de una sustancia que contiene óxido metálico y un reductor carbonoso para reducir el óxido metálico, en el que se añade un material auxiliar para aumentar la fluidez de y promover la cohesión de la escoria subproducto fundida al material. El
10 método mejorado consigue un alto rendimiento y una alta productividad.

Esta memoria descriptiva describe principalmente un método para fabricar pepitas de hierro a las que la presente invención se aplica más eficazmente. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la fabricación de pepitas de hierro. La presente invención puede aplicarse también eficazmente a la fabricación de ferrocromo o ferróníquel calentando y reduciendo mena que contiene cromo o mena que contiene níquel, por ejemplo. En la presente invención,
15 el término "pepitas" no necesariamente significa que tengan forma esférica e incluye aquellas que tienen forma elíptica, forma ovalada, y formas ligeramente deformadas de las mismas.

Un ejemplo de un método conocido para fabricar hierro metálico calentando y reduciendo una fuente de óxido de
20 hierro es un proceso directo de fabricación de hierro para obtener hierro reducido reduciendo directamente mena de hierro o gránulos de óxido de hierro usando un material carbonoso o un gas reductor. En particular, un proceso en horno de cuba tal como el proceso Midrex se conoce en la técnica. En el proceso directo de fabricación de hierro, un gas reductor constituido por gas natural o similares se sopla desde una tobera a la parte inferior del horno de cuba para obtener hierro reducido reduciendo el óxido de hierro usando la potencia reductora del gas reductor.

Recientemente, un proceso para fabricar hierro reducido usando un material carbonoso tal como carbón como reductor en lugar de gas natural ha recibido mucha atención. Por ejemplo, un proceso denominado SL/RN de calentamiento y reducción de gránulos sinterizados de mena de hierro o similar con carbón en polvo en un horno de calcinación rotatorio ya se ha puesto en práctica.
25

La publicación USP 3.443.931 describe otro proceso más para producir hierro reducido incluyendo el proceso la fabricación de bloques a partir de una mezcla de material carbonoso y óxido de hierro en polvo y calentar y reducir los bloques en un hogar rotatorio. En este proceso, la reducción se realiza calentando los bloques de una mezcla de material carbonoso y mena de hierro en polvo en una atmósfera a alta temperatura.
30

El hierro reducido fabricado mediante el proceso descrito anteriormente puede usarse directamente como una fuente de hierro para un horno eléctrico o puede someterse a briquetación o similar antes de usarlo como fuente de hierro. Con la recientes tendencias hacia el reciclado de chatarra de hierro, se está prestando mucha atención al hierro reducido fabricado por los procesos anteriores como agente para disminuir la proporción de impurezas metálicas en la chatarra, ya que el hierro reducido resultante tiene un bajo contenido de metales distintos de hierro.
40

Un proceso de reducción en estado fundido, tal como el proceso directo de reducción de fundido de mena de hierro (DIOS), para fabricar hierro reducido calentando y reduciendo directamente la mena de hierro se conoce también en la técnica. En este proceso, la mena de hierro se reduce previamente a aproximadamente el 50 por ciento en masa (en lo sucesivo en este documento denominado "%") o menos del hierro metálico, y el hierro pre-reducido se deja entonces reaccionar directamente con carbono en un baño de hierro para obtener hierro metálico reducido. Sin embargo, como este proceso requiere dos etapas, es decir, una pre-reducción y una reducción final en un baño de hierro, la operación es complicada. Además, como el óxido de hierro fundido (FeO) que existe en el baño de hierro entra directamente en contacto con los refractarios, los refractarios experimentan un desgaste significativo, lo cual es un problema.
50 Esto se debe a que el óxido de hierro en estado fundido corroe significativamente el refractario tal como alúmina o magnesia.

Las publicaciones USP 6.036.744, publicaciones de solicitud de patente no examinada Japonesa N° 09-256017, 2000-144224, y 11-131119, y similares describen procesos para preparar pepitas o bloques de hierro metálico de alta pureza, comprendiendo los procesos calentar y reducir una mezcla de polvos de reductor carbonoso y un óxido de hierro en un hogar rotatorio para preparar hierro reducido y calentar adicionalmente el hierro reducido resultante para separar el hierro reducido de la escoria subproducto utilizando la diferencia de sus gravedades específicas. La mezcla puede pre-formarse en bloques antes de calentarla en el hogar rotatorio, si fuera necesario.
55

De acuerdo con este proceso, el hierro reducido fabricado principalmente por una reducción en fase sólida se calienta, y el punto de fusión del hierro reducido se disminuyó por carburación del hierro reducido para promover la fusión. De esta manera, la productividad del hierro metálico puede mejorarse mientras que se evita el problema del desgaste significativo de los refractarios provocado por el óxido de hierro fundido (FeO).
60

Sin embargo, cuando las pepitas de hierro de alta pureza se fabrican de acuerdo con este proceso a partir de una sustancia tal como mena de hierro que tiene un alto contenido de ganga, la cantidad de escoria subproducto aumenta, degradándose de esta manera la propiedad de cohesión y disminuyendo la pureza del hierro metálico resultante y el rendimiento. Además, cuando una sustancia que contiene CaO (por ejemplo, CaCO₃) se añade al material para
65

ES 2 291 473 T3

ajustar la basicidad de un material que tiene un contenido de SiO_2 alto o para desulfurar un material que contiene un reductor carbonoso que tiene un alto contenido de azufre, la cantidad de escoria subproducto aumenta adicionalmente, degradando adicionalmente de esta manera la propiedad de cohesión de la escoria subproducto.

5 Cuando la propiedad de cohesión de la escoria subproducto se degrada, la separación del hierro metálico, producido por reducción, de la escoria subproducto se hace difícil, la formación de pepitas o bloques de hierro metálico se inhibe, y se produce escoria que encierra hierro metálico. Adicionalmente, se produce una gran cantidad de pequeñas pepitas de hierro metálicas y obstruyen la separación de la escoria subproducto. De esta manera, la obtención de productos que tienen un tamaño dentro de un intervalo adecuado disminuye.

10 Además, la degradación de la propiedad de cohesión de la escoria subproducto frecuentemente ocurre incluso cuando el contenido de ganga de la fuente de óxido de hierro es bajo, dependiendo del tipo de fuente de óxido de hierro, el tipo de componentes de la escoria, y la composición de la escoria.

15 Se ha realizado investigación para superar estos problemas y se descubrió que las pepitas de hierro que tienen un tamaño relativamente grande pueden fabricarse cuando se usa un reductor carbonoso que tienen un contenido de carbono fijo en el proceso que incluye la etapa de reducir el óxido metálico en estado sólido incluido en un material que contiene un reductor carbonoso y una sustancia que contiene óxido de hierro reduciendo en estado fundido en un horno y la etapa de calentar adicionalmente el hierro metálico resultante para fundir el hierro metálico mientras que se permite que el hierro metálico se separe de la escoria subproducto y forme pepitas por cohesión. Basándose en este hallazgo, se ha presentado una solicitud de patente.

20 Aquí, se ha confirmado que las pepitas de hierro relativamente grandes pueden fabricarse con un alto rendimiento controlando el contenido fijo de carbono en el reductor carbonoso al 73% o mayor, el contenido de materia volátil en el material al 3,9% o menor, y la cantidad de reductor carbonoso en el material al 45% o menor de la del óxido de hierro en el material, y ajustando la temperatura para la fusión del hierro metálico preparado por reducción en estado sólido en el horno a 1.400°C o mayor.

30 El proceso descrito anteriormente es valioso ya que examina el efecto del reductor carbonoso sobre la propiedad de cohesión de hierro metálico como factor para fabricar pepitas de hierro metálicas relativamente grandes con un alto rendimiento. Sin embargo, se impone un alto grado de limitación sobre los tipos de reductor carbonoso aplicables.

35 Adicionalmente, puede añadirse CaCO_3 al material con propósito de ajustar la basicidad del componente escoria cuando el contenido de ganga en el material, y particularmente en la fuente del óxido de hierro, es alto, cuando el contenido es SiO_2 en el material es alto, o cuando se requiere de desulfuración debido a que el reductor carbonoso tiene un alto contenido de azufre. En estos casos la cantidad de escoria subproducto aumenta, y la degradación de la propiedad de cohesión para la escoria es inevitable, lo que supone un problema.

40 Además, la propiedad de cohesión de la escoria subproducto puede disminuir también incluso cuando el contenido de ganga en el material es bajo, dependiendo de los tipos de fuente de óxido de hierro, los componentes de la escoria, y la composición de la escoria. También se desea una mejora en este punto.

45 La presente invención se hace basándose en el conocimiento anterior. Un objeto de la presente invención es establecer un proceso para fabricar pepitas metálicas de alta pureza, comprendiendo el proceso calentar y reducir un material que contiene óxido metálico tal como óxido de hierro y un reductor carbonoso tal como coque y calentar adicionalmente para fundir el metal y permitir que la escoria subproducto experimente cohesión mientras que se separa la escoria del metal, pudiendo mejorar el proceso la propiedad de cohesión de la escoria subproducto producida durante la cohesión y separación de la escoria fundida, aumentar la pureza del metal granular resultante producido por calentamiento y reducción, obtiene pepitas metálicas grandes que tienen un tamaño uniforme y potencia de forma fiable el rendimiento del producto final de las pepitas metálicas independientemente del tipo y cantidad del componente de ganga, que varía de acuerdo con el tipo de fuente de óxido metálico.

50 Un método para preparar pepitas metálicas de acuerdo con la presente invención, supera estos problemas. El método incluye calentar un material que contiene una sustancia que contiene óxido metálico y un reductor carbonoso para reducir el óxido metálico en el material, y posteriormente calentar adicionalmente el metal producido para fundir el metal mientras que se permite que el metal se separe de la escoria subproducto y forme hierro granular, y está caracterizado por mezclar un acelerador de cohesión para la escoria subproducto en el material anterior, en el que el acelerador de cohesión consiste en al menos uno de fluoruro cálcico y óxido de boro, y en el que el contenido del acelerador de cohesión en el material está en el intervalo de 0,2 al 2,5% en masa, y preferiblemente en el intervalo de 60 0,4 al 2,0% en masa.

65 El material descrito anteriormente es preferiblemente una mezcla de polvos de la sustancia que contiene óxido metálico, reductor carbonoso y el acelerador de cohesión. La mezcla a usar es preferiblemente uniforme. Más preferiblemente, una mezcla formada por gránulos, briquetas o similares, o en forma comprimida en un compacto se usa preferiblemente.

Se usa fluoruro cálcico (CaF_2) u óxido de boro (B_2O_3) como acelerador de cohesión. Estos pueden usarse solos o en combinación, si fuera necesario. Entre estos componentes, el fluorita que contiene CaF_2 como componente principal

ES 2 291 473 T3

es particularmente preferible como acelerador de cohesión en una visión global del coste y los efectos de aceleración y cohesión.

5 Llevando a la práctica el método de la presente invención, el material se calienta preferiblemente y se reduce continuamente usando un horno de lecho móvil o un horno de hogar rotatorio. Durante el proceso, una capa del material carbonoso puede añadirse sobre el hogar por adelantado, y después el material puede suministrarse para calentarlo y reducirlo en el hogar. De esta manera, la atmósfera adyacente a los materiales en el hogar puede mantenerse siempre a un potencial altamente reductor, y de esta manera la reoxidación del hierro reducido debido al gas de escape oxidativo (tal como ácido carbónico gaseoso y vapor) desde el quemador que se usa para calentar el horno, puede evitarse de
10 forma fiable.

En este método, las pepitas metálicas pueden fabricarse usando óxido de hierro como óxido metálico y usando eficazmente al menos uno de mena de hierro, polvo de fabricación de acero, materiales de desecho de la fabricación de acero y chatarra metálica como sustancia que contiene óxido metálico. Aquí, el polvo generado durante la producción
15 de lingotes de acero inoxidable, en lo sucesivo denominado "polvo de acero inoxidable" se usa preferiblemente como polvo de fabricación de acero junto con una fuente de óxido de hierro tal como mena de hierro y escamas de molienda. De esta manera, los metales valiosos tales como Ni, Cr, y Mo contenidos en el polvo pueden ser capturados por las pepitas de hierro y de esta manera recuperarse eficazmente.

20 La Figura 1 incluye fotografías de productos que muestran el estado inmediatamente después de la reducción en estado fundido de acuerdo con un ejemplo y un ejemplo comparativo. La Figura 2 incluye fotografías que muestran la apariencia de las pepitas de hierro metálicas preparadas mediante el ejemplo y el ejemplo comparativo. La Figura 3 incluye fotografías de productos que muestran el estado inmediatamente después de la reducción en estado fundido de acuerdo con otro ejemplo y otro ejemplo comparativo. La Figura 4 incluye fotografías que muestran la apariencia
25 de pepitas de hierro metálicas preparadas por otro ejemplo más y otro ejemplo comparativo más. La Figura 5 es un gráfico que muestra distribuciones de masa acumulativas, por tamaño de las pepitas metálicas preparadas mediante un ejemplo comparativo y un ejemplo.

Como se ha descrito anteriormente, en la presente invención, se añade al material un componente que promueve
30 la cohesión de la escoria fundida subproducto producida durante la etapa de calentar y reducir la fuente de óxido metálico, y la mezcla resultante se calienta adicionalmente después de la reducción para promover la separación de la escoria subproducto del metal fundido para formar pepitas metálicas relativamente grandes que tienen un tamaño uniforme y una alta pureza a una alta productividad y una alta velocidad de recuperación. La presente invención se describe a continuación usando un proceso para fabricar pepitas metálicas a partir de óxido de hierro que es un ejemplo
35 representativo de un óxido metálico, como ejemplo.

La presente invención usa los mismos procesos para fabricar pepitas de hierro metálicas de alta pureza o bloques descritos en las publicaciones tales como USP 6.036.744 y las publicaciones de solicitud de patente no examinada Japonesa N° 09-256017, 2000-144224 y 11-131119, comprendiendo los procesos preparar una mezcla de polvos de
40 un reductor carbonoso y una sustancia que contiene óxido de hierro, formar la mezcla en bloques si fuera necesario, calentar y reducir la mezcla en un hogar rotatorio y calentar adicionalmente la mezcla para separar el hierro metálico fundido de la escoria subproducto utilizando la diferencia de gravedades específicas de los mismos. La presente invención es un método mejorado basado en estos procesos.

45 En particular, en los procesos conocidos descritos anteriormente, se añade CaCO_3 o similares, si fuera necesario, al material que esencialmente contiene un polvo de una sustancia que contiene óxido de hierro y un reductor carbonoso para ajustar la basicidad o para realizar la desulfuración. Cuando es necesario formar un compacto con el material, se añade una cantidad adecuada de aglutinante adicionalmente al material. La presente invención se caracteriza porque un acelerador de cohesión que contiene al menos un fluoruro cálcico (CaF_2) u óxido de boro (B_2O_3), se añade al material
50 para promover la cohesión de la escoria fundida.

La mezcla de material en polvo anterior que contiene el acelerador de cohesión puede suministrarse directamente a un horno tal como un horno de hogar rotatorio. Preferiblemente, el material en polvo se forma en gránulos usando una planta de granulación de tipo depósito, de tipo tambor o similares, en forma prensada en briquetas, o formas
55 ligeramente prensadas o un compacto antes de que se suministre al horno de manera que se promueve eficazmente la conducción de calor y se acelera la reacción de reducción dentro de la mezcla de material.

Para realizar eficazmente la reducción en estado sólido mientras que se mantiene la mezcla de material que contiene el acelerador de cohesión en un estado sólido en el horno sin provocar la fusión parcial del componente óxido de hierro
60 en el material, se realiza preferiblemente un proceso de calentamiento en dos etapas. El proceso de calentamiento en dos etapas incluye: reducir el material ligeramente mediante reducción en estado sólido mientras que se mantiene la temperatura del horno a una temperatura en el intervalo de 1.200 a 1.500°C y más preferiblemente de 1.200 a 1.400°C; y después reducir el óxido de hierro restante a una temperatura de horno aumentada en el intervalo de 1.400 a 1.500°C mientras que se permitía que el hierro metálico generado (hierro reducido) se fundiera y formara hierro granular. En
65 estas condiciones, las pepitas de hierro pueden producirse de forma fiable con un alto rendimiento. El tiempo que se tarda normalmente para este proceso es de aproximadamente de 8 a 13 minutos. La reducción sólida, fusión y cohesión de óxido de hierro pueden completarse en un corto periodo de tiempo.

ES 2 291 473 T3

Durante el transcurso del proceso, el hierro metálico fundido forma hierro granular y se hace más grande. Como el hierro granular crece mientras se excluye la escoria fundida subproducto, las pepitas de hierro resultantes sustancialmente no contienen escoria y de esta manera presentan una alta pureza de Fe. Cuando estas pepitas de hierro fundidas se enfrían, solidifican y se separan de la escoria usando un tamiz o por separación magnética, pueden obtenerse pepitas de hierro metálicas que presentan una alta pureza de Fe.

La cohesión de la escoria subproducto puede promoverse, y el problema de inhibir la cohesión de hierro metálico fundido producido durante la etapa de fusión después de la reducción puede evitarse añadiendo un acelerador de cohesión a la sustancia que contiene una fuente de óxido metálico y un reductor carbonoso, incluso en los siguientes casos:

1) cuando se usa un óxido de hierro tiene inherentemente una mala propiedad de cohesión como fuente de óxido de hierro metálico;

2) cuando se usa un material con baja calidad de hierro que tiene un alto contenido de ganga;

3) cuando se usan grandes cantidades de materiales auxiliares para ajustar la basicidad de un material que tiene un alto contenido de SiO_2 ; y

4) cuando se añade CaCO_3 o similares a un material que contiene un reductor carbonoso que tiene un alto contenido de azufre (por ejemplo, polvo de carbono de baja calidad) con propósito de desulfuración. Por consiguiente, la calidad de las pepitas de hierro y los costes de fabricación para la misma no se ven afectados negativamente incluso cuando un se usa óxido de hierro que presenta inherentemente una mala calidad de cohesión en el material o cuando la cantidad de escoria subproducto aumenta debido a la adición de CaCO_3 . El efecto de promover la cohesión de la escoria fundida conduce también a promover la cohesión y separación del hierro metálico fundido. De esta manera, las pepitas de hierro metálicas pueden obtenerse con un alto rendimiento y el coste de fabricación de las misma puede reducirse.

Los efectos de usar el acelerador de cohesión, que es la característica de la presente invención son los siguientes.

Cuando se añade un acelerador de cohesión al material, el punto de fusión de la escoria subproducto producida durante la etapa de fusión disminuye mientras que la fluidez de la escoria aumenta drásticamente. Como resultado, cuando el hierro metálico fundido forma pepitas de hierro, la escoria fundida no inhibe u obstruye la cohesión del hierro metálico fundido dispersado. El hierro metálico fundido puede experimentar eficazmente cohesión mientras que excluye la escoria subproducto y de esta manera forma pepitas relativamente grandes. Este efecto niega factores que inhiben la cohesión del hierro metálico fundido independientemente de la cantidad de escoria subproducto, porque la adición del acelerador de cohesión disminuye el punto de fusión de la escoria subproducto y aumenta la fluidez y la propiedad de cohesión de la escoria subproducto. Por consiguiente la propiedad de fusión del hierro metálico fundido puede aumentarse, y las pepitas de hierro que tienen una alta pureza de hierro, un gran diámetro y cualidades de transporte y manejo mejoradas pueden fabricarse eficazmente mientras que se consigue un alto rendimiento incluso cuando se usa una fuente de óxido de hierro que tiene una baja propiedad de cohesión o cuando se usa un material que contiene óxido de hierro de baja calidad y un reductor carbonoso de baja calidad.

Otro efecto de usar el acelerador de cohesión es el siguiente.

Como la propiedad de cohesión del hierro metálico fundido aumenta como se ha descrito anteriormente, aumenta la proporción de pepitas de hierro metálicas grandes en las pepitas de hierro metálicas resultantes. La generación de micro partículas de hierro metálico que son difíciles de separar y la generación de pepitas de hierro metálicas inseparables que encierran escoria resultantes de la cohesión del hierro metálico fundido cuando el hierro metálico fundido no se separa adecuadamente de la escoria subproducto, puede evitarse tanto como sea posible. Por consiguiente, cuando las pepitas de hierro metálicas y la escoria subproducto se descargan desde un horno de reducción en estado fundido tal como un horno de hogar rotatorio, las partículas de hierro micro metálicas, escoria, y las mezclas de pepitas de hierro metálicas y escoria que pasan a través de la holgura de un descargador tal como un tornillo o un raspador y la superficie del hogar no vuelven de nuevo a la zona de calentamiento del horno. Además, puede evitarse que las partículas de hierro metálicas, escoria y las mezclas de pepitas de hierro metálicas y escoria se compriman en la capa protectora del hogar, refractarios del hogar o una capa de refuerzo del hogar. Estos efectos evitan el daño tal como infiltración y erosión del hogar donde los refractarios del hogar por micro partículas de hierro metálicas, escoria y las mezclas de partículas de hierro metálicas y la escoria, y el deterioro y aumento de los refractarios del hogar dando como resultado ciclos térmicos rigurosos. Por consiguiente, la vida de los refractarios del hogar puede prolongarse, puede resolverse un problema de bloqueo de la sección de descarga de producto, y la operación continua a largo plazo puede realizarse de forma fiable.

Cuando la fluidez de la escoria subproducto se mejora usando el acelerador de cohesión, se promueve la reacción de carburación del hierro metálico durante la etapa de calentamiento y reducción, acelerando de esta manera también la fusión de la escoria subproducto, y se acorta el tiempo que se tarda en reducir y fundir el material. Como la fluidez de la escoria subproducto aumenta, aumenta también la velocidad a la que el hierro metálico fundido y la escoria fundida crecen en las pepitas de hierro. Como resultado, el tiempo desde el comienzo de la fusión del hierro metálico preparado por reducción en estado sólido hasta que se completa la formación de pepitas de hierro metálicas

ES 2 291 473 T3

fundidas puede acortarse, además de la reducción descrita anteriormente en el tiempo requerido para la reducción en estado fundido. De esta manera, la productividad puede mejorarse drásticamente mientras que se mantienen un alto rendimiento de grandes pepitas de hierro metálicas de alta pureza.

5 En general, debe evitarse que un acelerador de cohesión entre en el metal reducido y disminuya la pureza de, por ejemplo, el hierro reducido. Un acelerador de cohesión que se combina con los componentes de la escoria y que se separa fácilmente del hierro metálico debe seleccionarse de acuerdo con la presente invención, los aceleradores de cohesión incluyen fluoruro cálcico (CaF_2) y óxido de boro (B_2O_3). Estos componentes pueden usarse solos o en combinación si fuera necesario. Entre estos componentes, CaF_2 y más particularmente fluorita que contiene
10 CaF_2 como componente principal es particularmente preferible a la vista de los costes y efectos de aceleración de cohesión.

El acelerador de cohesión no presenta efectos suficientes cuando la cantidad de acelerador de cohesión es insuficiente. Los efectos de promover la cohesión están saturados a una cantidad excesiva de acelerador de cohesión. De esta manera una cantidad excesiva del acelerador de cohesión no es económica y aumenta los costes del procesado y aumenta la cantidad de escoria subproducto. A la vista de lo anterior, el contenido del acelerador de cohesión está en el intervalo del 0,2 al 2,5% y más preferiblemente del 0,4 al 2,0% del material. El contenido del acelerador de cohesión basado en el componente escoria en el material está preferiblemente en el intervalo del 1 al 11% y más preferiblemente del 3 al 8%.

20 No se impone un límite a los aparatos a los que pueden aplicarse la presente invención. En otras palabras, no se impone un límite a la estructura del horno de reducción en estado fundido. Por ejemplo, la presente invención puede aplicarse a diversos tipos de reducción en estado fundido descritos en publicaciones tales como USP 6.036.744 y las publicaciones de solicitud de patente no examinada Japonesa N° 09-256017, 2000-144224 y 11-131119. El uso de un
25 horno de lecho móvil o un horno de hogar rotatorio es particularmente preferible ya que los procesos de calentamiento y reducción de material, fusión de metal reducido, formación de hierro granular y separación de la escoria subproducto desde el hierro metálico pueden realizarse de forma continua y eficaz usando estos hornos.

En esta invención, no se impone un límite al tipo de óxido metálico usado como fuente de metal. Por ejemplo,
30 pueden usarse mena que contiene níquel, mena que contiene cromo, chatarra reciclada que contiene níquel o cromo o similares. La fuente más habitual de óxido de hierro cuando se fabrican pepitas de hierro es mena de hierro, aunque puede usarse también chatarra de fabricación de acero y materiales de deshecho tales como polvo de fabricación de acero producido durante el proceso de fabricación de hierro en una planta de fabricación de hierro, y chatarra reciclada como fuente de hierro. Estos materiales pueden usarse solos o en combinación si fuera necesario. Por ejemplo, el polvo
35 de acero inoxidable producido cuando se fabrican lingotes de acero inoxidable en un horno eléctrico o similar contiene unas cantidades de metales valiosos no ferrosos tales como Ni, Cr y Mo. Usando el polvo de acero inoxidable solo o en combinación con una fuente de hierro tal como mena de hierro o escamas de molienda como fuente de óxido de hierro Ni, Cr, Mo y similares pueden capturararse dentro de las pepitas de hierro y pueden recuperarse eficazmente.

40 Cuando se usa una fuente metálica, tal como escoria de fabricación de acero, que contiene grandes cantidades de componentes de escoria, una cantidad excesiva de la escoria subproducto respecto a las pepitas metálicas se produce e inhibe la cohesión del metal disminuyendo de esta manera la velocidad de recuperación de las pepitas metálicas grandes. Por consiguiente, para evitar un aumento en la cantidad de la escoria subproducto y para mejorar la velocidad de recuperación de las pepitas metálicas grandes, el contenido de componente de la escoria en la mezcla de material
45 debe ser tan bajo como sea posible. En particular, el contenido componente de la escoria en la mezcla de material se controla preferiblemente para limitar la cantidad de escoria a aproximadamente 500 kg por tonelada de pepita metálica.

En la realización práctica de la presente invención, para reducir el óxido metálico mediante reducción en estado
50 sólido tanto como sea posible y para evitar la generación de óxido metálico fundido que erosiona significativamente los refractarios del hogar, pueden añadirse CaO o CaCO_3 , que ajustan la basicidad de la escoria subproducto como se muestra en los siguientes ejemplos, al material dependiendo del tipo de sustancia que contiene óxido metálico y la composición del componente de escoria contenido en el reductor carbonoso. Dentro del alcance técnico de la presente invención está el usar CaO o CaCO_3 durante la operación.

55 La configuración, los efectos, y las ventajas de la presente invención se describen a continuación a modo de ejemplos. Estos ejemplos no limitan el alcance de la presente invención. Son posibles diversas modificaciones dentro del alcance del espíritu de la invención descrita en este documento. El alcance técnico de la presente invención incluye aquellas modificaciones.

60

Ejemplo 1

En este ejemplo, mena de hierro de magnetita que tiene un alto contenido de ganga y más específicamente un alto
65 contenido del SiO_2 del 0,5% o mayor, se usó como fuente de óxido de hierro. La composición química de la mena se muestra en la Tabla 1.

ES 2 291 473 T3

TABLA 1

Composición Química del Material de Mena de Hierro que Tiene un Alto Contenido de SiO₂ (% en masa)

T. Fe	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Otros	Total
67,21	1,15	91,77	5,4	0,28	0,81	0,45	0,14	100

La composición diseñada de mena de hierro con alto contenido de SiO₂, un reductor carbonoso, un aglutinante (harina de trigo), CaCO₃ (ajustador de basicidad), y CaF₂ (acelerador de cohesión) en los gránulos de material se ajustó como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2

Composición Diseñada de Gránulos de Material (% en masa)

Composición	Caso A (Ejemplo comparativo)	Caso B (Ejemplo comparativo)	Caso C (Ejemplo)	Caso D (Ejemplo)
Mena de hierro con alto contenido de SiO ₂	78,88	72,33	73,42	71,23
Carbón (reductor carbonoso)	19,62	18,17	17,08	17,77
Agglutinante	1,5	1,5	1,5	1,5
CaCO ₃	0	8	7	8,5
CaF ₂	0	0	1	1
Total	100	100	100	100

En el Caso A, la basicidad no estaba ajustada. En los Casos B y C, se usó una cantidad adecuada de CaCO₃ para ajustar la basicidad de la escoria (CaO/SiO₂) a aproximadamente 1,15. En el Caso D, se usó una cantidad adecuada de CaCO₃ para ajustar la basicidad de la escoria (CaO/SiO₂) a 1,3 o mayor. Los casos C y D eran los ejemplos de realización práctica de la presente invención y contenían una pequeña cantidad de fluorita (CaF₂) para potenciar la fluidez de la escoria subproducto. Las cantidades diseñadas de escoria eran 127,8 kg/tonelada (pepitas de hierro) en el Caso A, 215,7 kg/tonelada (pepita de hierro) en el Caso B, 212,7 kg/tonelada (pepitas de hierro) en el Caso C, y 233,8 kg/tonelada (pepitas de hierro) en el Caso D.

En los Casos A y B, las composiciones se ajustaron para examinar el efecto de la escoria subproducto sobre la propiedad de cohesión de las pepitas de hierro. En los Casos B, C y D, las composiciones se ajustaron para examinar el efecto de añadir una pequeña cantidad de un acelerador de cohesión (CaF₂) sobre la mejora de la propiedad de cohesión de las pepitas de hierro. La adición de una pequeña cantidad del acelerador de cohesión es la característica de la presente invención. Los gránulos de material eran sustancialmente esféricos y tenían un diámetro de aproximadamente 16 a 20 mm.

En cada uno de estos casos, de 250 a 265 gramos de los gránulos de material descritos anteriormente se pusieron en un material de lecho carbonoso (polvo de coque) proporcionado sobre toda la superficie de un tablero de espuma de alúmina, se cargaron a un horno de caja y se calentaron durante 12 a 14 minutos en una atmósfera de nitrógeno al 100% a una temperatura de la atmósfera de 1.430 a 1.450°C. La velocidad de recuperación de las pepitas de hierro metálicas de los casos anteriores se muestra en la Tabla 3.

ES 2 291 473 T3

La velocidad de recuperación de pepitas de hierro metálicas es la proporción de la masa de las pepitas de hierro metálicas resultantes producidas realmente a la masa teórica de las pepitas de hierro metálicas calculadas basándose en el valor analítico del contenido de Fe total en los gránulos de material. En la siguiente descripción, la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro metálicas a la masa de hierro contenidas en los gránulos de material se evaluó desde dos aspectos: (1) la proporción en masa de pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de aproximadamente 0,2 gramos o mayor por pepita; y (2) la proporción en masa de pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 1,0 gramos o más por pepita.

TABLA 3

Velocidad de Recuperación de Pepitas de Hierro Metálicas (% en masa)

Composición	Caso A (Ejemplo comparativo)	Caso B (Ejemplo comparativo)	Caso C (Ejemplo)	Caso D (Ejemplo)
Contenido de CaCO ₃ (%)	0,0	8,0	7,0	8,5
Contenido de CaF ₂ (%)	0,0	0,0	1,0	1,0
(1) Velocidad de recuperación de pepitas de hierro metálicas que tienen una masa de aprox. 0,2 g o mayor (%)	96,8	84,6	101,7	99,7
(2) Velocidad de recuperación de pepitas de hierro que tienen una masa de aprox. 1,0 g o mayor (%)	92,86	80,02	100,1	96,2

El caso A se comparó con el Caso B. El Caso B, en el que la cantidad de escoria subproducto aumentó debido a la adición del 8% de CaCO₃, demostró claramente una tendencia de aumento en la velocidad de producción de pepitas de hierro metálicas que tenían un diámetro pequeño. Las velocidades de recuperación de las pepitas de hierro metálicas de (1) 0,02 g o más y (2) 1,0 g o más eran claramente pequeñas. Particularmente la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 1,0 g o mayor disminuyó en un 12% o mayor. Debe observarse

ES 2 291 473 T3

que en el Caso B, grandes cantidades de micro partículas de hierro metálico adheridas sobre la superficie de la escoria subproducto, y aquellas pepitas de hierro metálicas que salían por separado de la escoria encerraban partículas de escoria. De esta manera, la separación de las pepitas de hierro metálicas de la escoria era difícil.

5 Por otro lado, cuando el Caso B se comparó con el Caso C, aunque la cantidad de escoria subproducto había aumentado tanto en el Caso C como en el Caso B, el Caso C demostró que la cohesión del hierro metálico fundido podría mejorarse drásticamente añadiendo CaF_2 . En particular, los rendimientos de ambas pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 0,2 g o mayor por pepita y pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 1,0 g o mayor por pepita mejoraron drásticamente. En el Caso C, la velocidad de recuperación mejoró del 20 al 26% comparado con
10 el Caso B, consiguiendo que la velocidad de recuperación superara el 100%. La velocidad de recuperación superó el 100% debido a que el contenido de hierro total del material de entrada se usó como denominador y la cantidad de hierro bruto que contiene parcialmente carbón recuperado, silicio o similares, se incluyó en el numerador cuando se calculaba el rendimiento de recuperación.

15 En el Caso D, el contenido de CaCO_3 aumentó al 8,5%, y un aumento en la cantidad de escoria dio como resultado la tendencia de disminuir el rendimiento. Sin embargo, la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 0,2 g o mayor era de aproximadamente el 100%, consiguiendo aún un alto rendimiento. El efecto de mejora es obvio cuando se compara con el Caso A en el que la cantidad de escoria subproducto es pequeña. Incluso una diferencia del 1,0% en la velocidad de recuperación de las pepitas de metal tiene un impacto
20 significativamente mayor sobre el coste de las operaciones reales demostrando el rasgo inconfundible de la presente invención.

En la Figura 1 se muestran fotografías que muestran la apariencia de las pepitas de hierro metálicas y la escoria en los casos B y C. Las fotografías que muestran la distribución de tamaño de las pepitas de hierro metálicas en los casos B y C se muestran en la Figura 2. Obsérvese que las fotografías que muestran la apariencia de pepitas de hierro metálicas y escoria muestran el estado de las pepitas de hierro metálicas producidas y la escoria en una bandeja después de reducción en estado fundido.

Como resulta evidente a partir de la Figura 1, el Caso B, en el que se usó un 8% de CaCO_3 , demostró claramente una
30 tendencia de aumento en la velocidad de producción de pepitas de hierro metálicas que tenían un pequeño diámetro. En particular, como resulta evidente a partir de la figura, un gran número de micro partículas de hierro metálico adheridas sobre la superficie de la escoria resultante, y aquellas pepitas de hierro metálicas que existían por separado de la escoria encerraban partículas de escoria y se unían firmemente a aquellas partículas de escoria. De esta manera, la separación de las pepitas de hierro metálicas de la escoria era difícil.

35 A diferencia del Caso B, en el Caso C, en el que se añadió CaF_2 como acelerador de cohesión, la velocidad de producción de pequeñas pepitas de hierro metálicas no disminuyó y casi todas eran pepitas de hierro metálicas grandes. No se encontró sustancialmente ninguna partícula de hierro metálica pequeña que se adhiriera sobre la superficie de las pepitas de escoria para unirse firmemente a la misma. En el Caso B, la escoria producida era vidriosa y verde negruzca.
40 Las dimensiones de la escoria producida aumentaron según aumentaba la unidad básica de la escoria. Sin embargo, la cantidad de partículas de hierro metálicas pequeñas que se adhieren sobre la superficie de la escoria aumentó también excepto para los casos C y D en los que se añadió CaF_2 .

Las Tablas 4 y 5 a continuación muestran los resultados del análisis químico de las pepitas de hierro metálicas producidas y escoria. Como las pepitas de hierro metálicas no contenían sustancialmente metales pesados distintos de los componentes de la ganga principal tales como SiO_2 en la mena, solo se muestran cinco elementos primarios en estas tablas.

TABLA 4

Resultados del Análisis Químico de Pepitas de Hierro Metálicas (% en masa)

	C	Si	Mn	P	S
55 Caso A (Ejemplo Comparativo)	3,23	0,32	0,09	0,040	0,127
60 Caso B (Ejemplo)	3,41	0,20	0,13	0,036	0,078

Comparativo)					
Caso C (Ejemplo)	3,74	0,21	0,18	0,037	0,059
Caso D (Ejemplo)	4,01	0,17	0,23	0,034	0,033

TABLA 5

Resultados del Análisis Químico de la Escoria (% en masa)

	T. Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	Basicidad
Caso A (Ejemplo Comparativo)	4,76	1,64	64,33	10,21	9,82	6,50	0,072	0,159
Caso B (Ejemplo Comparativo)	3,97	0,39	40,54	45,04	6,41	4,04	0,442	1,111
Caso C (Ejemplo)	1,58	0,28	40,42	46,73	6,46	4,09	0,408	1,156
Caso D (Ejemplo)	4,22	0,25	35,09	47,72	5,70	3,71	0,558	1,360

Como resulta evidente a partir de las Tablas 4 y 5, en los Casos C y D, en los que se usaron del 7,0 al 8,5% de CaCO₃ y 1,0% de CaF₂ como acelerador de cohesión, se mantuvieron a un alto rendimiento de recuperación de las pepitas de hierro metálicas mientras que se conseguía un bajo contenido de azufre en las pepitas de hierro metálicas. Particularmente, en el caso D, se obtuvieron pepitas de hierro metálicas de alta calidad que tenían un contenido de azufre distintivamente bajo del 0,033%.

Ejemplo 2

En este ejemplo, se usó mena de hierro que tenía una mala propiedad de cohesión, es decir mena de hematita en el experimento para confirmar el efecto de añadir aproximadamente el 1,0% de CaF₂ como acelerador de cohesión. Los experimentos de reducción en estado fundido se realizaron como en el Ejemplo 1 anterior.

La Tabla 6 muestra la composición química de la mena de hematita usada en el experimento. Las Figuras 3 y 4 incluyen fotografías que muestran las apariencias del estado de los productos inmediatamente después de la reducción en estado fundido (Figura 3) sobre una plancha de aluminio y las pepitas de hierro metálicas recuperadas (Figura 4) obtenidas en el caso F que implementa la presente invención y usa CaF₂ como acelerador de cohesión. Las Figuras 3 y 4 incluyen también fotografías que muestran las apariencias del estado de los productos inmediatamente después de la reducción en estado fundido (Figura 3) en la plancha de aluminio y las pepitas de hierro metálicas recuperadas (Figura 4) obtenidas en el Caso E que es un ejemplo comparativo que no usa CaF₂.

TABLA 6

Composición Química de Mena de Hematita (% en masa)

T. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Otros	Total
68,01	0,1	97,13	1,08	0,47	0,08	0,06	1,13	100

ES 2 291 473 T3

Como en el Ejemplo 1, no se observó aumento en la cantidad de producción de pepitas de hierro metálicas pequeñas cuando se usó CaF_2 . Casi todo eran pepitas de hierro metálicas grandes. El efecto de mejora de añadir el acelerador de cohesión fue evidente.

5 Ejemplo 3

En este ejemplo, se usó Na_2CO_3 como acelerador de cohesión sustituyendo al CaF_2 . Las condiciones del experimento eran sustancialmente iguales que en el Ejemplo 1 anterior, y la composición del material se muestra en la Tabla 7 a continuación. La Tabla 7 describe también la composición del material del ejemplo comparativo.

10

TABLA 7

Proporción de Compuesto Diseñada de Gránulos de Material (% en masa)

15

	Mena de Hematita	Carbón	Aglutinante	CaCO_3	Na_2CO_3	
20	Ejemplo 3	74,41	20,09	1,50	4,0	-
25	Ejemplo Comparativo	71,88	21,02	1,50	4,0	1,6

25

La Figura 5 muestra una distribución de masa acumulativa de las pepitas de hierro metálicas obtenidas en el Ejemplo 3 anterior y el Ejemplo Comparativo. Determinando la distribución de masa acumulativa las pepitas de hierro metálicas recuperadas se clasificaron mediante un tamiz y el número se añadió desde aquellas que tienen un tamaño más grande a aquellas que tienen el tamaño más pequeño. La figura muestra también el porcentaje en masa acumulativo de las pepitas de hierro metálicas que tienen una masa de 0,2 g o mayor y 1,0 g o mayor.

30

Como resulta evidente a partir de la figura, cuando la proporción en masa acumulativa de pepitas de hierro metálicas relativamente grandes que tienen una masa de 1,0 g o mayor se compara, la del Ejemplo Comparativo era del 54,34% en masa mientras que la del Ejemplo 3 era del 95,74% en masa, que es significativamente mayor. Como para la proporción en masa acumulativa de las pepitas de hierro metálicas de 0,2 g o mayor, la del Ejemplo Comparativo era del 58,34% en masa. Esto muestra que aunque esta proporción es ligeramente mayor del 54,34% en masa de las pepitas de hierro metálicas de 1,0 g o mayor, la mejora es sustancialmente ninguna, lo que indica claramente como de grande era la velocidad de producción de micro partículas de hierro metálico en el Ejemplo Comparativo. En el Ejemplo 3, la proporción en masa acumulativa de pepitas de hierro metálicas de 0,2 g o mayor eran del 95,9% en masa, que es significativamente mayor. Esto demuestra que las pepitas de hierro metálicas grandes que tienen una calidad de manejo excelente pueden obtenerse con un alto rendimiento en el Ejemplo 3.

35

40

45 Ejemplo 4

El polvo de acero inoxidable y escamas de molienda que tienen las composiciones descritas a continuación se usaron como fuente de óxido de hierro. Una mezcla en polvo de un reductor carbonoso (polvo de carbono) y un aglutinante (harina de trigo) y una mezcla en polvo del reductor carbonoso, el aglutinante y CaF_2 , es decir un acelerador de cohesión cuyas proporciones de compuesto se muestran en la Tabla 8 se añadió a esta fuente de óxido de hierro para preparar que gránulos que tenían un diámetro de aproximadamente 16 a 20 mm.

50

Los componentes principales en porcentaje en masa del polvo de acero inoxidable fueron los siguientes:

55

T. Fe: 25,7%, M. Fe: 1,54%, SiO_2 : 6,0%, Al_2O_3 : 0,54%, CaO: 3,66%, MgO: 1,3%, M. Ni: 0,27%, NiO: 7,91%, M. Cr: 0,15%, Cr_2O_3 : 16,07%, M. Mn: 0,23%, MnO: 6,44%, MoO: 6,44%, ZnO: 5,53%, y C: 0,56%.

Los componentes principales, en porcentaje en masa de las escamas de molienda fueron los siguientes:

60

T. Fe: 72,2%, M. Fe: 12,6%, SiO_2 : 1,95%, Al_2O_3 : 0,42%, CaO: 1,5%, MgO: 0,1%, MnO: 0,9%.

65

ES 2 291 473 T3

TABLA 8

Composición de Gránulos de Material

	Polvo de acero inoxidable	Escama de molienda	Carbón	Aglutinante	CaF ₂
Ejemplo de la Invención	40,20	40,20	16,63	1,48	1,50
Ejemplo Comparativo	40,84	40,84	16,82	1,50	0

El experimento de reducción en estado fundido usando un horno de caja se realizó como el Ejemplo 1 anterior usando 350 gramos (aproximadamente 40 de cada tipo de gránulos de material). Después se comparó la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro metálicas que tenían una masa de 0,6 g o mayor.

Los resultados mostraron que en el Ejemplo Comparativo que no usaba CaF₂, se produjo un mayor número de pequeñas pepitas de hierro que tenían una masa de menos de 0,6 g, y la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro grandes que tenían una masa de 0,6 g o mayor era de aproximadamente el 62%. En contraste, en el Ejemplo de la invención que usaba CaF₂ como acelerador de cohesión, la cantidad de pepitas de hierro metálicas pequeñas producidas era notablemente menor y la velocidad de recuperación de las pepitas de hierro grandes que tenían una masa de 0,6 g o mayor era distintivamente mayor, es decir, del 98,3%.

Cuando se usa el material que tenía la composición anterior, se producen de 300 a 400 kg de escoria por tonelada de pepitas de hierro metálicas y esto afecta significativamente a la fusión y cohesión del hierro reducido. En el Ejemplo Comparativo anterior, la fluidez de la escoria era mala y de esta manera la escoria obstruía la cohesión de micro partículas de hierro reducido producidas por reducción térmica. Como resultado, se produjo una gran cantidad de micro partículas de hierro metálico. En contraste, en el Ejemplo de la Invención que usa un 1,5% de CaF₂ como acelerador de cohesión, la fluidez de la escoria subproducto aumentó, promoviendo de esta manera la cohesión de micro partículas de hierro reducido y casi todo el hierro reducido producido se combina en grandes pepitas de hierro por cohesión.

Ejemplo 5

Ambos polvo de acero inoxidable y escamas de molienda producidas cuando se producen lingotes de acero inoxidable usando un horno eléctrico se usaron como fuente de óxido de hierro a las proporciones de confección mostradas en la Tabla 9 a continuación. Un reductor carbonoso (polvo de carbón), un aglutinante (polvo de trigo) y 1,5% en masa de CaF₂ como acelerador de cohesión se añadieron a esta fuente de óxido de hierro para preparar una mezcla en polvo. Esta mezcla en polvo se formó en gránulos que tenían un diámetro de aproximadamente 16 a 20 mm. El experimento de reducción en estado fundido se realizó en un horno de caja como en el Ejemplo 4 anterior usando 350 g (aproximadamente 40) de cada tipo de gránulos de material. Se examinó la cantidad de escoria producida como subproducto y el estado de las pepitas de hierro y la escoria subproducto. Obsérvese que en este experimento, el 1,5% en masa de CaF₂ se usó como acelerador de cohesión en todos los casos.

El propósito del experimento era examinar los efectos de la proporción de confección del polvo de horno eléctrico como fuente de hierro sobre la cantidad de escoria subproducto. En otras palabras, cuando la reducción en estado fundido se realiza usando gránulos que contienen carbono usando polvo de horno eléctrico (polvo de acero inoxidable) como fuente de hierro, la cantidad de escoria tiene una gran influencia sobre el funcionamiento estable del proceso. Más específicamente, la cantidad de escoria subproducto aumenta según aumenta la proporción de compuesto del polvo de horno eléctrico en el material. Como resultado, la escoria puede cubrir completamente las pepitas de hierro y obstruir la cohesión de las micro partículas de hierro. Además, la disolución de los refractarios del hogar puede acelerarse adicionalmente mediante el aumento de la cantidad de escoria fundida. En este experimento, la proporción de polvo de horno eléctrico varió en aproximadamente el 25% en masa, el 30% en masa, el 40% en masa y el 50% en masa en los Casos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, para examinar el estado de las pepitas de hierro generadas por la reducción en estado fundido y la escoria subproducto. La cantidad de escoria en cada uno de estos casos se muestra también en la Tabla 9.

Los componentes principales, en porcentaje en masa del polvo de acero inoxidable fueron los siguientes:

T. Fe: 23,5%, M. Fe: 15,7%, SiO₂: 8,2%, Al₂O₃: 2,7%, CaO: 14,2%, MgO: 3,6%, M. Ni: 0,8%, NiO: 3,9%, M. Cr: 0,3%, Cr₂O₃: 10,8%, M. Mn: 0,6%, MnO: 3,2%, MoO: 1,1%, ZnO: 9,6% y C: 0,9%.

ES 2 291 473 T3

Los componentes principales, en porcentaje en masa de las escamas de molienda fueron los siguientes:

T. Fe: 75,1%, M. Fe: 0,07%, SiO₂: 0,01%, Al₂O₃: 0,07%, CaO: 0,02%, MgO: 0,01%, MnO: 0,29%.

5

TABLA 9

Composición de Gránulos de Material (% en masa)

10

15

20

25

	Polvo de acero inoxidable	Escamas de molienda	Carbón	Aglutinante	CaF ₂	Cantidad de escoria subproducto (kg/tonelada de pepitas de hierro)
Caso 1	23,59	55,05	18,38	1,48	1,5	217,2
Caso 2	31,53	47,3	18,19	1,48	1,5	315,4
Caso 3	40,18	40,18	16,66	1,48	1,5	487,8
Caso 4	48,14	32,09	16,79	1,48	1,5	613,7

30

35

Como resulta evidente a partir de la Tabla 9, la cantidad de escoria subproducto aumentó claramente según aumentaba la cantidad de polvo de acero inoxidable. En los Casos 1 y 2, la cantidad de escoria subproducto no era significativamente mayor comparada con la cantidad de pepitas de hierro, y las pepitas de hierro después de la reducción térmica eran suficientemente distinguibles de la escoria subproducto en una bandeja de alúmina. La separación de pepitas de hierro de la escoria subproducto también fue fácil. En el Caso 4, sin embargo, la cantidad de escoria subproducto era significativamente mayor comparada con las pepitas de hierro producidas y sustancialmente todas las pepitas de hierro se cubrieron con la escoria subproducto. Además, se confirmó que las pepitas de hierro se concentraron en el lado inferior de la bandeja de alúmina. En dicho estado, hay peligro de que los refractarios del hogar entren en contacto directo con el hierro metálico fundido, acelerando de esta manera la disolución del material del hogar.

40

45

En el Caso 3, el polvo de acero inoxidable y las escamas de molienda se usaron a una proporción 50:50 como fuente de óxido de hierro. Se considera que esta proporción es sustancialmente el límite de la proporción que permite la separación eficaz de pepitas de hierro de escoria subproducto mientras que se evita el deterioro de los refractarios del hogar. En este caso, la cantidad de escoria subproducto respecto a una tonelada de pepitas de hierro producida fue de aproximadamente 500 kg. Estos resultados muestran que cuando una fuente de hierro tal como polvo de acero inoxidable que tiene un alto componente de escoria se usa como fuente de hierro, la composición se ajusta preferiblemente de manera que la cantidad de escoria subproducto no supere aproximadamente los 500 kg por tonelada de pepitas de hierro producidas.

50

En los Casos 1 a 4 de este ejemplo, se examinaron las velocidades de recuperación de Cr, Ni y Mo en el polvo de acero inoxidable. Los resultados se muestran en la Tabla 10. Estos resultados demuestran también que la velocidad de recuperación de los metales valiosos distintos del hierro puede aumentarse limitando la cantidad de escoria subproducto a tan pequeña como sea posible durante la etapa de preparación del material.

55

TABLA 10

Velocidad de Recuperación de Metales Valiosos en Polvo de Acero Inoxidable (% en masa)

60

65

	Cr	Ni	Mo
Caso 1	88,10	84,3	90,99
Caso 2	71,83	78,0	86,50
Caso 3	51,31	70,2	89,62
Caso 4	50,70	63,4	81,31

ES 2 291 473 T3

De acuerdo con la presente invención que tiene las características descritas anteriormente, la separación del metal fundido producido por reducción en estado fundido, de la escoria subproducto puede acelerarse añadiendo un acelerador de cohesión tal como fluorita (CaF_2) al material como material auxiliar teniendo el acelerador de cohesión un efecto de mejorar la fluidez del subproducto metálico fundido. Como resultado, pueden fabricarse pepitas metálicas de gran tamaño y alta calidad que tienen una alta pureza de metal tal como hierro y mejores cualidades de transporte y manejo a un alto rendimiento y a una alta productividad.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

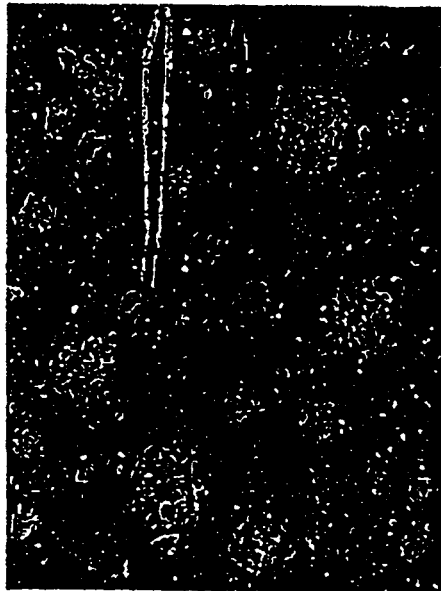
65

ES 2 291 473 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para preparar pepitas metálicas, que comprende calentar un material que comprende una sustancia que contiene óxido metálico y un reductor carbonoso para reducir el óxido metálico contenido en el material y calentar adicionalmente el resultante de manera que el metal se funde permitiendo que el metal se separe de un componente de escoria subproducto y permitiendo que el componente de escoria subproducto experimente cohesión,
- 10 en el que un acelerador de cohesión se mezcla en el material para acelerar la cohesión de la escoria subproducto, en el que el acelerador de cohesión está compuesto por al menos uno de fluoruro cálcico y óxido de boro y en el que el contenido del acelerador de cohesión en el material está el intervalo de 0,2 al 2,5% en masa.
- 15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material es una mezcla de polvos de la sustancia que contiene óxido metálico, el reductor carbonoso y el acelerador de cohesión.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la mezcla está formada en gránulos o briquetas, o se comprime en un compacto, y se usa como material.
- 20 4. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se usa fluorita como acelerador de cohesión.
5. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se usa un horno de lecho móvil para calentar y reducir el material.
- 25 6. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se usa un horno de hogar rotatorio para calentar y reducir el material.
7. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 y 6, en el que una capa de material carbonoso se introduce en un hogar por adelantado, y después el material se suministra para calentarlo y reducirlo en el hogar.
- 30 8. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el óxido de hierro se usa como óxido metálico.
- 35 9. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la sustancia que contiene óxido metálico comprende al menos uno de mena de hierro, polvo de fabricación de acero, materiales residuales de fabricación de acero, y chatarra metálica.
- 40 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el polvo generado durante la producción de lingotes de acero inoxidable se usa como polvo de fabricación de acero para recuperar los metales valiosos contenidos en el polvo.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

FIG. 1



(1) CASO B

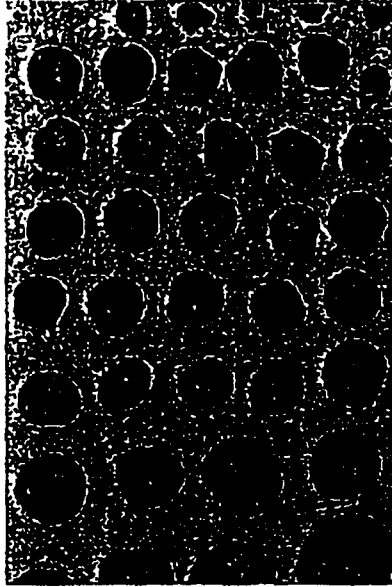


(2) CASO G

FIG. 2

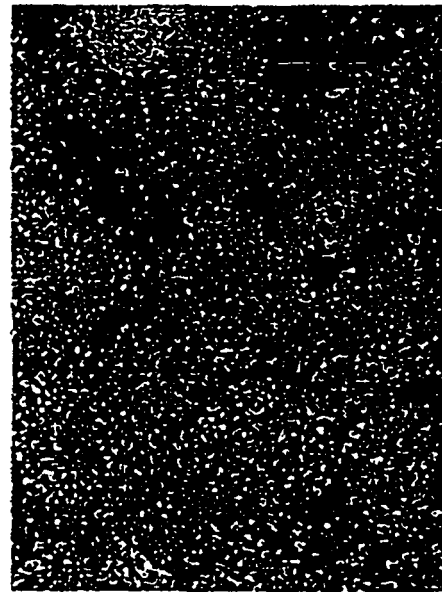


(3) CASO B

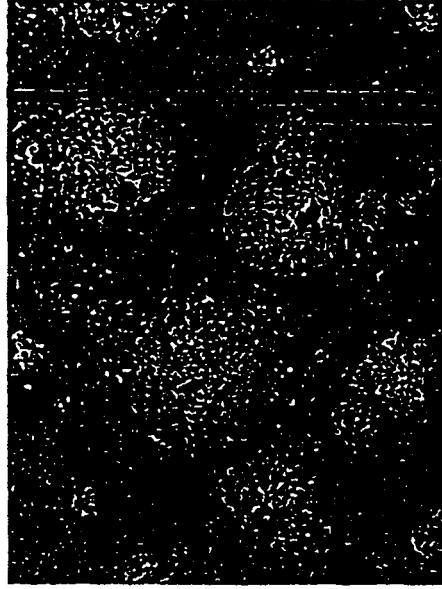


(4) CASO C

FIG. 3

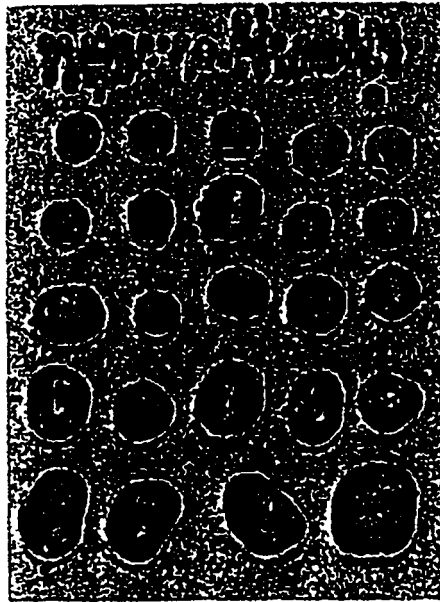


(1) CASO E

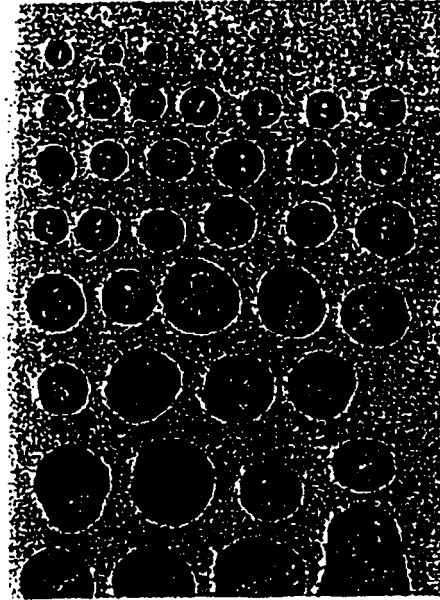


(2) CASO F

FIG. 4



(3) CASO E



(4) CASO F

FIG.5

