



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 282 287**

51 Int. Cl.:

C21B 11/08 (2006.01)

C21B 13/10 (2006.01)

C21B 13/00 (2006.01)

C21B 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01966825 .0**

86 Fecha de presentación : **13.09.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1325159**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.07.2003**

54 Título: **Procedimiento de fusión directa.**

30 Prioridad: **19.09.2000 AU PR0231/00**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

73 Titular/es:
TECHNOLOGICAL RESOURCES Pty. Ltd.
55 Collins Street
Melbourne, VIC 3000, AU

72 Inventor/es: **Dry, Rodney, James y**
Bates, Cecil, Peter

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fusión directa.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de hierro y/o ferroaleaciones a partir de material ferruginoso, comprendiendo minerales de hierro, otros minerales que contienen hierro, tales como minerales de cromita, minerales parcialmente reducidos y corrientes residuales que contienen hierro tales como materiales recuperados de acero.

10 La presente invención se refiere en particular a un procedimiento de fusión directa basado en un baño de metal fundido para producir hierro fundido y/o ferroaleaciones.

El procedimiento DIOS es un conocido procedimiento de fusión directa, basado en un baño de metal fundido para la fabricación de hierro fundido. El procedimiento DIOS comprende una etapa de prerreducción y una etapa de reducción de la fusión. En el procedimiento DIOS, el mineral (-8 mm) es precalentado (750°C) y pre-reducido (10 a 30%) en lechos de burbujas fluidificados, utilizando gas de descarga de una vasija de reducción por fusión, que contiene un baño fundido de hierro y escoria, formando la escoria una gruesa capa sobre el hierro. Los componentes finos (-3 mm) y gruesos (-8 mm) del mineral, están separados en la etapa de prerreducción del procedimiento, y los componentes -3 mm son recogidos en un ciclón e inyectados en la vasija de reducción por fusión con nitrógeno, mientras que el mineral grueso es cargado por gravedad. En la vasija de reducción por fusión, se carga por la parte superior de la vasija, carbón secado previamente. El carbón se descompone en la capa de escoria en coque y materias volátiles, y el mineral se disuelve en la escoria fundida y forma FeO. El FeO se reduce en las superficies de separación escoria/hierro y escoria/coque para producir hierro. El monóxido de carbono generado en las superficies de separación escoria/hierro y escoria/coque, genera una escoria espumosa. Se insufla oxígeno a través de una lanza diseñada especialmente, que introduce el oxígeno en el interior de la escoria espumosa y mejora la combustión secundaria. Los chorros de oxígeno queman el monóxido de carbono que se genera con las reacciones de reducción de la fusión, generando de este modo calor, que es transmitido en primer lugar a la escoria fundida y a continuación a la superficie de separación escoria/hierro mediante el fuerte efecto de agitación del gas insuflado por el fondo. El gas de agitación introducido en el baño de hierro caliente por el fondo o por el lado de la vasija de reducción por fusión, mejora el rendimiento de la transmisión de calor y aumenta la superficie de separación escoria/hierro para la reducción y, por consiguiente, la productividad de la vasija y el rendimiento térmico. No obstante, deben limitarse las proporciones de la inyección, ya que una agitación fuerte disminuye la combustión secundaria debido al incremento de la interacción entre el chorro de oxígeno y las gotitas de hierro en la escoria, con la consiguiente disminución de la productividad y un incremento de desgaste del refractario. La escoria y el hierro son extraídos periódicamente.

Otro conocido procedimiento de fusión directa para producir hierro fundido, es el procedimiento Romelt. El procedimiento Romelt se basa en la utilización de un baño de escoria de un gran volumen y muy agitado, como medio para la fusión un material ferruginoso de alimentación que pasa a hierro, en una vasija de reducción por fusión y realizando la poscombustión de los productos de la reacción gaseosa y la transmisión del calor, según se requiera, para la fusión continua del material de alimentación ferruginoso. El material de alimentación ferruginoso, el carbón, y los fundentes, son alimentados por gravedad en la escoria, a través de una abertura en el techo de la vasija. El procedimiento Romelt comprende la inyección de un chorro primario de aire enriquecido en oxígeno en la escoria a través de una fila inferior de toberas para producir la necesaria agitación de la escoria, y la inyección de aire enriquecido en oxígeno, o de oxígeno, en la escoria, a través de una fila superior de toberas para favorecer la poscombustión. El hierro fundido producido en la escoria se desplaza en sentido descendente y forma una capa de hierro que es descargada a través de un antecrisol. En el procedimiento Romelt, la capa de hierro no constituye un medio de reacción importante.

Otro procedimiento conocido de fusión directa para producir hierro fundido es el procedimiento AISI. El procedimiento AISI comprende una etapa de prerreducción y una etapa de reducción en estado de fusión. En el procedimiento AISI, se cargan nódulos de mineral de hierro, precalentados y parcialmente pre-reducidos, carbón o menudos de coque y fundentes, por la parte superior en una vasija de fusión presurizada que contiene un baño fundido de hierro y escoria. El carbón se desvolatiliza en la capa de escoria, y los nódulos de mineral de hierro se disuelven en la escoria, siendo reducidos a continuación mediante carbón (coque) en la escoria. Las condiciones del procedimiento tienen como resultado la formación de escoria espumosa. El monóxido de carbono y el hidrógeno generados en el procedimiento son quemados posteriormente en la escoria, o justo encima de la misma, para proporcionar la energía requerida para las reacciones endotérmicas de reducción. El oxígeno es insuflado por la parte superior, a través de una lanza central refrigerada por agua, y se inyecta nitrógeno a través de toberas por el fondo del reactor, para garantizar una agitación suficiente que facilite la transmisión al baño del calor de la energía de la poscombustión. Se elimina el polvo de gas de descarga del procedimiento en un ciclón en caliente antes de ser alimentado a un horno de tipo de cuba para el precalentamiento y la prerreducción de los nódulos a FeO, o a wustita.

Otro conocido procedimiento de fusión directa, que se basa en una capa de hierro fundido como medio de reacción, y que generalmente es denominado procedimiento Hismelt, se describe en la solicitud internacional de patente PCT/AU96/00197 (WO 96/31627) a nombre del solicitante.

El procedimiento HIs melt, tal como se describe en la solicitud internacional de patente, comprende:

(a) la formación de un baño de hierro fundido y de escoria en una vasija;

(b) la inyección en un baño, de:

(i) material de alimentación ferruginoso, típicamente óxidos de hierro; y

(ii) un material carbonoso sólido, típicamente carbón, que actúa como reductor de los óxidos de hierro y como fuente de energía; y

(c) la fusión del material metalífero de alimentación a metal en la capa de hierro.

El procedimiento HIs melt comprende asimismo la inyección de un gas que contiene oxígeno en un espacio por encima del baño y la poscombustión de los gases de la reacción, tales como CO y H₂ liberados por el baño, y la transmisión al baño del calor generado para contribuir a la energía térmica requerida para la fusión de los materiales metalíferos de alimentación.

El procedimiento HIs melt comprende asimismo la formación de una zona de transición en el espacio dispuesto encima de la superficie nominalmente inactiva del baño en la que existe una masa que favorece el ascenso y el descenso posterior de gotitas o salpicaduras o corriente de material fundido, que constituyen un medio efectivo para transmitir al baño la energía térmica generada por los gases de la poscombustión por encima del baño.

El solicitante ha realizado una extensa labor de investigación y desarrollo sobre los procedimientos de fusión directa, comprendiendo trabajos de investigación y desarrollo sobre los requisitos para el funcionamiento comercial de los procedimientos y ha realizado una serie de hallazgos significativos en relación con dichos procedimientos.

El enfoque de la presente invención es sobre la poscombustión de los gases de la reacción.

Sin una poscombustión adecuada de los gases de la reacción y la posterior transmisión del calor de nuevo al baño fundido, dicho baño fundido, basado en procedimientos de fusión directa, en particular los que carecen de una etapa de prerreducción no resultan económicos, y en muchos casos, imposibles de realizar debido a la naturaleza endotérmica de la reducción de los materiales ferruginosos.

Un tema adicional es que una poscombustión correcta no debe realizarse a expensas de la oxidación de cantidades significativas de material, tal como metal fundido y coque en el baño fundido, ya que el procedimiento resulta ineficiente, necesiéndose unas cantidades excesivas de material carbonoso sólido para contrarrestar dicha oxidación.

Asimismo, unas cantidades excesivas de FeO en el baño fundido son especialmente perjudiciales para el desgaste del refractario en la zona del nivel nominalmente inactivo del metal fundido.

En líneas generales, la presente invención es un procedimiento de fusión directa para la producción de hierro y/o de ferroaleaciones que funciona a escala comercial en una vasija metalúrgica que dispone de un crisol, paredes laterales y un techo, y unas dimensiones mínimas de anchura del interior de el crisol, por lo menos de 4 metros, más preferentemente por lo menos de 6 metros, según la reivindicación 1.

Más concretamente, el procedimiento de fusión directa comprende las etapas de:

(a) formar un baño fundido que contiene metal fundido y escoria fundida;

(b) suministrar materiales de alimentación que son material ferruginoso, material carbonoso y fundentes, en la vasija;

(c) fundir material ferruginoso de alimentación a metal fundido en el baño de fusión y generar gases en el baño;

(d) inyectar chorros de un gas que contiene oxígeno, siendo el gas aire o aire con hasta un 50% de oxígeno, a través de 3 o más lanzas en un espacio por encima de la superficie inactiva del baño fundido (el "espacio superior") y la combustión de los gases generados en el procedimiento; y

(e) generar de un movimiento ascendente de material fundido, desde el baño fundido hacia el espacio superior, para facilitar la transmisión de calor al baño y minimizar las pérdidas de calor de la vasija.

y cuyo procedimiento se caracteriza por arrastrar un volumen de gas del espacio superior hacia los chorros del gas que contiene oxígeno inyectado en el recipiente, que es de 2 a 6 veces el volumen del gas inyectado.

La presente invención se basa en que el arrastre de un volumen de gas del espacio superior hacia los chorros de gas inyectado, que es de 2 a 6 veces el volumen del gas inyectado, permite conseguir una poscombustión correcta del

ES 2 282 287 T3

gas del espacio superior y una buena transferencia de calor al baño fundido, sin niveles de oxidación inaceptables de los materiales fundidos en el baño.

La presente invención se basa asimismo en la posibilidad de conseguir arrastrar volúmenes del gas del espacio superior hacia el gas que contiene oxígeno inyectado, entre los márgenes descritos anteriormente, mediante la inyección de gas que contiene oxígeno a través de lanzas con extremos de salida de un diámetro interior de 0,8 m o inferior (preferentemente de 0,6 m o inferior) a una velocidad por lo menos de 150 m/s.

Según ello, el procedimiento se caracteriza preferentemente por la inyección de gas que contiene oxígeno a través de lanzas que presentan extremos de salida de un diámetro interior de 0,6 m o inferior, a una velocidad por lo menos de 150 m/s.

Preferentemente, la velocidad es por lo menos de 200 m/s.

Preferentemente, los extremos de salida de las lanzas de inyección del gas que contiene oxígeno están a no más de 7 m por encima de una superficie inactiva del baño fundido.

Preferentemente, el procedimiento comprende el precalentamiento del gas que contiene oxígeno a una temperatura comprendida entre 800 y 1.400°C.

La utilización de 3 o más lanzas para inyectar chorros de gas que contiene oxígeno permite que el techo de la vasija de fusión sea más bajo de cómo sería en el caso de una lanza única que tuviera la misma área total de la sección transversal interna que las lanzas múltiples. Esto se debe al aumento de la proporción superficie/volumen de los chorros de gas que emanan de los extremos de múltiples lanzas más pequeñas. Se requiere menos espacio libre para el arrastre del gas, y por lo tanto menos altura vertical en la vasija metalúrgica. El resultado es un procedimiento de fusión directa más compacto y económico, con menores pérdidas de calor de la vasija.

Preferentemente, el procedimiento comprende la inyección de gas que contiene oxígeno en la vasija con un movimiento de torbellino.

Las turbulencias incrementan la magnitud de la aspiración del gas del espacio superior hacia los chorros de gas inyectado. Por consiguiente, la utilización de torbellinos permite que la altura de los extremos de salida de las lanzas de inyección del gas que contiene oxígeno por encima del baño fundido sea inferior a la altura con lanzas sin torbellino. De este modo, una vasija provista de un cierto número de lanzas con torbellino de un determinado diámetro interior, puede presentar una altura menor que una vasija provista del mismo número de lanzas sin torbellino del mismo diámetro interior. Esta es una consideración importante en lo que se refiere a disminuir todavía más la altura de la vasija y, de este modo el área superficial a través de la que puede perderse calor de la vasija.

Además, para una vasija de una altura determinada, la utilización del torbellino significa que el número de lanzas para inyectar chorros del gas que contiene oxígeno puede ser inferior que el número de lanzas sin torbellino. No obstante, existe una limitación de la cantidad hasta la que es deseable reducir el número de lanzas con torbellino. Específicamente, a medida que se reduce el número de lanzas en una vasija de un tamaño determinado, el diámetro interior de las lanzas debe aumentar significativamente. Con el incremento del diámetro interior, resulta más difícil enfriar el dispositivo generador de torbellinos en el interior de dichas lanzas, provocando que puedan presentar un aumento de la tendencia a quemarse, en particular cuando se utiliza aire precalentado enriquecido con oxígeno. Se considera que es improbable que lanzas de un diámetro interior mayor aproximadamente de 0,8 metros, puedan soportar dicho dispositivo generador de torbellinos durante la vida útil necesaria, es decir, un mínimo de 6 meses, y más deseablemente de 12 meses. La utilización de materiales altamente conductores del calor tales como cobre para el dispositivo de torbellinos se piensa que no es viable dada la tendencia del aire precalentado a transportar pequeñas partículas abrasivas con él, que erosionan rápidamente los materiales blandos como el cobre.

Preferentemente, cuando se utiliza un dispositivo de torbellino las lanzas utilizadas son de 3 a 6, mientras que sin dispositivo de torbellino las lanzas utilizadas son preferentemente 6 o más.

La etapa (b) comprende el suministro de materiales de alimentación mediante la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a través de 3 o más lanzas de inyección de sólidos que se extienden en sentido descendente, generando así un flujo de gas que ocasiona:

- (i) la formación de una zona más expansionada del baño fundido; y
- (ii) que las salpicaduras, las gotitas y las corrientes de material fundido sean proyectadas en sentido ascendente desde la zona expansionada del baño fundido.

La inyección de materiales de alimentación y el flujo de gas resultante originado por la inyección de materiales de alimentación y las reacciones de los materiales de alimentación en el baño fundido, producen un movimiento sustancial del material en el interior de la zona expansionada del baño fundido y desde la misma.

ES 2 282 287 T3

Preferentemente, el procedimiento comprende la extracción periódica o continua de la escoria fundida de la vasija.

Preferentemente, el procedimiento comprende asimismo la extracción periódica o continua de hierro fundido y/o de ferroaleaciones de la vasija.

Los materiales ferruginosos pueden comprender minerales de hierro, otros minerales que contengan hierro tales como minerales de cromita, minerales parcialmente reducidos y corrientes residuales que contengan hierro, tales como los recuperados de acero. Debe tenerse en cuenta que aunque los materiales ferrosos, es decir, los materiales en los que el hierro es el componente principal, son el material ferruginoso preferente, la presente invención no está limitada a la utilización de material ferroso.

Preferentemente, el procedimiento comprende la inyección por lo menos de un 80% en peso del peso total del material sólido requerido para hacer funcionar el procedimiento a través de las lanzas de inyección de sólidos.

Preferentemente, el procedimiento comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a una velocidad por lo menos de 40 m/s a través de las lanzas de inyección de sólidos.

Preferentemente, la velocidad está comprendida entre 80 y 100 m/s.

Preferentemente, el procedimiento comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a través de las lanzas de inyección de sólidos con un caudal másico de hasta 2,0 t/m²/s, en que m² se refiere al área de la sección transversal del tubo de distribución de lanza.

Preferentemente, el procedimiento comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a través de las lanzas de inyección de sólidos, con una proporción de sólidos/gas de 10 a 18 kg/Nm³.

En el contexto de la presente invención, se entiende en la misma que la expresión “fusión” significa un procedimiento térmico en el que tienen lugar reacciones químicas que reducen los materiales de alimentación para producir hierro líquido y/o ferroaleaciones.

En el contexto de la presente invención, se entiende en la misma que la expresión “lanza” significa un dispositivo de inyección de gas/material que sobresale hasta una cierta magnitud en el interior de la vasija.

El flujo de gas generado en el baño fundido es por lo menos de 0,35 Nm³/s/m² (en que m² se refiere al área de una sección transversal horizontal a través de el crisol en su anchura mínima).

Preferentemente, el flujo de gas generado en el baño fundido es por lo menos de 0,5 Nm³/s/m².

Preferentemente, el caudal de gas generado en el baño fundido es inferior a 2 Nm³/s/m².

El flujo de gas generado en el baño fundido puede estar generado en parte como resultado de una inyección de un gas en el baño fundido por el fondo y/o por la pared lateral.

El material fundido puede formar una capa “húmeda” o “seca” en las paredes laterales. Una capa “húmeda” comprende una capa solidificada que se adhiere a las paredes laterales, una capa semisólida (papilla), y una película líquida exterior. Una capa “seca” es una capa en la que toda la escoria está solidificada.

La producción de escoria en la vasija puede controlarse variando las proporciones de alimentación a la vasija del material ferruginoso, del material carbonoso, y de los fundentes y de los parámetros operativos tales como las proporciones de inyección del gas que contiene oxígeno.

En situaciones en las que el procedimiento es para la producción de hierro, el procedimiento comprende preferentemente el control de que el nivel de carbono disuelto en el hierro fundido sea por lo menos del 3% en peso y el mantenimiento de la escoria en una fuerte condición reductora con unos niveles de óxido de hierro inferiores a 6% en peso, más preferentemente inferiores al 5% en peso (medido como la cantidad de hierro en los óxidos de hierro en la escoria extraída de la vasija).

La inyección de material ferroso y de material carbonoso puede realizarse a través de la misma lanza o de lanzas separadas.

Preferentemente, el nivel de la poscombustión es, por lo menos, del 40%, en el que la poscombustión se define como:

$$\frac{[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}] + [\text{CO}] + [\text{H}_2]}$$

en la que:

ES 2 282 287 T3

[CO₂] = % en volumen de CO₂ en el gas de descarga

[H₂O] = % en volumen de H₂O en el gas de descarga

5 [CO] = % en volumen de CO en el gas de descarga

[H₂] = % en volumen de H₂ en el gas de descarga.

10 La presente invención puede ponerse en funcionamiento con un dispositivo para producir hierro y/o ferroaleaciones mediante un procedimiento de fusión directa, comprendiendo dicho dispositivo una vasija fija, no basculante, con un crisol, paredes laterales y un techo, y una anchura mínima de 4 metros, preferentemente, por lo menos de 6 metros, en el interior del crisol para contener un baño fundido de hierro y escoria que comprende una zona rica en metal y una zona expansionada del baño fundido por encima de la zona rica en metal.

15 Más concretamente:

- (a) el crisol está formado con material refractario y presenta una base y unos lados en contacto con el metal fundido; y
- 20 (b) las paredes laterales se extienden en sentido ascendente desde los lados del crisol y están en contacto con la zona del baño fundido expansionado y el espacio continuo del gas, en que las paredes laterales que están en contacto con el espacio continuo del gas comprenden paneles refrigerados por agua y una capa de material fundido en los paneles.

25 Más concretamente, el dispositivo comprende además:

- (a) 3 o más lanzas que se extienden en sentido descendente en la vasija, para inyectar chorros del gas que contiene oxígeno, que es aire o aire enriquecido con hasta un 50% de oxígeno, en una zona de la vasija por encima del baño fundido;
- 30 (b) unos medios para suministrar materiales de alimentación que son material ferruginoso y/o material carbonoso y gas portador en el baño fundido; y
- (c) unos medios para extraer metal fundido y escoria de la vasija.

35 Más concretamente, cada lanza de inyección del gas que contiene oxígeno, presenta un extremo de salida de un diámetro interior de 0,6 m o menos, sobresaliendo por lo menos en una distancia equivalente a su diámetro interior en la vasija, y puede inyectar gas que contiene oxígeno a una velocidad por lo menos de 150 m/s.

40 Preferentemente, la velocidad es por lo menos de 200 m/s.

Preferentemente, cada lanza de inyección del gas que contiene oxígeno comprende medios para impartir al gas un movimiento de torbellino.

45 Preferentemente, la parte de inyección del gas que contiene oxígeno es una parte central de la vasija.

Preferentemente, los extremos de salida de las lanzas de inyección del gas que contiene oxígeno están a no más de 7 m por encima de una superficie inactiva del baño fundido.

50 Es altamente deseable que la disposición de las lanzas y la longitud del resalte en la vasija, esté seleccionada de manera que impida que la llama producida por la poscombustión prosiga a lo largo de las paredes laterales o del techo de la vasija.

Preferentemente, los medios para suministrar materiales de alimentación comprenden por lo menos 3 lanzas de inyección de sólidos.

55 Preferentemente, el número de lanzas de inyección de sólidos y del gas que contiene oxígeno y las posiciones relativas y las condiciones de funcionamiento del procedimiento están seleccionadas de manera que:

- 60 (i) la zona expansionada del baño fundido comprende una parte más elevada alrededor de la parte de inyección del gas que contiene oxígeno de la vasija, entre la parte y las paredes laterales;
- (ii) las salpicaduras, las gotitas y las corrientes de material fundido se proyectan hacia arriba desde la parte elevada y forman una cortina alrededor de la zona de inyección de gas oxígeno entre la parte y las paredes laterales y humedecen las paredes laterales; y
- 65 (iii) se forma un espacio “libre” alrededor de un extremo inferior de cada una de las lanzas de inyección de gas que contiene oxígeno, presentando el espacio libre una concentración de material fundido inferior a la concentración de material fundido en la zona del baño fundido expansionado.

ES 2 282 287 T3

Preferentemente, las lanzas de inyección de sólidos se extienden a través de paneles refrigerados por agua en las paredes laterales de la vasija, y en sentido descendente y hacia el interior hacia la parte del crisol de la vasija.

La presente invención se describe además a modo de ejemplo haciendo referencia al dibujo adjunto, que es una sección vertical que ilustra de manera esquemática una forma de realización preferente del procedimiento y el dispositivo de la presente invención.

La descripción siguiente entra dentro del alcance de la fusión de mineral de hierro para producir hierro fundido, y se entiende que la presente invención no está limitada a esta aplicación y es aplicable a la fusión de cualesquiera materiales de alimentación adecuados.

El dispositivo de fusión directa que aparece en la figura comprende una vasija metalúrgica designada en conjunto como 11. La vasija 11 presenta un crisol que comprende una base 12 y unos lados 13 formados con ladrillos refractarios; unas paredes laterales 14 que forman un cuerpo generalmente cilíndrico que se extiende en sentido ascendente desde los lados 13 del crisol y que comprende una sección superior 51 del cuerpo formada por paneles refrigerados por agua, y una sección inferior 53 formada por paneles refrigerados por agua con un revestimiento interior de ladrillos refractarios; un techo 17; una salida 18 para los gases de descarga; un antecrisol 19 para la descarga del hierro fundido de manera continua, y un orificio de colada 21 para la descarga de la escoria fundida.

El crisol y la sección superior 51 del cuerpo definen regiones cilíndricas en el interior de la vasija. La sección inferior 53 del cuerpo define una parte cilíndrica, generalmente troncocónica, en el interior de la vasija que proporciona una zona de transición entre el diámetro más estrecho del crisol y la zona superior 51 del cuerpo de diámetro más ancho. En una instalación a escala comercial, es decir, una instalación que produzca por lo menos 500.000 toneladas/año de hierro fundido, el diámetro del crisol es por lo menos de 4 metros, más preferentemente por lo menos de 6 metros.

En funcionamiento, la vasija contiene un baño fundido de hierro y escoria.

La vasija está provista de 3 lanzas de inyección 26 de aire caliente que se extienden en sentido descendente para el suministro de chorros de aire caliente a una parte central superior 91 de la vasija y para realizar la poscombustión de los gases de la reacción liberados por el baño fundido. Los extremos de salida 39 de las lanzas 26 presentan un diámetro interior D de 0,6 m o inferior. Los extremos de salida 39 están dispuestos a no más de 7 m por encima de una superficie inactiva (no representada) del baño fundido en una instalación a escala comercial.

La expresión “superficie inactiva” se entiende que significa la superficie del baño fundido cuando no existe inyección de gas ni de sólidos en la vasija.

La vasija está dotada asimismo de 4 lanzas de inyección de sólidos 27 (solamente dos de las cuales aparecen en la figura) que se extienden en sentido descendente y hacia el interior, a través de las paredes laterales 14, y hacia el baño fundido, con un ángulo comprendido entre 20 y 70° con respecto a la horizontal para inyectar materiales de alimentación que son mineral de hierro, material carbonoso sólido y fundentes arrastrados por un gas portador pobre en oxígeno en el baño fundido.

Las lanzas 27 están situadas de tal manera que los extremos de salida 39 de las lanzas 27 están dispuestos separados a distancias iguales alrededor del eje vertical de la vasija. Además, las lanzas 27 están situadas de manera que unas líneas trazadas verticalmente hacia abajo desde los extremos de salida 39 cortan la base 12 del crisol en las posiciones 71, en un círculo con un diámetro de $\frac{2}{3}$ partes del diámetro del crisol.

Debe tenerse en cuenta que la posición de las lanzas 27 ha sido escogida en el contexto de la posición de las lanzas de oxígeno 26 y con el objetivo de formar una cortina 72 de material fundido, por lo menos sustancialmente alrededor de las lanzas 26 y entre las paredes laterales 14 de la vasija y las lanzas 26, y que puede ser más apropiada una disposición diferente de las lanzas 27 para conseguir este objetivo en una configuración distinta de vasija/lanza 26. Específicamente, debe tenerse en cuenta que la presente invención no está limitada a las disposiciones en las que las lanzas 26 están situadas centradas.

En funcionamiento, el mineral de hierro, el material carbonoso sólido (típicamente carbón) y fundentes (típicamente caliza y magnesita) arrastrados por un gas portador (típicamente N_2) son inyectados en el baño fundido a través de las lanzas 27 con una velocidad por lo menos de 40 m/s, preferentemente de 80 a 100 m/s. El impulso del material sólido/gas portador impulsa el material sólido y el gas hacia la base 12 del crisol hacia regiones (las regiones rodeadas por círculos indicadas mediante el número 24) que están distribuidas alrededor del eje central de la vasija. Estas regiones son a las que se refiere la descripción siguiente como regiones 24 de alta concentración de inyección de sólidos/gas. El carbón se desvolatiliza y de este modo produce gas. El carbón se disuelve parcialmente en el metal y permanece parcialmente como carbón sólido. El mineral de hierro se funde, pasando a metal, y la reacción de fusión genera gas monóxido de carbono. Los gases transportados al baño fundido, y generados mediante la desvolatilización y la fusión producen una flotación ascendente significativa del material fundido (comprendiendo metal y escoria) y del carbón sólido del baño fundido.

La flotación ascendente del material fundido y del carbón sólido produce una agitación sustancial del baño fundido, en particular inmediatamente encima y hacia el exterior alrededor de las regiones 24 de alta concentración de inyección

ES 2 282 287 T3

de sólidos/gas, con el resultado de que se forma una zona del baño fundido 28 más expansionada con una superficie indicada mediante las flechas 30. Más concretamente, la superficie de la zona expansionada 28 del baño fundido forma una parte anular más elevada 70 entre la zona central 91 y las paredes laterales 14 de la vasija. El valor de la agitación es tal que existe un movimiento sustancial de material fundido en el interior de la zona expansionada 28 del baño fundido y una íntima mezcla del material fundido en el interior de esta zona hasta el punto de que existe una temperatura razonablemente uniforme (típicamente 1.450 a 1.550°C) con una variación de temperatura aproximadamente de 30°C, en toda la zona.

A pesar de la íntima mezcla del material fundido en la zona expansionada 28 del baño fundido, el hierro fundido se sedimenta progresivamente en la parte inferior del crisol y forma una zona rica en metal 23 que es eliminada de manera continua a través del antecrisol 19.

La superficie de separación entre la zona expansionada 28 del baño fundido y la zona rica en metal 23 se determina principalmente mediante las regiones 24 de alta concentración de inyección de sólidos/gas. El movimiento sustancialmente ascendente del material fundido desde estas regiones está compensado por el suministro continuo de más materiales de alimentación a través de las lanzas 27 y por el movimiento descendente del material ya fundido.

Además, el flujo ascendente de gas desde las regiones 24 de alta concentración de inyección de sólidos/gas proyecta algo de material fundido (principalmente escoria) en forma de salpicaduras, gotitas y corrientes de material fundido más allá de la parte más elevada 70 de la zona expansionada 28 del baño fundido y forma la cortina 72 descrita anteriormente. El material fundido entra en contacto en la cortina 72 con la sección superior 51 del cuerpo de las paredes laterales 14 que está por encima de la zona expansionada 28 del baño fundido y del techo 17.

En líneas generales, la zona expansionada 28 del baño fundido es un volumen líquido continuo con vacíos con gas en su interior.

El movimiento del material fundido descrito anteriormente puede ser visualizado como una serie de fuentes que se originan en las regiones de alta concentración de inyección de sólidos/gas que forman la parte más elevada 70 de la zona expansionada 28 del baño fundido y la cortina 72 de material fundido.

Adicionalmente a lo expuesto anteriormente, en la práctica se inyecta aire caliente a una temperatura de 800 a 1.400°C a una velocidad, por lo menos de 150 m/s en la parte central 91 de la vasija a través de las lanzas 26. Los chorros de aire caliente desvían hacia arriba el metal fundido proyectado en dicha parte y hace que se forme un espacio 29 esencialmente libre de metal/escoria alrededor del extremo de la lanza 26. Los chorros descendentes de aire caliente contribuyen a modelar el metal fundido proyectado creando la cortina 72 descrita anteriormente.

El aire caliente inyectado a través de las lanzas 26 realiza la poscombustión de los gases CO y H₂ en el espacio libre 29 alrededor de los extremos de salida 39 de las lanzas 26 y en el metal fundido que las rodea, y genera elevadas temperaturas de 2.000°C o superiores. El calor es transmitido al material fundido en la parte de inyección del gas y el calor es transmitido a continuación en parte a través del material fundido a la zona 23 rica en metal.

El espacio libre 29 es importante para alcanzar elevados niveles de poscombustión, porque permite que el gas en el espacio por encima de la zona expansionada 28 del baño fundido fluya en el espacio libre 29 alrededor de los extremos de salida 39 de las lanzas 26, y este flujo de gas incrementa la exposición de los gases disponibles de la reacción a la poscombustión.

El dispositivo descrito anteriormente y las condiciones del procedimiento de funcionamiento hacen posible conseguir el arrastre de un volumen del espacio superior, al aire caliente inyectado que es de 2 a 6 veces el volumen del aire caliente. El solicitante ha apreciado que este intervalo de proporciones de arrastre hace posible conseguir una poscombustión correcta y una transmisión de calor al baño fundido sin niveles inaceptables de reoxidación del metal fundido.

La cortina 72 es asimismo importante para proporcionar una barrera parcial a la energía radiante del chorro de poscombustión hacia las paredes laterales 14.

Además, las gotitas, las salpicaduras y las corrientes de material fundido que ascienden y descienden en el interior de la cortina 72 constituyen un medio efectivo para la transmisión del calor generado por la poscombustión al baño fundido.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fusión directa para producir hierro y/o ferroaleaciones que funciona a escala comercial en una vasija metalúrgica con un crisol, unas paredes laterales y un techo, y una anchura mínima del interior del crisol por lo menos de 4 metros, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

- (a) formar un baño fundido que contiene metal fundido y escoria fundida;
- (b) suministrar materiales de alimentación que son material ferruginoso, material carbonoso y fundentes en la vasija, mediante la inyección de los materiales de alimentación en el baño fundido a través de 3 o más lanzas de inyección que se extienden en sentido descendente y que generan de este modo un flujo de gas por lo menos de $0,35 \text{ Nm}^3/\text{s/m}^2$ en el baño fundido (en el que m^2 se refiere al área de una sección transversal horizontal a través del crisol, en su anchura mínima) que ocasiona la formación de una zona en el baño fundido en la que se proyectan hacia arriba salpicaduras, gotitas y corrientes de material fundido desde la zona del baño fundido;
- (c) fundir material de alimentación ferruginoso para obtener metal fundido en el baño fundido y generar gases en el baño;
- (d) inyectar chorros de un gas que contiene oxígeno que es aire o aire con hasta un 50% de oxígeno a una velocidad por lo menos de 150 m/s a través de 3 o más lanzas con extremos de salida de un diámetro interior de 0,8 m o inferior, en un espacio por encima de la superficie inactiva del baño fundido (el “espacio superior”) y realizando la combustión de los gases generados en el procedimiento; y
- (e) generar un movimiento ascendente del material fundido desde el baño fundido al espacio superior para facilitar la transmisión del calor al baño y reducir al mínimo las pérdidas de calor de la vasija;

estando dicho procedimiento **caracterizado** porque arrastra un volumen de gas del espacio superior hacia los chorros del gas que contiene oxígeno inyectado en la vasija, que es de 2 a 6 veces el volumen del gas inyectado y por la transmisión del calor de la poscombustión de los gases generados en el baño al material fundido en el espacio superior en la parte de inyección del gas, y el posicionado de las lanzas de inyección del gas que contiene oxígeno con respecto a los extremos de salida de las lanzas que no están a más de 7 m por encima de una superficie inactiva del baño fundido, y que la disposición de las lanzas y la longitud que sobresalen en la vasija están seleccionadas de manera que se impide que la llama originada por la poscombustión prosiga a lo largo de las paredes laterales o del techo de la vasija.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la inyección de un gas que contiene oxígeno a través de las lanzas a una velocidad de por lo menos 200 m/s.

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende el precalentamiento del gas que contiene oxígeno a una temperatura comprendida entre 800 y 1.400°C .

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la inyección de un gas que contiene oxígeno en la vasija con un movimiento de torbellino.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la inyección por lo menos de un 80% en peso del peso total del material sólido requerido para que el procedimiento funcione a través de las lanzas de inyección de sólidos.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a una velocidad por lo menos de 40 m/s a través de las lanzas de inyección de sólidos.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, que comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a una velocidad comprendida entre 80 y 100 m/s a través de las lanzas de inyección de sólidos.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a través de las lanzas de inyección de sólidos con un caudal másico de hasta $2,0 \text{ t.m}^2/\text{s}$, refiriéndose m^2 al área de la sección transversal del tubo de distribución de lanza.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la inyección de materiales de alimentación en el baño fundido a través de las lanzas de inyección de sólidos con una proporción de sólidos/gas comprendida entre 10 y 18 kg/Nm^3 .

