



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 001**

51 Int. Cl.:  
**C21B 13/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02770270 .3**

86 Fecha de presentación : **25.10.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1445336**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **11.08.2004**

54 Título: **Método de producción de hierro metálico.**

30 Prioridad: **12.11.2001 JP 2001-346675**  
**23.08.2002 JP 2002-243385**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2008**

73 Titular/es: **KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO**  
**10-26, Wakino-hama-cho 2-chome**  
**Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es: **Kikuchi, Shoichi**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 297 001 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método de producción de hierro metálico.

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método de producción de hierro metálico y particularmente a un método mejorado para permitir un funcionamiento continuo suave evitando un fenómeno que en la producción de hierro metálico por reducción térmica de una mezcla de un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso en un núcleo móvil, material carbonoso de control atmosférico, que se extiende sobre el núcleo para aumentar el potencial de reducción atmosférica en el núcleo para la reducción térmica, se resolidifica en una forma de lámina para inhibir la operatividad.

**Técnica antecedente**

Los métodos relativamente nuevos de producción de hierro metálico por reducción térmica de una fuente de óxido de hierro tal como mena de hierro o similares incluyen un método de producción de hierro metálico que comprende reducir óxido de hierro por calentamiento en un núcleo móvil, un polvo mixto que contiene una fuente de óxido de hierro tal como mena de hierro y un agente reductor carbonoso tal como un material carbonoso, o una materia prima que contiene material carbonoso aglomerado por granulación de la mezcla.

Llevando a cabo este método, se realiza un método conocido en el que para aumentar un potencial de reducción en el núcleo para reducción térmica para mejorar la eficacia de reducción, se extiende un material carbonoso de control atmosférico sobre el núcleo antes de que se cargue la materia prima (por ejemplo, Publicación de Solicitud de Patente No Examinada Japonesa N° 11-106816, 11-106816, 11-172312, 11-335712, 2000-45008, etc.). Se confirma que el material carbonoso de control atmosférico funciona eficazmente para evitar el contacto directo entre un núcleo refractario y el hierro metálico y la escoria generada, que se produce por reducción térmica, y para suprimir la corrosión del núcleo refractario.

Como resultado del avance de la investigación sobre un método de producción de hierro metálico usando material carbonoso de control atmosférico, los inventores encontraron que los métodos convencionales descritos anteriormente tienen los siguientes problemas no resueltos.

El mayor problema señalado en los métodos convencionales es que un material carbonoso en polvo y granular usado para controlar una atmósfera se funde y solidifica en forma de torta de arroz en la etapa de reducción térmica de la materia prima que contiene óxido de hierro para provocar deformación, dependiendo del tipo de material carbonoso en polvo o granular usado, impidiendo de esta manera significativamente un funcionamiento continuo. Cuando ocurre dicho fenómeno en el núcleo durante una operación, se provocan los siguientes diversos problemas.

(1) El hierro metálico y la escoria generada producida por reducción térmica, generalmente solidifican por enfriamiento en el lado de la corriente más inferior de un aparato de producción, y después se descargan desde el núcleo usando un dispositivo rascador tal como un tornillo o similar. Sin embargo, el material carbonoso deformado resolidificado en forma de torta de arroz se recoge mediante el dispositivo de rascado, inhibiendo de esta manera significativamente la descarga del hierro metálico y la escoria generada desde el núcleo.

(2) Cuando el material carbonoso resolidifica en forma de torta de arroz se descarga de forma forzada del núcleo usando el dispositivo rascador, aplicándose una gran carga al dispositivo rascador para provocar un fallo en el dispositivo. También el refractario del núcleo se daña por el material carbonoso resolidificado para deteriorar significativamente la durabilidad.

(3) El hierro metálico producido por reducción, está contenido parcialmente en el material carbonoso resolidificado deteriorando así una proporción de recuperación del hierro metálico.

(4) Cuando un material carbonoso resolidificable se extiende por todo el núcleo antes de cargar una materia prima, el material carbonoso se resolidifica en forma de torta de arroz para provocar la deformación. Por lo tanto, cuando se suministra una materia prima sobre el material carbonoso resolidificado, la materia prima fluye hacia la parte inferior o cae en una torta de la capa de material carbonoso, fallando de esa manera para cargar la materia prima en un espesor uniforme.

Adicionalmente, la mayor parte del material carbonoso descargado del núcleo aún tiene una alta actividad reductora. Sin embargo, en la técnica convencional, el material carbonoso se rechaza, sustancialmente sin ningún tratamiento adicional, dando lugar a mejoras desde el punto de vista de la utilización eficaz de los recursos valiosos.

La presente invención se ha conseguido considerando la situación descrita anteriormente, y un objeto de la presente invención es resolver los diversos problemas anteriores debido al material carbonoso de tipo torta de arroz producido por resolidificación de un material carbonoso en polvo y granular, usado para controlar una atmósfera. Otro objeto de la presente invención es establecer una técnica para reciclar eficazmente el material carbonoso usado que aún tiene actividad reductora como recurso valioso, para disminuir el consumo del material carbonoso de control atmosférico.

**Descripción de la invención**

Para conseguir los objetos, un método para producir hierro metálico de acuerdo con la presente invención comprende calentar, en un núcleo móvil, una materia prima que contiene un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso para reducir el óxido de hierro contenido en la materia prima, en el que la materia prima se suministra después de que un material carbonoso de control atmosférico en polvo o granular se haya extendido sobre el núcleo, y se usa un material carbonoso no resolidificable como material carbonoso de control atmosférico.

El material carbonoso de control atmosférico usado en la presente invención tiene un diámetro de grano de 3,35 mm o menor, contiene el 20% en masa o mayor de granos que tienen un diámetro de grano en el intervalo de 0,5 a 3,35 mm, y tiene un grado de fluidez máxima de 0 (cero). Un ejemplo preferido del material carbonoso de control atmosférico es un material carbonoso no resolidificable obtenido por tratamiento térmico de un material carbonoso resolidificable a una temperatura de aproximadamente 500°C o mayor.

También, un material carbonoso recuperado que se ha calentado debido al uso como material carbonoso de control atmosférico en un aparato de producción de hierro metálico pierde su capacidad de resolidificación debido al tratamiento térmico, y se hace no resolidificable. Por lo tanto, el material carbonoso recuperado puede usarse también eficazmente como material carbonoso no resolidificable, y un material carbonoso que es originalmente no resolidificable, mantiene su no resolidificabilidad bajo el tratamiento térmico y de esta manera puede recuperarse y reciclarse.

En la presente invención, otro material carbonoso eficaz es un material carbonoso no resolidificable mixto que contiene un material carbonoso resolidificable y un material carbonoso no resolidificable. En este caso, puede usarse un material carbonoso pulposo como material carbonoso resolidificable, y puede usarse un material carbonoso tratado térmicamente a una temperatura de aproximadamente 500°C o mayor preferiblemente como el material carbonoso no resolidificable. Particularmente, el material carbonoso que se ha calentado en el aparato de producción de hierro metálico pierde su resolidificabilidad debido al tratamiento térmico y de esta manera el material carbonoso que se ha calentado se recupera y se recicla para provocar la ventaja de que el consumo del material carbonoso de control atmosférico puede disminuir en cooperación con la utilización eficaz de materiales residuales.

Adicionalmente, usando el método de reciclado de material carbonoso, hierro metálico en grano fino y escoria generada, que se mezclan en el material carbonoso recuperado, puede recuperarse por tratamiento en la siguiente etapa, de esta manera la proporción de recuperación del hierro metálico puede aumentarse. Cuando la escoria generada se usa eficazmente como subproducto, la proporción de recuperación de la escoria, puede aumentarse también.

Cuando se usa la mezcla de material carbonoso resolidificable y material carbonoso no resolidificable, una proporción de mezcla preferida depende de la fuerza de resolidificación del material carbonoso resolidificable usado, aunque la proporción de mezcla del material carbonoso no resolidificable está preferiblemente en el intervalo del 50 al 90% en masa respecto al 50 al 10% en masa del material carbonoso resolidificable.

Realizando este método, una parte del hierro metálico, particularmente hierro metálico de grano fino, descargado del núcleo del horno de núcleo móvil, preferiblemente se devuelve al horno de núcleo móvil y el material carbonoso puede recuperarse eficazmente usando electricidad estática.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de flujo de la reducción y fusión realizadas en un ejemplo de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de la reducción y fusión realizadas en otro ejemplo de la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de la reducción y fusión realizadas en un ejemplo adicional de la presente invención.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de la reducción y fusión realizadas en un ejemplo de referencia de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que muestra una etapa de separación de hierro metálico, escoria generada, y material carbonoso recuperado de acuerdo con la presente invención.

**Mejor modo para realizar la invención**

La presente invención puede aplicarse a los métodos descritos, por ejemplo, en la patente de Estado Unidos N° 6.036.744, y en la publicación de solicitud de patente no examinada japonesa N° 9-256017, 2000-144224 y 11-13119, en las que un material que contiene óxido de hierro tal como mena de hierro se mezcla con un agente reductor carbonoso tal como un material carbonoso, y si fuera necesario la mezcla resultante se aglomera o se forma en gránulos, se reduce, por calor en un núcleo móvil y después se calienta adicionalmente para fundir y agregar el hierro reducido producido y separar la escoria generada, para producir hierro metálico granular o en grumos de alta pureza.

## ES 2 297 001 T3

Como se ha descrito anteriormente con respecto a la técnica relacionada, ya se sabe que durante el uso práctico del método descrito anteriormente de producción de hierro metálico, como medio para hacer progresar eficazmente la reducción térmica de la fuente de óxido de hierro en la mezcla de materia prima en el núcleo móvil, un material carbonoso de control atmosférico en polvo y granular se extiende sobre el núcleo antes de que se cargue la materia prima, para mantener el potencial de reducción en el núcleo a un alto nivel durante la reducción térmica. Por consiguiente, la eficacia de reducción aumenta para mejorar la proporción de recuperación de hierro metálico.

Sin embargo, la técnica convencional provoca los diversos problemas descritos anteriormente durante el funcionamiento debido al fenómeno de que el material carbonoso se resolidifica en forma de lámina por calor para reducción y fusión, dependiendo del tipo de material carbonoso de control atmosférico usado.

Por lo tanto, se avanza en la investigación para resolver los problemas descritos anteriormente debido a la resolidificación del material carbonoso de control atmosférico, y para permitir una producción eficaz y suave de hierro como material carbonoso de control atmosférico, un material carbonoso que puede mantener un estado en polvo y granular sin resolidificarse incluso en condiciones de calentamiento para reducción y fusión de la mezcla de materia prima. Esto dio como resultado la obtención de la presente invención.

Por lo tanto, la presente invención se caracteriza por usar un material carbonoso no resolidificable como se define en la reivindicación 1, como material carbonoso de control atmosférico. El ejemplo del material carbonoso no resolidificable incluye lo siguiente.

(1) Material carbonoso que tiene un diámetro de grano de sustancialmente de 3,35 mm o menor, que contiene el 20% en masa o mayor, preferiblemente el 40% en masa o mayor de granos que tienen un diámetro de grano en el intervalo de 0,5 a 3,35 mm y que tienen un grado de fluidez máxima (que se describirá a continuación) de cero (0):

El material carbonoso que satisface dicho patrón de tamaño de grano y grado de fluidez máxima no es resolidificable en un estado de alta temperatura básicamente reductor (generalmente 700 a 1600°C, y más generalmente 900 a 1500°C), y mantiene un estado en polvo y granular. Sin embargo, como se describe en los ejemplos a continuación, se confirmó que incluso con un grado de fluidez máxima de cero, un material carbonoso en polvo y granular que tiene un diámetro de grano de 3,35 mm o menor y que contiene menos del 20% en masa de granos gruesos que tienen un diámetro de grano en el intervalo de 0,5 a 3,35 mm provoca resolidificación en el estado de temperatura de reducción y fusión. Aunque la razón para esto no se conoce actualmente, se considera que el material carbonoso contiene una gran cantidad de granos finos de menos de 0,5 mm, y los granos finos funcionan como aglutinante para promover la resolidificación del material carbonoso. Adicionalmente, como la proporción de granos finos de menos de 0,5 mm aumenta, la dispersión debido al flujo de aire en el aparato de producción de hierro metálico aumenta de forma indeseable.

Un material carbonoso grueso que tiene un diámetro de grano mayor de 3,35 mm no provoca problemas debido a resolidificación, sino que la mezcla del material grueso que tiene un diámetro de grano mayor de 3,35 mm debe evitarse tanto como sea posible porque el funcionamiento como material carbonoso de control atmosférico se deteriora debido a la falta de área superficial. Para mostrar eficazmente el funcionamiento como material carbonoso de control atmosférico, se usa preferiblemente un material que contiene el 60% en masa o menor de granos gruesos en el intervalo de 0,5 a 3,5 mm.

(2) Material carbonoso tratado térmicamente a una temperatura de aproximadamente 500°C o mayor:

Los inventores confirmaron que un material carbonoso resolidificable pierde su resolidificabilidad por tratamiento térmico a una temperatura de aproximadamente 500°C o mayor en una atmósfera no oxidante y se hace no resolidificable. Por lo tanto, cuando un material carbonoso resolidificable carente de adecuabilidad se trata térmicamente a aproximadamente 500°C o mayor, preferiblemente aproximadamente de 600 a 1200°C durante aproximadamente de 5 a 15 minutos en una atmósfera no oxidante, el material puede cambiarse a un material carbonoso que puede usarse como material carbonoso no resolidificable sin ningún problema.

Durante la producción de hierro metálico usando el horno de núcleo móvil, el material carbonoso recuperado separado del hierro metálico y la escoria generada y recuperado después de usarlo como material carbonoso de control atmosférico experimenta un calentamiento correspondiente al tratamiento térmico y después se convierte en un material carbonoso no resolidificable por calentamiento en la atmósfera no oxidante. Por lo tanto, el material carbonoso reciclado puede usarse eficazmente como material carbonoso de control atmosférico con control de tamaño de grano después de la recuperación de acuerdo con la demanda.

(3) Material carbonoso no resolidificable mixto que contiene un material carbonoso resolidificable y una cantidad apropiada de material carbonoso no resolidificable:

Como se observa a partir de los siguientes ejemplos, cuando una cantidad apropiada de material carbonoso no resolidificable se mezcla con un material carbonoso resolidificable que tiene un grado de fluidez máximo de más de cero, el material carbonoso mixto puede hacerse no resolidificable en su conjunto y de esta manera puede usarse como material carbonoso de control atmosférico no resolidificable. Como material carbonoso no resolidificable puede usarse el material carbonoso no resolidificable descrito anteriormente obtenido por tratamiento térmico de un mate-

## ES 2 297 001 T3

rial carbonoso resolidificable, y el material carbonoso descrito anteriormente recuperado después de experimentar el calentamiento en el aparato de producción de hierro metálico.

La cantidad preferida del material carbonoso no resolidificable mezclado con el material carbonoso resolidificable depende del grado de resolidificabilidad del material carbonoso resolidificable usado, por ejemplo, el valor del grado de fluidez máxima. Como el material carbonoso resolidificable tiene originalmente un bajo grado de fluidez, el material puede convertirse en un material resolidificable mezclando solo una pequeña cantidad de material carbonoso resolidificable mientras que con el material carbonoso resolidificable que tiene un alto grado de fluidez debe mezclarse una cantidad relativamente grande de material carbonoso no resolidificable. Sin embargo, la cantidad convencional de material carbonoso no resolidificable para hacer que el material carbonoso resolidificable sea no resolidificable está en el intervalo del 50 al 90% en masa respecto al 50 al 10% en masa del material carbonoso resolidificable, más generalmente en el intervalo del 40 al 90% en masa respecto al 60 a 10% en masa del material carbonoso resolidificable.

De los materiales descritos anteriormente, los materiales más preferibles para la presente invención incluyen el material carbonoso recuperado modificado a no resolidificable por el tratamiento térmico en el aparato de producción de hierro metálico y el material carbonoso mixto que se ha hecho no resolidificable mezclando el material carbonoso recuperado con el material carbonoso resolidificable. En la técnica convencional usando el material carbonoso de control atmosférico para mejorar la eficacia de reducción el material carbonoso de control atmosférico descargado junto con el hierro metálico y la escoria generada ni se recupera ni se recicla, sino que en su mayor parte se rechaza para recuperación junto con la escoria generada.

Sin embargo, el material carbonoso usado como material carbonoso de control atmosférico debe mantener la actividad de reducción para evitar la reoxidación de hierro metálico incluso en la etapa final de calentamiento para reducción y fusión y de esta manera el material carbonoso descargado tiene una actividad de reducción significativa y puede usarse como agente reductor. Adicionalmente, como se ha descrito anteriormente, el material carbonoso recuperado se convierte en el material carbonoso no resolidificable por calor para reducción y fusión de la fuente de óxido de hierro. Por lo tanto, usando eficazmente el material carbonoso no resolidificable recuperado como material carbonoso reciclado, la resolidificación del material carbonoso puede evitarse de forma segura para mejorar adicionalmente la estabilidad de la operación comparada con el uso de material carbonoso reciente.

Adicionalmente, cuando el material carbonoso recuperado se recicla como se ha descrito anteriormente, una cantidad significativa del hierro metálico en grano fino contenido en el material carbonoso recuperado se devuelve de nuevo al aparato de producción de hierro metálico, contribuyendo así a una mejora en la eficacia de reducción del hierro metálico. De forma similar, cuando la escoria generada se recupera también como recurso valioso, la escoria mezclada en forma de granos finos en el material carbonoso recuperado se devuelve también al aparato de producción de hierro metálico junto con el material carbonoso contribuyendo de esta manera a una mejora en la eficacia de recuperación de la escoria generada.

Haciendo un buen uso de la presente invención como se ha descrito anteriormente, pueden obtenerse las siguientes diversas ventajas.

1) Pueden resolverse los problemas de resolidificación del material carbonoso.

2) El material carbonoso, que mantiene la actividad reductora y que se rechaza convenientemente, puede usarse eficazmente contribuyendo de esta manera disminuir el consumo del material carbonoso.

3) Hierro metálico en granos finos que se descarta y se pierde junto con el material carbonoso se recicla junto con el material carbonoso, mejorando de esta manera, la eficacia de recuperación del hierro metálico.

4) De forma similar, la escoria generada puede recuperarse como recurso valioso, mejorando la eficacia de recuperación.

Adicionalmente, la construcción de un aparato usado para realizar la presente invención, es decir, un horno de calentamiento de tipo con núcleo móvil para reducción y fusión, no está limitada, y pueden usarse todos los hornos de fusión y reducción descritos en por ejemplo, la patente de Estados Unidos N° 6.036.744, y la publicación de solicitud de patente no examinada japonesa N° 9-256017, 2000-144244 y 11-131119. Sin embargo, como un aparato preferido, se recomienda un horno de núcleo rotatorio para realizar de una forma eficaz y continua una operación que comprende reducción térmica de una materia prima, fusión del hierro reducido y agregar el hierro fundido a un material granular, y separar la escoria generada.

En la presente invención, el tipo de material que contiene óxido de hierro usado como fuente de hierro no está limitado, y a parte de la mena de hierro típica, puede usarse material residual de la fabricación de hierro rechazado tal como polvo de fabricación de hierro y fabricación de acero descargado de una fábrica de fabricación de hierro, recortes de hierro clasificados y recuperados y similares como materia prima. Estas fuentes de hierro pueden usarse en una combinación de una pluralidad de fuentes de acuerdo con la demanda.

También, el agente reductor carbonoso necesario para reducir el material que contiene óxido de hierro no está limitado y puede usarse cualquier material siempre y cuando comprenda carbono como componente principal y libre

monóxido de carbono reductor por combustión o pirólisis. Adicionalmente, como el material carbonoso de control atmosférico, puede usarse cualquier material siempre y cuando pueda convertirse en material carbonoso no resolidificable modificando mezclando con cualquiera de los diversos tipos de carbón vegetal o coque que pueden adaptarse a los objetos de la presente invención, de acuerdo con la demanda.

5 La condición especificada para reducción y fusión no es particularmente específica y pueden usarse, por ejemplo, las condiciones descritas en las patentes de Estados Unidos N° 6.036.744, y la publicación de solicitud de patente no examinada japonesa N° 9-256017, 2000-144244 y 11-131119. Sin embargo, una condición estándar preferida se  
10 satisface mediante un sistema de calentamiento en dos etapas en el que la reducción en fase sólida progresa fundamentalmente a una temperatura de horno mantenida a 1200 a 1500°C, preferiblemente en el intervalo de 1200 a 1400°C y después la temperatura del horno se aumenta de 1400 a 1500°C para reducir el óxido restante y para fundir el hierro metálico producido (hierro reducido) para agregar el hierro en granos. Estableciendo esta condición, el hierro metálico granular puede producirse de forma estable con un alto rendimiento. El tiempo necesario es de aproximadamente 8 a  
15 13 minutos. En esta condición, la reducción en fase sólida del óxido de hierro, fusión y coalescencia puede completarse en un corto tiempo.

Adicionalmente, en la presente invención como se ha descrito anteriormente, el material carbonoso de control atmosférico se extiende sobre el núcleo para reducir el óxido de hierro para mantener el potencial de reducción en el núcleo a un alto nivel, asegurando así de forma estable una alta eficacia de reducción sin reoxidación del hierro  
20 reducido, particularmente en la etapa final de la reducción térmica o en el momento de la fusión del hierro reducido. El material carbonoso extendido sobre el núcleo refractario puede evitar también un fenómeno de que el hierro fundido y la escoria producida por reducción y fusión entren en contacto directo con el núcleo refractario para deteriorar el refractario, contribuyendo de esta manera a prolongar la vida del núcleo refractario. Para mostrar eficazmente estas funciones, el espesor del material carbonoso de control atmosférico extendido sobre la superficie del núcleo está  
25 preferiblemente en el intervalo de 1 a 10 mm.

En general, el hierro metálico, la escoria generada y el material carbonoso de control atmosférico se descargan en un estado mixto desde el aparato de producción de hierro metálico. De estos materiales descargados, el hierro metálico puede recuperarse mediante fuerza magnética o similar. Una parte del hierro metálico, particularmente granos finos,  
30 se devuelve preferiblemente al horno del núcleo móvil y se vuelve a agregar en su interior, aumentando de esta manera preferiblemente el rendimiento de hierro metálico en grano grueso que puede manejarse fácilmente como producto y que provoca menos deterioro oxidativo. Además la escoria generada y el material carbonoso de control atmosférico pueden separarse sustancialmente mediante una operación de tamizado, aunque ambos materiales se separan preferiblemente usando electricidad estática, porque los granos que tienen sustancialmente el mismo tamaño o granos finos  
35 que no pueden separarse en el tamiz pueden separarse fácilmente. Una combinación de una operación de separación usando un tamiz o fuerza magnética y una operación de separación es eficaz de acuerdo con la demanda.

### Ejemplos

40 Aunque la construcción de la presente invención y el funcionamiento se describirán con detalle a continuación con referencia a los ejemplos, la presente invención no se limita a estos ejemplos y puede realizarse de acuerdo con las modificaciones apropiadas dentro del alcance de lo esencial de la presente invención descrita anteriormente y a continuación. Estas modificaciones se incluyen en el campo técnico de la presente invención.

#### 45 Ejemplo 1

Cada uno de los materiales carbonosos que tienen las composiciones químicas mostradas a la Tabla 1 a continuación se sometió independientemente al ensayo térmico descrito a continuación. El tamaño de grano de cada material carbonoso se controló en el intervalo de 0,5 a 1,0 mm. Cada material carbonoso se calentó a 1000°C durante 90 segundos en atmósfera de nitrógeno en un horno eléctrico tubular, se enfrió y después se observó con respecto a la apariencia para examinar la presencia de resolidificación. También se midió el grado de fluidez máxima de cada material carbonoso. El grado de fluidez máxima se define por JIS M8801, y puede determinarse usando un plastómetro Gieseler. El grado de fluidez máxima es un valor representado por el logaritmo DDPM.

55 Los resultados son como se muestran en la Tabla 1. Los materiales carbonoso A a F que tienen un grado de fluidez máxima 0 (cero) no presentaron resolidificabilidad y se mantuvieron en un estado en polvo y granular después del tratamiento térmico. Por otro lado, los materiales carbonoso G a J que tienen un grado de fluidez máxima mayor de 0 se resolidificaron en un estado carbonoso en el horno de tubo eléctrico. Se confirmó también que los materiales carbonosos K y L obtenidos por los materiales carbonosos tratados térmicamente I y J respectivamente a 1000°C  
60 durante 8 minutos en una atmósfera de nitrógeno se hicieron no resolidificables por tratamiento térmico.

Tabla 1

Símbolo	Muestra de material carbonoso	Valor analítico (% en masa)				Resultado del ensayo térmico	Grado de fluidez máxima por reblandecimiento de fusión
		Contenido en cenizas	Contenido en volátiles	Carbono fijo	Total		
A	Material carbonoso	13,5	2,0	84,5	100	No hay resolidificación	0
B	Material carbonoso	0,1	7,5	92,7	100	No hay resolidificación	0
C	Material carbonoso	17,0	5,6	77,1	100	No hay resolidificación	0
D	Material carbonoso	4,5	7,1	88,5	100	No hay resolidificación	0
E	Material carbonoso	13,6	9,4	77,0	100	No hay resolidificación	0
F	Material carbonoso	16,7	16,9	66,4	100	No hay resolidificación	0
G	Material carbonoso	11,9	37,2	50,9	100	Resolidificación	0,2
H	Material carbonoso	9,8	15,9	74,3	100	Resolidificación	0,5
I	Material carbonoso	7,4	35,4	57,2	100	Resolidificación	1,1
J	Material carbonoso	8,8	19,6	71,6	100	Resolidificación	2,6

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65

<p>No hay resolidificación</p>	<p>No hay resolidificación</p>
<p>Producto tratado térmicamente de I</p>	<p>Producto tratado térmicamente de J</p>
<p>K</p>	<p>L</p>

## ES 2 297 001 T3

De los materiales carbonosos mostrados en la Tabla 1, cada uno de los materiales carbonosos que presenta resolidificabilidad se mezcló con un material no resolidificable y la mezcla resultante se calentó a 1000°C durante 90 segundos en una atmósfera de nitrógeno para examinar la resolidificabilidad. Los resultados se muestran en la Tabla 2. La Tabla 2 indica que un material carbonoso no resolidificable mixto puede obtenerse mezclando una cantidad apropiada de material carbonoso no resolidificable con un material carbonoso resolidificable. En este caso, se reconoce que con un material carbonoso resolidificable que tiene un alto grado de fluidez máxima, la proporción de mezcla del material carbonoso no resolidificable para eliminar la resolidificabilidad debe aumentarse.

TABLA 2

Material carbonoso principal (material carbonoso resolidificable)	Material carbonoso secundario (material carbonoso no resolidificable)	Proporción de mezcla de material carbonoso secundario para hacerlo no resolidificable (% en masa)
I	K	80
J	L	90
I	C	80
J	C	90
H	A	60
H	B	60
H	C	60
H	D	60
H	E	60
H	F	60
G	C	60

### Ejemplo 2

En la producción de hierro metálico reduciendo y fundiendo un gránulo de mena de hierro que contiene material carbonoso (diámetro de grano: 16 a 20 mm) mediante un aparato de fusión por reducción de tipo núcleo rotatorio usando el material carbonoso H (diámetro de grano: 3 mm o menor) mostrado en la Tabla 1 como un material carbonoso de control atmosférico de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 1, se realizó el experimento sobre el reciclado del material carbonoso de control atmosférico. En concreto, el material carbonoso de control atmosférico (mezcla de material fresco de material carbonoso H y un material reciclado del mismo) se extendió a un espesor de aproximadamente 3 a 6 mm sobre un núcleo de una parte de suministro de materia prima de horno de núcleo rotatorio y los gránulos de materia prima se suministraron al núcleo con calentamiento para reducir y fundir los gránulos de materia prima. Después, el hierro reducido producido y la escoria generada se emplearon junto con el material carbonoso de control atmosférico restante en el núcleo y se descargaron del núcleo mediante un dispositivo de rascado. El material descargado se puso en un separador magnético y a través de un tamiz para separar el hierro reducido, la escoria generada y el material carbonoso restante. El material carbonoso restante separado se recuperó, se devolvió como material carbonoso reciclado a la parte de suministro de materia prima y después se usó de nuevo. Las condiciones de operación para reducción y fusión fueron las siguientes:

#### *Condiciones de operación*

Gránulo de materia prima: una materia prima de mena de hierro que tiene la siguiente composición se mezcló con un material carbonoso en polvo a una proporción en masa de 78:22, y una pequeña cantidad de aglutinante se añadió a la mezcla resultante. La mezcla se granuló después y se secó para obtener gránulos granulares que tienen un diámetro de grano medio de 18 mm.

La composición de la materia prima de mena de hierro (% en masa): T. Fe; 68,1%, SiO<sub>2</sub>; 1,4%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,5%.

## ES 2 297 001 T3

Condiciones de operación:

Zona de reducción térmica; temperatura ... aproximadamente 1650°C, tiempo de retención ... 10 minutos.

5 Zona de fusión; temperatura ... aproximadamente 1450°C, tiempo de retención ... 5 minutos.

Se realizó una operación continua por este método usando una mezcla de 40 partes en masa de material carbonoso reciente y una mezcla de 60 partes en masa de material carbonoso reciclado. Como resultado, el material carbonoso mixto no se resolidificó en la etapa de fusión por reducción, y de esta manera la descarga del núcleo del horno mediante un dispositivo de rascado y reciclado pudo realizarse de forma suave, permitiendo de esta manera un funcionamiento continuo sin problemas.

### Ejemplo 3

15 Se realizó otro experimento de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 2 usando el mismo aparato de fusión de reducción y tipo de horno de núcleo rotatorio descrito anteriormente. En este aparato, un material reciente de material carbonoso I (resolidificable) mostrado en la Tabla 1, un material reciente de material carbonoso F (no resolidificable) mostrado en la Tabla 1, y material reciclado recuperado después de calentarlo en el aparato se mezclaron en una proporción en partes de 22:20:60, y la mezcla resultante se usó en una operación continua similar. Los gránulos de materia prima usados en las condiciones de operación fueron las mismas que en el ejemplo 1.

20 Como resultado, el material carbonoso de control atmosférico no se resolidificó en la posición de descarga del producto solidificado en frío después de la reducción y fusión, permitiendo de esta manera una descarga suave del producto mediante el dispositivo de rascado. También, el producto descargado se puso en un separador magnético y a través de un tamiz para recuperar el hierro metálico granular y para separar la escoria generada, obteniendo el material carbonoso residual. El material carbonoso residual recuperado (diámetro de grano: 3 mm o menor) puede usarse repetidamente como material carbonoso no resolidificable sin ningún problema.

### Ejemplo 4

30 El grado de trituración del material carbonoso F mostrado en la Tabla 1 se cambia para preparar dos tipos de materiales carbonosos que tienen respectivamente los patrones de tamaño de grano mostrados en la Tabla 3 y cada uno de los dos materiales carbonosos se usó en el mismo ensayo de calentamiento que en el ejemplo 1 para comparar la presencia de resolidificación. Los resultados son como se muestran en la Tabla 3. Incluso con los materiales carbonosos que tienen la misma composición, la resolidificabilidad depende del patrón de tamaño de grano y el material carbonoso que contiene el 20% en masa o más de granos que tienen un tamaño de grano en el intervalo de 0,5 a 3,25 mm no se resolidifica mientras que el material carbonoso que contienen menos del 20% en masa de granos que tienen un tamaño de grano en el mismo intervalo (es decir que contienen más del 80% en masa de granos finos de menos de 0,5 mm) se resolidifica ligeramente. Se encuentra de esta manera que el control apropiado del patrón de tamaño de grano de un material carbonoso es eficaz también para evitar la resolidificación.

TABLA 3

	Distribución del tamaño de grano (% en masa)				Resultado del ensayo térmico
	Mayor de 3,35 mm	De 0,5 a 3,35 mm	Menor de 0,5 mm	Total	
Material carbonoso F-1	0,0	23,6	76,4	100	No hay resolidificación
Material carbonoso F-2	0,0	18,2	81,8	100	Baja resolidificación

### Ejemplo 5

65 50 g material carbonoso C mostrado en la Tabla 1 se extendieron sobre una bandeja refractaria de un horno de calentamiento experimental, y aproximadamente 170 g de gránulos secos (diámetro de grano: de 9,5 a 13,2 mm) que tenían la misma composición de materia prima que el Ejemplo 1, se cargó en una capa de material carbonoso C.

## ES 2 297 001 T3

Después se realizaron reducción y fusión a una temperatura del horno de 1450°C durante 20 minutos en una atmósfera de nitrógeno para producir hierro granular y escoria generada. Se examinaron la distribución del tamaño de grano del hierro producido y la escoria generada (experimentos 1 y 2).

5 También, la reducción y fusión se realizaron por el mismo método descrito anteriormente, excepto que una mezcla de 50 g del mismo material carbonoso, 20 g de hierro granular que tenía un diámetro de grano de 1 a 3,35 mm, y 1 g de escoria se extendió sobre la bandeja refractaria para producir hierro granular y escoria generada. Se examinaron las distribuciones del tamaño de grano del hierro producido y escoria generada (experimentos 3 y 4). Los resultados se muestran en la Tabla 4.

10

TABLA 4

Experimento N°	1	2	3	4
<b>Muestra</b>				
<b>Gránulo seco</b>				
Diámetro de grano (mm)	9,5-13,2	9,5-13,2	9,5-13,2	9,5-13,2
Peso (g)	173	710	167	171
<b>Hierro granular reciclado</b>				
Diámetro de grano (mm)	-	-	1-3,35	1-3,325
Peso (g)	-	-	20	20
<b>Escoria reciclada</b>				
Diámetro de grano (mm)	-	-	1-3,35	1-3,35
Peso (g)	-	-	1	1
<b>Peso del producto después del ensayo</b>				
<b>Hierro granular</b>				
6,7 mm o mayor (g)	24,7	28,5	23,4	25,4
3,35 a 6,7 mm (g)	34,1	27,9	39,5	38,9
1 a 3,35 mm (g)	22,2	23,5	34,3	35,0
Sub-total (g)	81,0	79,9	97,2	99,3
<b>Escoria</b>				
6,7 mm o mayor (g)	0,1	0,0	0,0	0,2
de 3,35 a 6,7 mm (g)	3,2	2,9	3,3	3,6
de 1 a 3,35 mm (g)	0,7	0,5	1,2	1,2
Sub-total (g)	4,0	3,4	4,5	5,0
<b>Total (g)</b>	<b>85,0</b>	<b>83,3</b>	<b>101,7</b>	<b>104,3</b>

60 Estos experimentos se realizaron para confirmar el grado de recuperación del hierro granular y escoria mezclados en el material carbonoso reciclado durante el reciclado del material carbonoso usado como material carbonoso de control atmosférico. Los Experimentos 1 y 2 son ejemplos experimentales suponiendo que el material carbonoso no se recicla, los Experimentos 3 y 4 son ejemplos experimentales suponiendo que el material carbonoso se recicla.

65 Una comparación entre los Experimentos 1 y 2 y los Experimentos 3 y 4 mostrados en la Tabla 4 indica que en los Experimentos 3 y 4 suponiendo que el material carbonoso se recicla, las cantidades de hierro granular producido y escoria que tiene un diámetro de 1 a 3,35 mm disminuye comparado con el total de las cantidades en los experimentos 1 y 2 y las cantidades del hierro granular y escoria mezcladas inicialmente con el material carbonoso mientras que las cantidades de los productos producidos que tienen un diámetro de 3,35 a 6,7 mm aumenta en consecuencia. Por lo

## ES 2 297 001 T3

tanto se encuentra que el hierro granular y la escoria mezclados previamente en el material carbonoso (correspondiente al material carbonoso reciclado que contiene hierro granular y escoria) coalesce en el proceso de reducción y fusión.

### Ejemplo 6

5 Como se muestra en la Figura 3, el material carbonoso no resolidificable A (40 partes en masa) y el material carbonoso reciclado (60 partes en masa) se mezclaron para preparar un material carbonoso mixto (100 partes en masa). El material carbonoso mixto preparado de esta manera se extendió sobre el núcleo de un horno de núcleo rotatorio por el mismo método que en el Ejemplo 1, y los gránulos secos que contienen material carbonoso se cargaron en el material carbonoso mixto. Después se realizaron reducción y fusión, y el producto obtenido se enfrió, se descargó y después se tamizó para recuperar hierro granular y generar escoria que tiene un diámetro de grano de aproximadamente 3 mm o mayor adecuado para utilización industrial. Por consiguiente, se recuperó un material carbonoso de aproximadamente 3 mm o menor que contiene hierro granular fino y escoria. Por lo tanto, la cantidad total de material carbonoso recuperado se usó cíclicamente como material carbonoso reciclado y se añadieron 40 partes en masa de material carbonoso fresco al material reciclado para equilibrar la línea de producción en su conjunto, permitiendo un funcionamiento continuo suave.

### Ejemplo de Referencia

20 Se realizaron reducción y fusión por el mismo descrito anteriormente excepto que los gránulos secos y el material carbonoso no resolidificable A se usaron sin un reciclado del material carbonoso de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 4. El hierro granular producido y la escoria generada y el material carbonoso recuperado se tamizaron con un diámetro de grano de aproximadamente 3 mm. En este caso, aproximadamente el 9% en masa de todo el hierro metálico descargado del horno estaba contenido como hierro de grano fino en el material carbonoso recuperado, provocando una pérdida de producto correspondiente al hierro de grano fino. De forma similar, como en un caso en el que el material carbonoso no se recicla, aproximadamente el 70% en masa de toda la escoria generada descargada del horno se descarga como escoria de grano fino junto con el material carbonoso recuperado, provocando de esta manera la pérdida correspondiente a la escoria de grano fino descargada en la recuperación de la escoria como un recurso valioso.

### Ejemplo 7

30 En cada una de las operaciones de separación del Ejemplo 1 (Figura 1) y Ejemplo 2 (Figura 2), una mezcla de hierro metálico y escoria generada descargados del horno, y el material carbonoso de control atmosférico se sometieron a separación magnética para recuperar hierro metálico como se muestra en la Figura 5. Después, una mezcla de la escoria generada restante y el material carbonoso de control atmosférico se cargaron triboeléctricamente y después se suministraron a un separador electrostático provisto con electrodos positivo y negativo. Para separar la escoria generada (cargada negativamente) y el material carbonoso de control atmosférico (cargado positivamente). El material carbonoso de control atmosférico separado puede reciclarse de la misma manera mostrada en las Figuras 1 y 2.

40 Como método de carga eléctrica, pueden usarse métodos de carga eléctrica distintos del método de carga triboeléctrica, por ejemplo un método de carga eléctrica que usa un generador de iones, un método de carga eléctrica por corona y similares.

### 45 Aplicabilidad industrial

50 En la presente invención que tiene la construcción descrita anteriormente, una materia prima que contiene un material que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso se calienta en un núcleo móvil para reducir el óxido de hierro en la materia prima, para producir hierro metálico. Durante la producción, la materia prima se suministra después de que un material carbonoso de control atmosférico en polvo y granular se haya extendido sobre el núcleo. Cuando un material carbonoso no resolidificable se usa como material carbonoso de control atmosférico, puede evitarse que el material carbonoso que se resolidifique en forma de torta de arroz provocando un fallo en la descarga, permitiendo de esta manera un funcionamiento continuo suave y suprimiendo el daño a un refractario del núcleo para prolongar la vida del mismo.

55 Adicionalmente, usando un método de reciclado del material carbonoso recuperado del aparato de producción del hierro metálico y usando el material carbonoso reciclado como material carbonoso de control atmosférico, el consumo de material carbonoso puede disminuir significativamente y el hierro metálico y escoria generada contenidos en el material carbonoso recuperado, que convencionalmente se descarta, pueden recuperarse mejorando de esta manera la proporción de recuperación. Por lo tanto, puede obtenerse un efecto funcional adicional de “matar dos pájaros de un tiro con una sola piedra”.

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un método de producción de hierro metálico que comprende calentar una materia prima, que contiene un material un que contiene óxido de hierro y un agente reductor carbonoso, en un núcleo móvil, para reducir óxido de hierro en la materia prima, en el que la materia prima se suministra después de que un material carbonoso de control atmosférico en polvo y granular se extiende sobre el núcleo, y un material carbonoso no resolidificable que puede mantener un estado en polvo y granular sin resolidificarse, como se define por tener un grado de fluidez máxima por el definido por JIS M8801 de 0 (cero), incluso en una condición de calentamiento para reducción y fusión de la mezcla de materia  
10 prima, que tiene un diámetro de grano de 3,35 mm o menor, que contiene el 20% en masa o mayor de granos que tienen un diámetro de grano en el intervalo de 0,5 a 3,35 mm, se usa como material carbonoso de control atmosférico.

15 2. El método de producción de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un producto tratado térmicamente de un material carbonoso resolidificable se usa como material carbonoso de control atmosférico.

3. El método de producción de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que un material carbonoso recuperado que se ha calentado en un aparato de producción de hierro metálico se usa como material carbonoso de control atmosférico.

20 4. El método de producción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que una mezcla de un material carbonoso no resolidificable y el material carbonoso recuperado que se ha calentado en el aparato de producción de hierro metálico se usa como material carbonoso de control atmosférico.

25 5. El método de producción de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un material carbonoso no resolidificable mixto formado mezclando un material carbonoso no resolidificable con un material carbonoso resolidificable se usa como material carbonoso de control atmosférico.

30 6. El método de producción de acuerdo con la reivindicación 5, en el que un material carbonoso reciente se usa como un material carbonoso resolidificable, y un material carbonoso tratado térmicamente se usa como un material carbonoso no resolidificable.

7. El método de producción de acuerdo con la reivindicación 6, en el que un material carbonoso recuperado que se ha calentado en el aparato de fabricación de hierro metálico se usa como material carbonoso tratado térmicamente.

35 8. El método de producción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que la proporción de mezcla del material carbonoso no resolidificable es del 50 al 90% en masa respecto al 50 al 10% en masa de material carbonoso resolidificable.

40 9. El método de producción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una parte del hierro metálico descargado del horno de núcleo móvil se devuelve al horno de núcleo móvil.

45 10. El método de producción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3, 4 y 7, en el que el material carbonoso se recupera usando electricidad estática.

50

55

60

65

70

FIG. 1

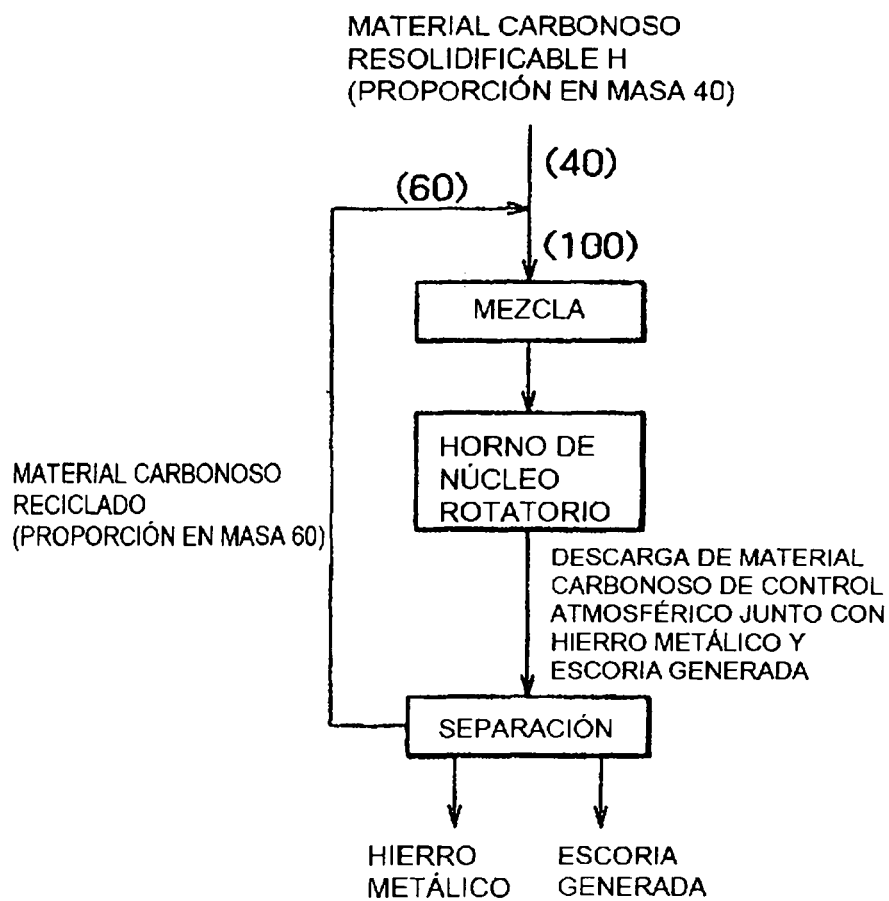
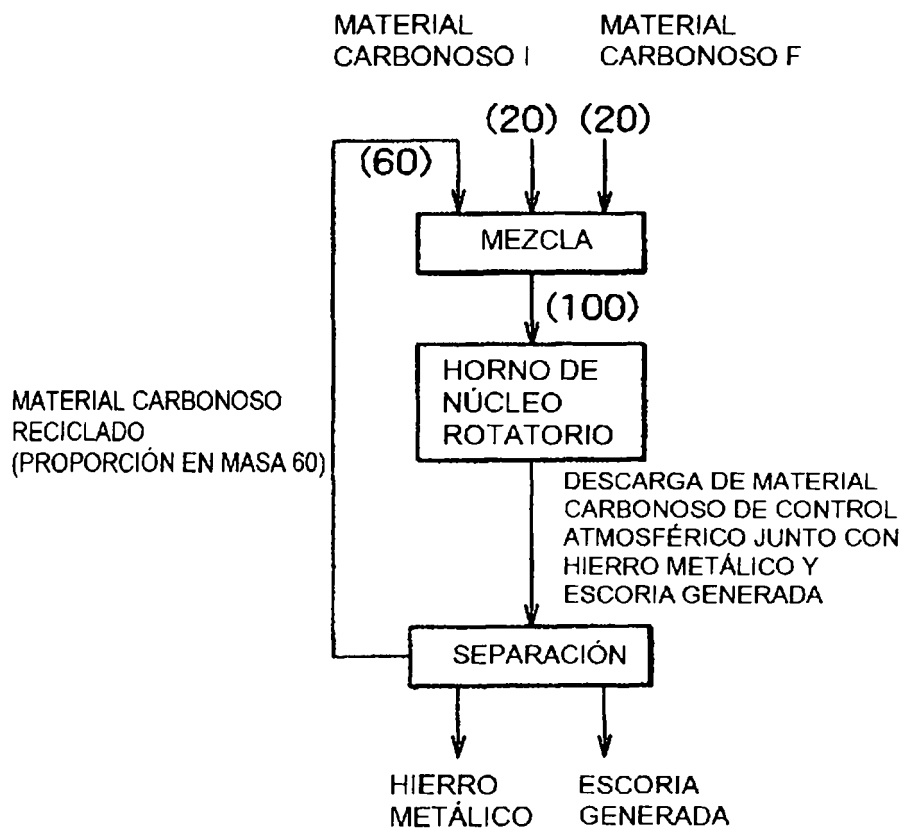


FIG. 2



# FIG. 3

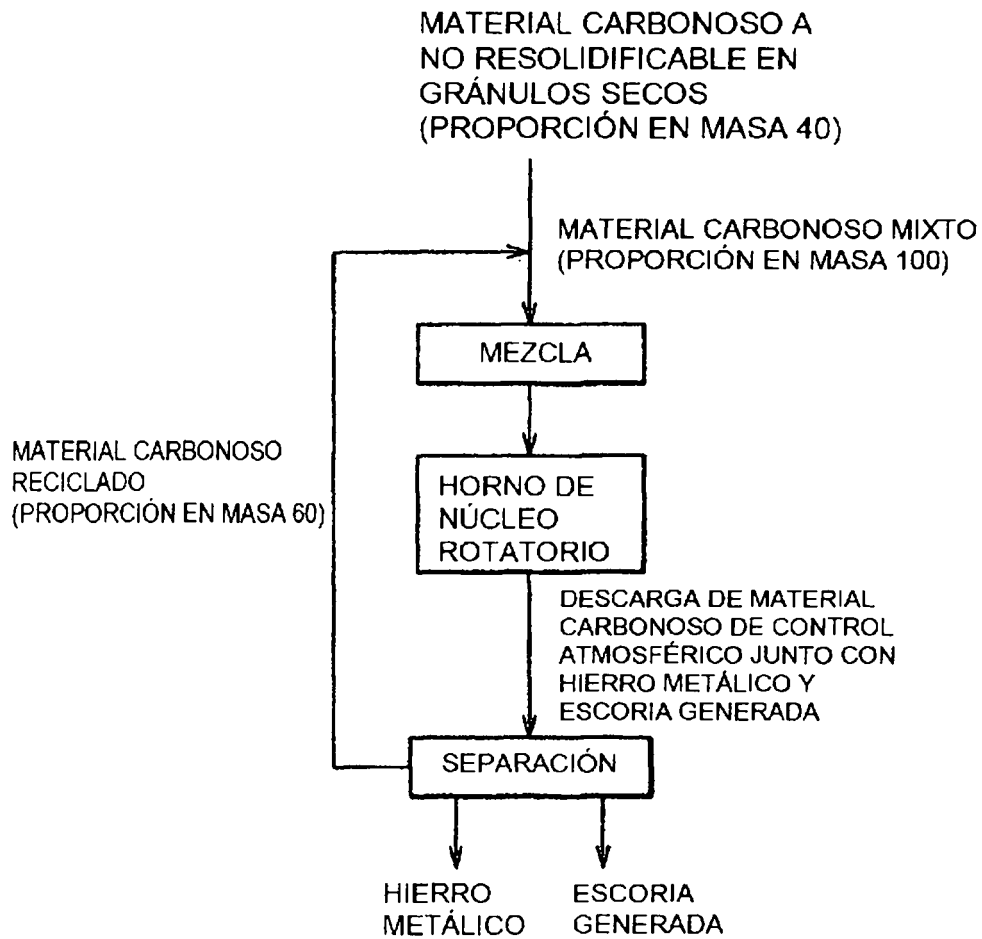


FIG. 4

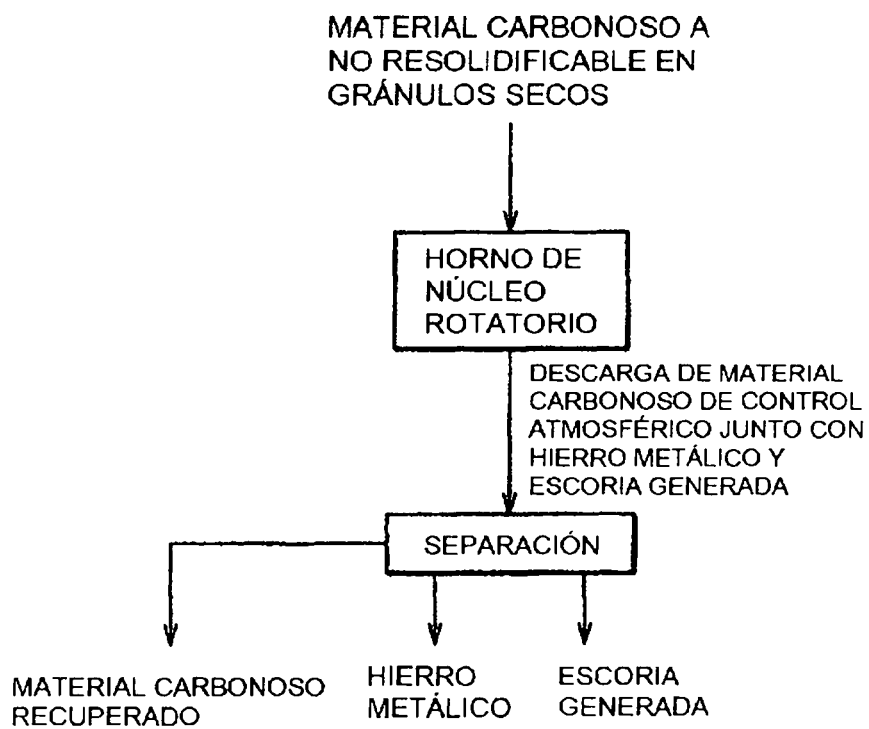


FIG. 5

