

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 847 865**

51 Int. Cl.:

C21B 11/08 (2006.01)

C21B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2011 PCT/AU2011/000580**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.11.2011 WO11143703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011 E 11782769 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2020 EP 2572005**

54 Título: **Proceso de fundición directa**

30 Prioridad:

15.09.2010 AU 2010904167

18.05.2010 AU 2010902162

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

04.08.2021

73 Titular/es:

**TATA STEEL LIMITED (100.0%)
Bombay House, 24 Homi Mody Street, Fort
Mumbai 400 001, N**

72 Inventor/es:

**DRY, RODNEY JAMES y
PILOTE, JACQUES**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 847 865 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso de fundición directa

5 La presente invención se refiere a un proceso de fundición directa basado en un baño fundido para producir metal fundido a partir de un material de alimentación metalífero que contiene óxidos de hierro y óxidos de titanio en un recipiente de fundición directa.

10 El material de alimentación metalífero puede ser cualquier material que contenga óxidos de hierro y óxidos de titanio. Un ejemplo de material de alimentación adecuado es la magnetita de titanio. Esta también se conoce como titanomagnetita o "arenas de hierro". Otro ejemplo es la ilmenita. Las fuentes adecuadas de magnetita de titanio se encuentran en el suroeste de China y Nueva Zelanda. Las fuentes adecuadas de ilmenita se encuentran en Australia Occidental y Madagascar. La presente invención no se limita a la magnetita de titanio y la ilmenita y no se limita a la magnetita de titanio y la ilmenita de estas fuentes.

15 El material de alimentación metalífero también puede ser cualquier material que contenga óxidos de hierro y óxidos de titanio y otros óxidos metálicos como óxidos de vanadio. Un ejemplo de un material de alimentación adecuado es la magnetita de titanio y vanadio, como la que se encuentra en el suroeste de China y Nueva Zelanda o como residuo de un proceso de alimentación de pigmentos de TiO₂ (como el proceso Becher).

20 Un proceso de fundición directa basado en un baño fundido conocido se denomina generalmente proceso Hlsmelt y se describe en un número considerable de patentes y solicitudes de patente a nombre del solicitante.

25 El proceso Hlsmelt se asocia particularmente con la producción de hierro fundido a partir de mineral de hierro.

En el contexto de la producción de hierro fundido, el proceso Hlsmelt incluye los pasos de:

30 (a) formar un baño de hierro fundido y escoria en un recipiente de fundición directa;

(b) inyectar en el baño: (i) mineral de hierro, típicamente en forma de partículas finas; y (ii) un material carbonoso sólido, típicamente carbón, que actúa como reductor del material de alimentación del mineral de hierro y como fuente de energía; y

35 (c) fundir mineral de hierro en hierro en el baño.

En la presente se entiende que el término "fundición" significa procesamiento térmico en el que tienen lugar reacciones químicas que reducen los óxidos metálicos para producir metal fundido.

40 En el proceso Hlsmelt, los materiales de alimentación sólidos en forma de material metalífero y material carbonoso sólido se inyectan con un gas portador en el baño fundido a través de una serie de lanzas que están inclinadas hacia la vertical para extenderse hacia abajo y hacia adentro a través de la pared lateral del recipiente de fundición directa y en una región inferior del recipiente para suministrar por lo menos parte de los materiales de alimentación sólidos a la capa de metal en el fondo del recipiente. Los materiales de alimentación sólidos y el gas portador penetran en el baño fundido y hacen que el metal fundido y/o la escoria se proyecten en un espacio por encima de la superficie del baño y formen una zona de transición. Una ráfaga de gas que contiene oxígeno, típicamente aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro, se inyecta en una región superior del recipiente a través de una lanza que se extiende hacia abajo para provocar la postcombustión de los gases de reacción liberados del baño fundido en la región superior del recipiente. En la zona de transición hay una masa favorable de gotitas o salpicaduras o chorros de metal fundido y/o escoria ascendentes y luego descendentes que proporcionan un medio eficaz para transferir al baño la energía térmica generada por los gases de reacción de la postcombustión por encima del baño.

45 Típicamente, en el caso de producir hierro fundido, cuando se usa aire enriquecido con oxígeno, se alimenta a una temperatura del orden de 1200° C y se genera en estufas de ráfagas calientes. Si se usa oxígeno frío técnicamente puro, típicamente se alimenta a o cerca de la temperatura ambiente.

50 Los gases de escape resultantes de la postcombustión de los gases de reacción en el recipiente de fundición directa se extraen de la región superior del recipiente a través de un conducto de gases de escape.

55 El recipiente de fundición directa incluye secciones revestidas de refractario en la solera inferior y paneles refrigerados por agua en la pared lateral y el techo del recipiente, y el agua circula continuamente a través de los paneles en un circuito continuo.

60 El proceso Hlsmelt permite producir grandes cantidades de hierro fundido, típicamente por lo menos 0,5

Mt/a, mediante fundición directa en un solo recipiente compacto.

La EP 1 009 746 A2 divulga un proceso continuo para transformar, mediante reacciones químico-físicas dentro de escoria fundida, materiales a gasificar, destruir térmicamente, inertizar, o de los cuales se recuperarán elementos de valor comercial, proporcionando productos de composición controlada, en un aparato hecho de una única cámara de reacción, denominada reactor, que tiene una simetría sustancialmente cilíndrica, que incluye dos partes, una superior y una inferior, comunicadas y funcionalmente distintas entre ellas para llevar a cabo un proceso de fundición en un proceso de fabricación de acero al carbono con horno de arco eléctrico.

La JP 2003-105452 A divulga un método para producir un metal reducido calentando y reduciendo un metal oxidado, como mena, usando un baño de metal fundido junto con un agente reductor carbonoso como material carbonoso para aumentar la productividad del proceso a la vez que se evita la erosión de un refractario.

R.H. Nafziger et al., Metallurgical Transactions B, Vol. 14 B, marzo de 1983, págs. 55-62 divulgan un proceso de fundición en un horno rotatorio por lotes con escorias de carbón con operaciones de fundición mejoradas y el posterior procesamiento en horno eléctrico.

J.K. Mohanty et al., Scandinavian Journal of Metallurgy, Vol. 28, diciembre de 1999, págs. 254-259 divulgan la caracterización y utilización de magnetita titanífera que lleva vanadio mediante la producción de una escoria rica en Ti que implica fundir directamente polvo fino de magnetita con coque de petróleo en un reactor de plasma.

La WO 2005/024074 A1 divulga un proceso para extraer TiO_2 cristalino de material que contiene óxidos de titanio que implica la producción de una escoria fundida de una mezcla de material que contiene óxidos de titanio que comprende Ti_xO_y y agentes fundentes que comprenden SiO_2 y óxidos metálicos específicos, en donde los agentes fundentes están presentes en la escoria fundida en una cantidad para ajustar la relación molar de estos óxidos metálicos específicos en la escoria fundida para favorecer sustancialmente la formación de una fase de silicato secundaria para aumentar la concentración de TiO_2 en la escoria fundida.

Sin embargo, la opinión del solicitante hasta este momento ha sido que el proceso Hismelt no es adecuado para la fundición de material de alimentación metalífero que contiene óxidos de hierro y óxidos de titanio como titanomagnetita e ilmenita y, opcionalmente, también contiene otros óxidos metálicos como óxidos de vanadio.. El solicitante ha llevado a cabo ahora un trabajo de investigación y desarrollo sobre el proceso Hismelt, particularmente el trabajo de investigación de las características de la escoria en el proceso, que indica que el control apropiado de las condiciones del proceso hace posible fundir material de alimentación metalífero que contiene óxidos de hierro y óxidos de titanio y opcionalmente óxidos de vanadio en el proceso Hismelt. Este descubrimiento también se aplica a otros procesos basados en baños fundidos que tienen características similares o incorporan el proceso Hismelt.

La presente invención proporciona un proceso de fundición directa basado en baño fundido como se define en la reivindicación 1 que comprende controlar las condiciones del proceso en un recipiente de fundición directa de tal manera que la escoria fundida en un baño fundido de metal y la escoria en el recipiente tenga una viscosidad en un rango de 0,5-5 poise cuando la temperatura de la escoria está en un intervalo de 1400-1550° C en el baño fundido en el recipiente.

En la presente se entiende que el término "escoria fundida" significa escoria que es completamente líquida.

También se entiende en la presente que el término "escoria fundida" significa escoria que comprende una lechada de un material sólido y una fase líquida.

El material sólido en la escoria fundida puede ser una fase de óxido sólido a la temperatura de la escoria en el proceso, por lo que la escoria es una lechada de una fase de óxido sólido en una fase de escoria líquida.

Se pretende en la presente que el término "condiciones de proceso" tenga un significado dentro de la definición de la reivindicación 1 y extenderse, a modo de ejemplo, a (a) condiciones operativas dentro del recipiente de fundición directa, como temperatura y presión y tasas de inyección de materiales de alimentación sólidos y el gas que contiene oxígeno en el recipiente, (b) la composición del baño fundido, en particular la composición de escoria, y (c) las características del baño fundido. La composición del baño fundido incluye la selección de los constituyentes de la escoria de tal manera que la escoria sea una escoria fundida, como se describe en la presente, en el intervalo de temperatura de 1400-1550° C del baño fundido. Como se indica en la definición de "escoria fundida" expuesta anteriormente, la escoria fundida puede incluir una fase de óxido sólida y una fase de escoria líquida en el intervalo de temperatura de funcionamiento del proceso. Las características de la escoria fundida incluyen, a modo de ejemplo, la viscosidad y/o el potencial de oxígeno de la escoria fundida mencionadas anteriormente. Las características también incluyen a modo de ejemplo, la basicidad de la escoria fundida y la turbulencia de la escoria. Estas características son una función de las condiciones operativas y la composición de la escoria.

La presente invención se basa en una constatación del solicitante como consecuencia del trabajo de

investigación y desarrollo mencionado anteriormente que:

(a) existen ventanas operativas para materiales de alimentación metalíferos de fundición directa que contienen óxidos de hierro, óxidos de titanio y opcionalmente óxidos de vanadio en el proceso Hlsmelt y otros procesos basados en baño fundido que tienen características similares o incorporan el proceso Hlsmelt y;

(b) los procesos basados en baño fundido que operan dentro de estas ventanas proporcionan una oportunidad de fundir estos materiales titaníferos para producir hierro fundido de manera más eficaz que en el caso de los altos hornos que se usan actualmente para fundir titanomagnetitas, incluyendo las titanomagnetitas que contienen óxidos de vanadio.

En particular, el solicitante se ha dado cuenta de que la presente invención proporciona una oportunidad de producir dos productos valiosos a partir de procesos de fundición basados en baño fundido del proceso tipo Hlsmelt, concretamente (a) un producto de hierro fundido que puede contener metal de vanadio y (b) un producto de escoria que tiene altas concentraciones de óxidos de titanio en forma de TiO_2 , como por lo menos el 50%, que puede usarse como material de alimentación para el proceso de sulfato para producir titanía de grado pigmentario. En particular, el solicitante se ha dado cuenta de que hay una oportunidad con los procesos basados en baño fundido para controlar la velocidad de enfriamiento de la escoria fundida descargada del proceso para formar preferentemente microestructuras que son susceptibles de procesamiento en el proceso de sulfato.

El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso controlando que la composición de la escoria y la temperatura del baño fundido estén por debajo, típicamente ligeramente por debajo, de la temperatura líquida de la escoria de tal manera que una fase de óxido sólida precipite de una fase líquida de la escoria fundida, controlando de este modo la viscosidad de la escoria.

Como se usan en la presente se entiende que los términos "viscosidad" y "temperatura de líquido" significan la viscosidad y la temperatura de líquido según se calcula por el software FactSage (para temperatura de líquido, FactSage 6.1 o posterior y para viscosidad "FactSage Viscosity 6.0 o posterior"). Dado el potencial de resultados no estándar que surgen de diferentes técnicas de medición y cálculo, la racionalización a través del cálculo de FactSage se define como implícita en el significado de estos términos. Tales cálculos, cuando se ejecutan, deben ser totalmente consistentes con las directrices para el uso del software FactSage y, si es necesario, deben ser revisados y autorizados por los propietarios del software FactSage. En particular, los cálculos que (deliberadamente o de otro modo) omitan ciertas posibles combinaciones de especies químicas no se considerarán compatibles con la "viscosidad" y la "temperatura del líquido" como se usan en la presente.

El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el material sólido en la escoria fundida sea por lo menos el 5% de la escoria fundida.

El material sólido en la escoria fundida puede ser por lo menos el 10% de la escoria fundida.

El material sólido en la escoria fundida puede ser de menos del 30% de la escoria fundida.

El material sólido en la escoria fundida puede comprender el 15-25% de la escoria fundida.

El material de alimentación metalífero es cualquier material que contenga óxidos de hierro y por lo menos un 3% en peso de óxidos de titanio. Ejemplos de materiales de alimentación adecuados son magnetita de titanio, titanomagnetita e ilmenita.

En situaciones en las que el material de alimentación metalífero comprende titanomagnetita solamente, los óxidos de titanio pueden ser menos del 40% en peso del material de alimentación metalífero.

En situaciones en las que el material de alimentación metalífero comprende titanomagnetita solamente, los óxidos de titanio pueden ser menos del 30% en peso del material de alimentación metalífero.

En situaciones en las que el material de alimentación metalífero comprende titanomagnetita e ilmenita, los óxidos de titanio pueden ser menos del 50% en peso del material de alimentación metalífero.

El material de alimentación metalífero es cualquier material que contenga óxidos de hierro y por lo menos un 3% en peso de óxidos de titanio y preferiblemente otros óxidos metálicos como óxidos de vanadio. Un ejemplo de material de alimentación adecuado es la magnetita de titanio-vanadio.

En situaciones en las que el material metalífero contiene óxidos de vanadio, el proceso incluye la producción de salidas de proceso de hierro fundido y vanadio, escoria fundida que contiene óxidos de titanio y óxidos de vanadio, y un gas de escape.

Dependiendo de las condiciones del proceso, la partición de vanadio entre las salidas de metal y escoria del proceso puede ser por lo menos del 50%, típicamente por lo menos del 65%, más típicamente por lo menos del 80%, de la salida de metal.

5 En términos generales, y no solo en situaciones en las que el material metalífero contiene óxidos de vanadio, el proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso controlando la relación de las concentraciones de hierro en la escoria a carbono en el metal para que sea menor de 2:1, típicamente menos de 1,5:1, más típicamente 1:1 a 1,3:1.

10 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que la escoria fundida tenga un alto potencial de oxígeno.

15 En la presente se entiende que el término "alto" en el contexto de "potencial de oxígeno" que significa alto en relación con la escoria de alto horno.

20 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el potencial de oxígeno de la escoria fundida sea suficientemente alto para minimizar la reducción de óxidos de titanio en la escoria desde un estado de valencia +4 a un estado de valencia más bajo. Los estados de valencia más bajos reducen la viscosidad de la escoria y aumentan el riesgo de formar una escoria espumosa. Una escoria espumosa no es deseable porque crea problemas de control del proceso.

25 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de FeO de la escoria fundida sea por lo menos del 3% en peso de tal manera que la escoria fundida tenga un alto potencial de oxígeno.

30 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de FeO de la escoria fundida sea por lo menos del 4% en peso de tal manera que la escoria fundida tenga un alto potencial de oxígeno.

35 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de FeO de la escoria fundida sea por lo menos del 5% en peso de tal manera que la escoria fundida tenga un alto potencial de oxígeno.

40 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de FeO de la escoria fundida sea menor del 6% en peso.

45 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de FeO de la escoria fundida sea menor del 10% en peso.

50 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de carbono de la escoria fundida sea por lo menos del 3% en peso.

55 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de carbono de la escoria fundida sea por lo menos del 4% en peso.

60 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que el contenido de carbono de la escoria fundida sea inferior al 5% en peso.

65 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que la viscosidad de la escoria fundida esté en el intervalo de 0,5-4 poise.

El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que la viscosidad de la escoria fundida esté en el intervalo de 0,5-3 poise.

70 El proceso puede comprender controlar las condiciones del proceso de tal manera que la viscosidad de la escoria fundida sea mayor de 2,5 poise.

75 El proceso puede incluir añadir uno o más de un aditivo para facilitar el control de las características de la escoria fundida, por ejemplo, la composición de la escoria y/o la viscosidad de la escoria, en el baño fundido.

80 A modo de ejemplo, el aditivo puede seleccionarse para controlar la basicidad de la escoria fundida, por ejemplo mediante la adición de CaO, para disminuir la viscosidad de la escoria y minimizar el riesgo de una escoria espumosa.

85 El proceso puede incluir controlar las condiciones del proceso de tal manera que la escoria fundida tenga

los siguientes constituyentes en los intervalos indicados:

5 TiO₂: por lo menos el 15% en peso,
 SiO₂: por lo menos el 15% en peso,
 CaO: por lo menos el 15% en peso,
 Al₂O₃: por lo menos el 10% en peso, y
 FeO: por lo menos el 3% en peso.

10 La escoria fundida puede comprender por lo menos un 20% en peso de TiO₂.

La escoria fundida puede comprender por lo menos un 50% en peso de TiO₂.

La escoria fundida puede comprender un 15-20% en peso de SiO₂.

15 La escoria fundida puede comprender un 15-30% en peso de CaO.

La escoria fundida puede comprender un 10-20% en peso de Al₂O₃.

20 La escoria fundida puede comprender un 4-10% en peso de FeO.

La composición de escoria puede incluir otros constituyentes, como MnO.

25 Los ejemplos específicos de composiciones de escoria de acuerdo con la presente invención son los siguientes.

Química A

SiO ₂	18.8 % en peso
Al ₂ O ₃	15.2 % en peso
CaO	15.3 % en peso
MgO	10.9 % en peso
MnO	0
FeO	4.9 % en peso
TiO ₂	33.1 % en peso

Química B

SiO ₂	16.7 % en peso
Al ₂ O ₃	13.0 % en peso
CaO	25.1 % en peso
MgO	10.2 % en peso
MnO	
FeO	4.9 % en peso
TiO ₂	28.8 % en peso

Química C

SiO ₂	19.35 % en peso
Al ₂ O ₃	16.46 % en peso
CaO	16.17 % en peso
MgO	12.1 % en peso
MnO	2.16 % en peso
FeO	6.0 % en peso
TiO ₂	25.7 % en peso

Las químicas A y B se basan en el uso de material de alimentación al 100% en forma de titanomagnetita china y la química C se basa en el uso de material de alimentación al 100% en forma de titanomagnetita de NZ.

El proceso puede incluir operar el proceso por encima de la presión atmosférica en el recipiente de fundición directa.

El gas que contiene oxígeno puede ser aire enriquecido con oxígeno u oxígeno de grado técnico.

El proceso puede comprender suministrar materiales de alimentación sólidos en el recipiente inyectando material de alimentación metalífero y material carbonoso sólido y un gas portador en el baño fundido a través de lanzas de inyección de material sólido que se extienden hacia abajo y hacia adentro a través de una pared lateral del recipiente de tal manera que los materiales de alimentación sólidos penetren por lo menos parcialmente en una capa de hierro fundido del baño fundido.

El proceso puede comprender controlar el proceso, incluyendo controlar la inyección de los materiales de alimentación sólidos y el gas portador, para producir una agitación sustancial del baño fundido.

El grado de agitación del baño fundido puede ser tal que haya una temperatura sustancialmente uniforme en el baño.

El proceso puede comprender descargar las salidas de metal fundido y de escoria fundida del proceso como corrientes de proceso separadas.

El proceso puede comprender controlar la velocidad de enfriamiento de la escoria fundida descargada del proceso para formar preferentemente microestructuras que puedan procesarse en el proceso de sulfato.

El proceso puede ser el proceso Hismelt como se ha descrito anteriormente.

El proceso puede ser una variante del proceso Hismelt que implica un recipiente Hismelt junto con (a) un ciclón fundido en un recipiente de fundición directa, como se describe en la Patente de Estados Unidos 6.440.195 y (b) reducción previa del material de alimentación metalífero antes de suministrar el material de alimentación al recipiente de fundición directa.

La presente invención usa adecuadamente un recipiente de fundición directa cuando se usa para fundir un material de alimentación metalífero que contiene óxidos de hierro y por lo menos un 3% en peso de óxidos de titanio a través de un proceso de fundición directa basado en baño fundido, con el recipiente conteniendo un baño fundido de metal y escoria, y la escoria fundida teniendo un intervalo de temperatura de 1400-1550° C y una viscosidad en un intervalo de 0,5-5 poise.

La presente invención puede producir un producto de hierro fundido que puede contener metal de vanadio producido por el proceso de fundición directa descrito anteriormente.

La presente invención puede producir un producto de escoria que tiene altas concentraciones de óxidos de titanio en forma de TiO₂, como por lo menos el 50%, producido por el proceso de fundición directa descrito anteriormente.

La presente invención puede producir un material de alimentación para el proceso de sulfato para producir titanía de calidad pigmentaria producida mediante el proceso de fundición directa descrito anteriormente.

La presente invención se describe con más detalle en lo sucesivo con referencia a los dibujos

acompañantes, de los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática de un recipiente de fundición directa que funciona de acuerdo con una realización de un proceso de fundición directa de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de fase terciaria para calcia, alúmina y sílice en escoria en una realización del proceso de fundición directa de la presente invención; y

La Figura 3 es un diagrama de fase pseudo-terciaria para una escoria y trazados de líquido de escoria separados para dos secciones marcadas del diagrama de fase para un material de alimentación con alto contenido de óxido de titanio en una realización del proceso de fundición directa de la presente invención.

La siguiente descripción está en el contexto de la fundición de titanomagnetita para producir hierro fundido mediante el proceso Hismelt. La presente invención no se limita a fundir titanomagnetita y se extiende a fundir cualquier material de alimentación metalífero adecuado que contenga óxidos de hierro y por lo menos un 3% en peso de óxidos de titanio. Por ejemplo, la presente invención se extiende a la fundición de magnetita de titanio-vanadio. Además, la presente invención no se limita al proceso Hismelt y se extiende a cualquier proceso basado en baño fundido del tipo Hismelt de proceso que pueda generar las condiciones de proceso necesarias. En particular, a modo de ejemplo, la presente invención se extiende a variantes del Proceso Hismelt que incluyen (a) un ciclón de fundición en un recipiente de fundición directa, como se describe en la Patente de Estados Unidos 6.440.195 y (b) reducción previa del material de alimentación metalífero antes de suministrar el material de alimentación al recipiente de fundición directa.

Como se ha indicado anteriormente, el proceso Hismelt se describe en un número considerable de patentes y solicitudes de patente a nombre del solicitante. A modo de ejemplo, el proceso Hismelt se describe en la Solicitud internacional PCT/AU96/00197 a nombre del solicitante.

El proceso se basa en el uso de un recipiente de fundición directa 3.

El recipiente 3 es del tipo descrito en detalle en las solicitudes internacionales PCT/AU2004/000472 y PCT/AU2004/000473 a nombre del solicitante.

El recipiente 3 tiene un crisol 51 que incluye una base y lados formados de ladrillos refractarios, una pared lateral 53 que forma un barril generalmente cilíndrico que se extiende hacia arriba desde los lados del crisol e incluye una sección de barril superior y una sección de barril inferior, un techo 55, un conducto de salida de gases 9 en una sección superior del recipiente 3, un antecrisol 67 para descargar el metal fundido de forma continua del recipiente 3, y un orificio de grifo (no mostrado) para descargar la escoria fundida periódicamente del recipiente 3.

En uso, el recipiente contiene un baño fundido de hierro y escoria que incluye una capa 15 de metal fundido y una capa 16 de escoria fundida sobre la capa de metal 15. La flecha marcada con el número 17 indica la posición de la superficie inactiva nominal de la capa de metal 15 y la flecha marcada con el número 19 indica la posición de la superficie inactiva nominal de la capa de escoria 16. Se entiende que el término "superficie inactiva" significa la superficie cuando no hay inyección de gas y materiales sólidos en el recipiente. Típicamente, la temperatura del baño fundido está en un intervalo de 1400-1550° C.

El recipiente 3 está equipado con una lanza de chorro de aire caliente refrigerada por agua ("HAB") 7 que se extiende hacia abajo hacia un espacio superior del recipiente 3 y una pluralidad de lanzas de inyección de sólidos enfriadas por agua 5 que se extienden hacia abajo y hacia adentro a través de una pared lateral y hacia la escoria. Las lanzas 5 se extienden hacia abajo y hacia dentro en un ángulo de 30-60° con la vertical a través de la pared lateral y hacia la capa de escoria 16 en el baño fundido. La posición de las lanzas 5 se selecciona de tal manera que los extremos inferiores estén por encima de la superficie inactiva 17 de la capa metálica 15 del baño fundido.

En uso, la titanomagnetita y los aditivos de carbón y escoria arrastrados en un gas portador (típicamente N₂) se inyectan directamente en el baño a través de las lanzas de inyección de sólidos 5.

El momento de los materiales sólidos/gas portador inyectados hace que el material sólido y el gas penetren en la capa metálica 15. El carbón se desvolatiliza y produce de este modo volúmenes sustanciales de gas en la capa metálica 15. El carbono se disuelve parcialmente en el metal y permanece parcialmente como carbono sólido. Los óxidos de hierro en la titanomagnetita se funden en metal fundido y la reacción de fundición genera gas de monóxido de carbono. Los gases transportados hacia la capa metálica 15 y generados a través de la desvolatilización y la fundición producen una elevación significativa de la flotabilidad de metal fundido, carbono sólido, material sólido sin reaccionar en la titanomagnetita (predominantemente TiO₂), y escoria (arrastrada hacia la capa metálica 15 como consecuencia de sólido/gas/inyección) de la capa metálica 15 que genera un movimiento hacia arriba de salpicaduras, gotitas y corrientes de metal fundido y escoria y titanomagnetita sin reaccionar arrastrada, y estas salpicaduras y gotitas, y corrientes arrastran escoria a medida que se mueven a través de la capa de escoria 16.

La elevación por flotabilidad del material descrito anteriormente provoca una agitación sustancial en la capa metálica 15 y la capa de escoria 16, con el resultado de que la capa de escoria 16 se expande en volumen y tiene una superficie indicada por la flecha 30. El grado de agitación es tal que hay una temperatura razonablemente uniforme en las regiones del metal y de la escoria, típicamente 1400-1550° C, con una variación de temperatura del orden de 30° en cada región.

Además, el movimiento hacia arriba del material descrito anteriormente se extiende hacia un espacio superior 31 del recipiente 3 que está por encima del baño fundido en el recipiente y:

(a) forma una zona de transición 23; y

(b) proyecta algo de material fundido (predominantemente escoria) más allá de la zona de transición y sobre la sección de la pared lateral del recipiente 3 que está por encima de la zona de transición 23.

En términos generales, la capa de escoria 16 es un volumen líquido continuo, con material sólido y burbujas de gas, y la zona de transición 23 es un volumen continuo de gas con salpicaduras, gotitas y corrientes de metal fundido y escoria. Alternativamente, la capa de escoria 16 puede describirse como una lechada de material sólido en una fase líquida con una dispersión de burbujas de gas en la fase líquida.

La posición de la lanza de gas que contiene oxígeno 7 y el caudal de gas a través de la lanza 7 se seleccionan de tal manera que el gas que contiene oxígeno penetre en la región central de la zona de transición 23 y mantenga un espacio esencialmente libre de metal/escoria (no mostrado) alrededor del extremo de la lanza 7. La lanza 7 incluye un montaje que hace que el gas que contiene oxígeno se inyecte en un movimiento de remolino en el recipiente.

La inyección del gas que contiene oxígeno a través de la lanza 7 después de la combustión de los gases de reacción CO y H₂ en la zona de transición 23 y en el espacio libre alrededor del extremo de la lanza 7 genera altas temperaturas del orden de 2000° C o más en el espacio de gas. El calor se transfiere a las gotas, salpicaduras y corrientes ascendentes y descendentes, de material de la capa de metal y luego el calor se transfiere parcialmente a la capa de metal 15 cuando el material cae hacia abajo a la capa de metal 15.

La realización descrita del proceso de la presente invención comprende controlar las condiciones del proceso de tal manera que la escoria fundida (a) esté dentro de un intervalo de composición seleccionado de tal manera que la escoria sea una escoria fundida, como se describe en la presente, (b) tenga un alto potencial de oxígeno, y (c) tenga una viscosidad en un intervalo de 1-5 poise cuando la temperatura de la escoria esté en un rango de 1400-1550° C en el baño fundido en el recipiente 3.

El control necesario de las condiciones del proceso puede lograrse mediante una o más de una de una variedad de opciones, que incluyen pero no se limitan a, el control del contenido de FeO de la escoria fundida para lograr el alto potencial de oxígeno requerido y el control del contenido de CaO de la escoria fundida para lograr la viscosidad requerida en el intervalo de 1-5 poise cuando la temperatura de la escoria está en el intervalo de 1400-1550° C en el baño fundido en el recipiente 3.

Más particularmente, en la realización descrita, el control necesario de las condiciones del proceso incluye seleccionar los materiales de alimentación y las condiciones de funcionamiento de tal manera que la escoria fundida tenga los siguientes constituyentes en el intervalo establecido de 1400-1550° C del baño fundido:

TiO₂: por lo menos el 15% en peso,
SiO₂: por lo menos el 15% en peso,
CaO: por lo menos 15% en peso,
Al₂O₃: por lo menos el 10% en peso, y
FeO: por lo menos el 3% en peso.

Más particularmente, en la realización descrita, el control necesario de las condiciones del proceso incluye controlar la composición de escoria de tal manera que la escoria fundida sea sublíquida, preferiblemente ligeramente sublíquida, para esa composición de escoria en el intervalo establecido de 1400-1550° C del baño fundido de tal manera que precipite una fase de óxido sólida de la escoria líquida en una cantidad del 5-25% en volumen de la escoria. La escoria fundida resultante es una lechada de una fase de óxido sólida en una fase de escoria líquida. La fase de óxido sólida precipitada contribuye a controlar la viscosidad de la escoria fundida como se requiere para la realización descrita del proceso. Además, la escoria fundida viscosa es muy adecuada para formar un recubrimiento protector sobre los refractarios del recipiente en contacto con la escoria.

La Figura 2 es un diagrama de fase terciaria para tres constituyentes de escoria principales de calcia, alúmina y sílice en una realización del proceso de fundición directa de la presente invención. Más particularmente, el

diagrama de fase se centra en dos constituyentes de ganga principales de alúmina y sílice y un aditivo de fundente, concretamente, calcia. El diagrama de fase se obtuvo de FactSage 6.1. El diagrama de fase ilustra el impacto de la composición de la escoria sobre las fases de la escoria. En particular, puede determinarse a partir de la Figura 2 que si se requiere una escoria de viscosidad más alta (es decir, una escoria que tenga una viscosidad de por lo menos 2,5 poise), esto puede lograrse controlando la composición de la escoria, por ejemplo, ajustando la adición de calcia, y otras condiciones del proceso para precipitar la fase sólida de melilita de la escoria fundida.

La Figura 3 es un diagrama de fase pseudo-terciaria para una escoria y trazados de líquidos de escoria separados para dos secciones marcadas del diagrama de fase para un material de alimentación con alto contenido de óxido de titanio en una realización del proceso de fundición directa de la presente invención. El diagrama de fase se centra en (a) tres constituyentes principales de la ganga, concretamente, alúmina, magnesia y sílice, (b) un aditivo de fundente, concretamente, calcia, y (c) titanía. El diagrama de fase se obtuvo de investigadores de la Universidad de Queensland. El diagrama de fase define una ventana operativa para las composiciones de escoria que proporcionan las viscosidades de escoria requeridas de 1-5 poise para el proceso. La Figura resalta dos secciones del diagrama de fase y estas secciones muestran el cambio significativo en las temperaturas de líquidos en las composiciones seleccionadas. Es particularmente evidente a partir de estas secciones el considerable alcance para precipitar las fases sólidas y cambiar de este modo la viscosidad de la escoria dentro del intervalo de temperatura de 1400-1550^o C del baño fundido.

En términos más generales, las siguientes características del proceso, por separado o en combinación, son parámetros de control relevantes del proceso.

a) Controlar el inventario de escoria, es decir, la profundidad de la capa de escoria y/o la relación de escoria/metal (típicamente la relación en peso de metal: escoria debe estar entre 3:1 y 1:1), para equilibrar el efecto positivo de metal en la zona de transición 23 en la transferencia de calor con el efecto negativo del metal en la zona de transición 23 en la postcombustión debido a reacciones inversas en la zona de transición 23. Si el inventario de escoria es demasiado bajo, la exposición del metal al oxígeno es demasiado alta y hay un potencial reducido de postcombustión. Por otro lado, si el inventario de escoria es demasiado alto, la lanza 7 quedará enterrada en la zona de transición 23 y se reducirá el arrastre de gas al espacio libre 25 y se reducirá el potencial de postcombustión.

(b) Seleccionar la posición de la lanza 7 y controlar las velocidades de inyección de gas y sólidos que contienen oxígeno a través de la lanza 7 y las lanzas 5 para mantener la región esencialmente libre de metal/escoria alrededor del extremo de la lanza 7 y para formar la zona de transición 23 alrededor de la sección inferior de la lanza 7.

(c) Controlar la pérdida de calor del recipiente salpicando con escoria las secciones de la pared lateral del recipiente 3 que están en contacto con la zona de transición 23 o están por encima de la zona de transición 23 ajustando uno o más de:

- (i) el inventario de escoria; y
- (ii) el caudal de inyección a través de la lanza 7 y las lanzas 5.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de fundición directa que comprende suministrar

- 5 (a) un material de alimentación metalífero que contiene óxidos de hierro y por lo menos un 3% en peso de óxidos de titanio
 (b) un material de alimentación carbonoso sólido, y
 (c) un gas que contiene oxígeno en un recipiente de fundición directa que contiene un baño fundido de hierro y escoria y fundir directamente el material de alimentación metalífero en el recipiente y producir salidas de proceso
 10 de hierro fundido, escoria fundida que contiene óxidos de titanio y un gas de escape,

y el proceso estando **caracteriza por** controlar las condiciones del proceso, como se describe en la presente, de tal manera que la escoria fundida tenga una viscosidad en un intervalo de 0,5-5 poise cuando la temperatura de la escoria está en un intervalo de 1400-1550^o C en el baño fundido en el recipiente de fundición directa.

15 **2.** El proceso definido en la reivindicación 1, en el que la escoria fundida es una lechada de un material sólido y una fase líquida y el material sólido es una fase de óxido sólida a la temperatura de la escoria en el proceso, por lo que la escoria es una lechada de una fase de óxido sólida en una fase de escoria líquida.

20 **3.** El proceso definido en la reivindicación 2 que comprende controlar las condiciones del proceso controlando la composición de la escoria y la temperatura del baño fundido para que esté por debajo de la temperatura de líquido de la escoria de tal manera que la fase de óxido sólida precipite de la fase líquida, controlando de este modo la viscosidad de la escoria.

25 **4.** El proceso definido en la reivindicación 2 o la reivindicación 3, que comprende controlar las condiciones del proceso de tal manera que el material sólido en la escoria fundida sea de por lo menos el 5% de la escoria fundida.

30 **5.** El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende controlar las condiciones del proceso de tal manera que el material sólido en la escoria fundida sea del 15-25% de la escoria fundida.

6. El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material de alimentación metalífero comprende uno cualquiera o más de uno de magnetita de titanio, titanomagnetita e ilmenita.

35 **7.** El proceso definido en la reivindicación 6, en el que, cuando el material de alimentación metalífero comprende solo titanomagnetita, los óxidos de titanio son menos del 40% en peso del material de alimentación metalífero.

8. El proceso definido en la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que, cuando el material de alimentación metalífero comprende solo titanomagnetita, los óxidos de titanio son menos del 30% en peso del material de alimentación metalífero.

40 **9.** El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en el que el material de alimentación metalífero comprende óxidos de vanadio y el proceso comprende producir salidas de proceso de hierro fundido y vanadio, escoria fundida que contiene óxidos de titanio y óxidos de vanadio, y un gas de escape.

45 **10.** El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende controlar las condiciones del proceso controlando la relación de las concentraciones de hierro en la escoria con el carbono en el metal para que sea menor de 2:1.

50 **11.** El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende controlar las condiciones del proceso controlando la relación de las concentraciones de hierro en la escoria con el carbono en el metal para que sea menor de 1,5:1.

55 **12.** El proceso definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende controlar las condiciones del proceso de tal manera que la escoria fundida tenga un alto potencial de oxígeno.

60

65

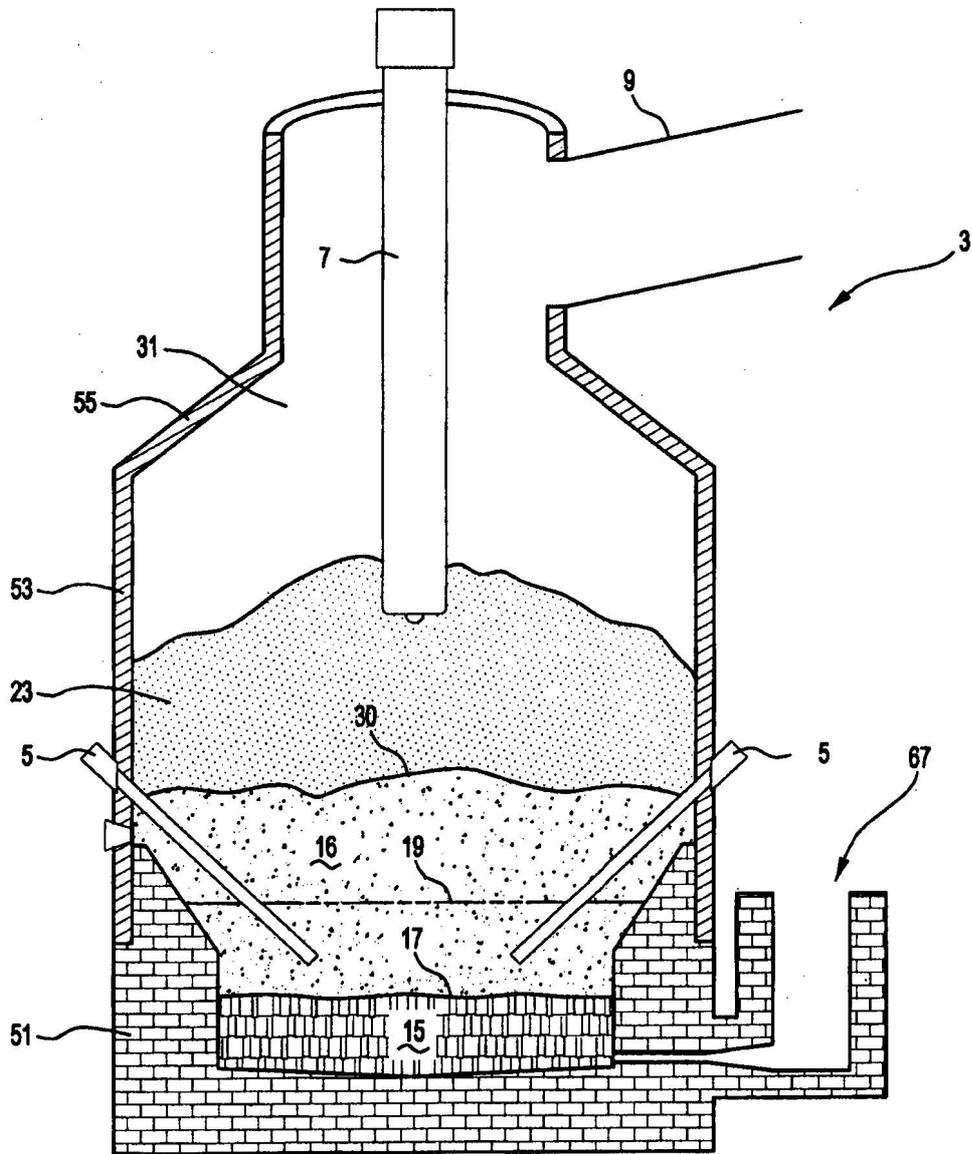
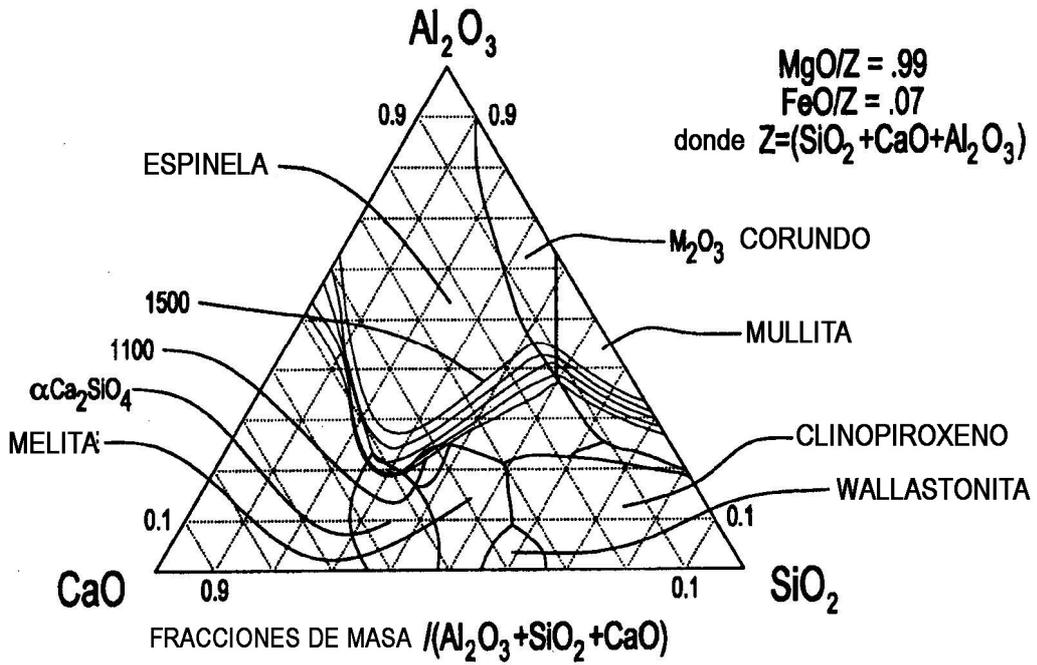
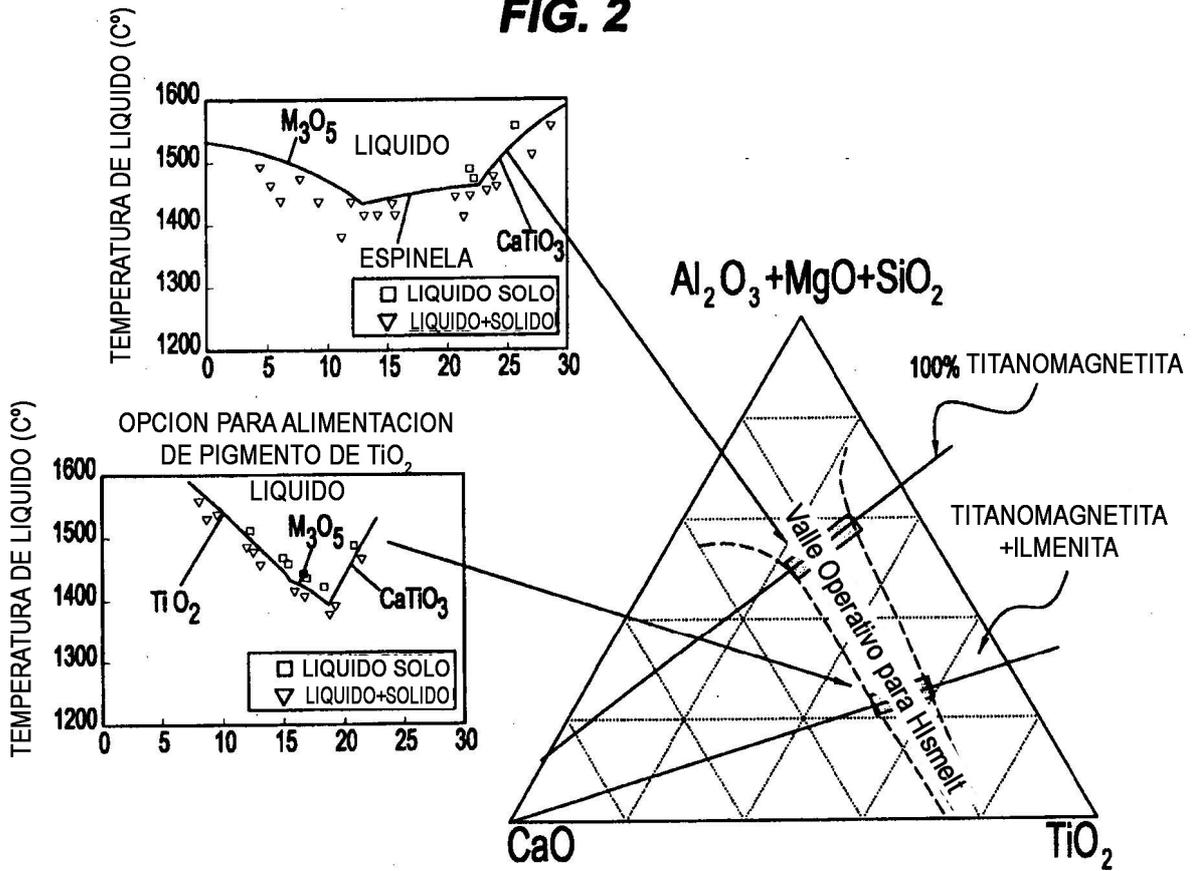


FIG. 1



Sistema Terciario de Escoria

FIG. 2



Mediciones de líquidos de escoria en escoria con alto contenido de TiO₂

FIG. 3