

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 416**

51 Int. Cl.:

C21C 5/46	(2006.01) F27D 3/16	(2006.01)
C21B 13/00	(2006.01) F27D 3/18	(2006.01)
C21C 5/30	(2006.01) C21B 13/14	(2006.01)
C21C 5/56	(2006.01) F27B 3/28	(2006.01)
C22B 5/10	(2006.01) C21B 13/10	(2006.01)
F27B 3/02	(2006.01)	
F27B 3/04	(2006.01)	
F27B 3/22	(2006.01)	
F27B 3/24	(2006.01)	
C21C 5/52	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2013 PCT/AU2013/000792**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14015364**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2013 E 13823393 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 2877606**

54 Título: **Iniciación de un proceso de fundición**

30 Prioridad:

25.07.2012 AU 2012903173

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

20.12.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MCCARTHY, CAROLYN y
DRY, RODNEY JAMES**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 694 416 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

Iniciación de un proceso de fundición

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para iniciar un proceso para fundir un material metalífero.

10 El término "material metalífero" se entiende aquí que incluye material de alimentación sólido y material de alimentación fundido.

El término también incluye dentro de su alcance material metalífero parcialmente reducido.

15 La presente invención se refiere más particularmente, aunque no de manera exclusiva, a un método para iniciar un proceso de fundición a base de baño fundido para producir metal fundido a partir de un material de alimentación metalífero en un recipiente de fundición que tiene una fuente fuerte de baño/escoria generada por la evolución del gas en el baño fundido, con la evolución del gas siendo al menos en parte el resultado de la desvolatilización del material carbonoso en el baño fundido.

20 En particular, aunque de ninguna manera exclusivamente, la presente invención se refiere a un método para iniciar un proceso para fundir un material que contiene hierro, tal como una mena de hierro, y producir hierro fundido.

La presente invención se refiere particularmente, aunque no exclusivamente, a un método para iniciar un proceso de fundición en un recipiente de fundición que incluye una cámara de fundición para fundir material metalífero.

25 Técnica anterior

Un proceso conocido de fundición a base de baño fundido se conoce generalmente como el proceso Hismelt, se describe en un número considerable de patentes y solicitudes de patente a nombre del solicitante.

30 Otro proceso de fundición a base de baño fundido se denomina en lo sucesivo proceso "Hlsarna". El proceso y el aparato de Hlsarna se describen en la solicitud internacional PCT/AU99/00884 (WO 00/022176) a nombre del solicitante.

35 Los procesos Hismelt y Hlsarna están asociados particularmente con la producción de hierro fundido a partir de mena de hierro u otro material que contiene hierro.

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

40 (a) formar un baño de hierro fundido y escoria en una cámara de fundición de un recipiente de fundición;

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

45 (c) fundir la mena de hierro a hierro en el baño.

El término "fundir" se entiende aquí como procesamiento térmico en el que tienen lugar reacciones químicas que reducen los óxidos metálicos para producir metal fundido.

50 En el proceso Hismelt, 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 varias lanzas que están inclinadas hacia la vertical para extenderse hacia abajo y hacia adentro a través de la pared lateral del recipiente de fundición y en una región inferior del recipiente para entregar al menos parte de los materiales de alimentación sólidos en la capa de metal en el fondo de la cámara de fundición. 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 sobre 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 de la cámara de fundición del recipiente a través de una lanza que se extiende hacia abajo para causar 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 gotas ascendentes y después de eso descendentes o salpicaduras o corrientes de metal fundido y/o escoria que proporcionan un medio efectivo para transferir al baño la energía térmica generada por los gases de reacción postcombustión por encima del baño.

60 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 viento caliente. Si se usa oxígeno frío técnicamente puro, se alimenta típicamente a la temperatura ambiente o cerca de ella.

65

ES 2 694 416 T3

Los gases de escape resultantes de la postcombustión de gases de reacción en el recipiente de fundición se retiran de la región superior del recipiente de fundición a través de un conducto de gas de escape.

5 El recipiente de fundición incluye secciones revestidas refractarias en el crisol inferior y paneles enfriados 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.

El proceso Hlsmelt permite que se produzcan grandes cantidades de hierro fundido, típicamente al menos 0.5 Mt/a, mediante fundición en un solo recipiente compacto.

10 El proceso Hlsarna se lleva a cabo en un aparato de fundición que incluye (a) un recipiente de fundición que incluye una cámara de fundición y lanzas para inyectar materiales de alimentación sólidos y gas que contiene oxígeno en la cámara de fundición y está adaptado para contener un baño de metal fundido y escoria y (b) un ciclón de fundición para el pretratamiento de un material de alimentación metalífero que se coloca arriba y se comunica directamente con el recipiente de fundición.

15 El término "ciclón de fundición" se entiende aquí como un recipiente que típicamente define una cámara cilíndrica vertical y está construido de manera que los materiales de alimentación suministrados a la cámara se mueven en una trayectoria alrededor de un eje central vertical de la cámara y pueden soportar temperaturas de operación altas suficientes para derretir, al menos parcialmente, materiales de alimentación metalíferos.

20 En una forma del proceso Hlsarna, el material de alimentación carbonoso (típicamente carbón) y opcionalmente el flujo (típicamente piedra caliza calcinada) se inyectan en un baño fundido en la cámara de fundición del recipiente de fundición. El material carbonoso se suministra como una fuente de un reductor y una fuente de energía. El material de alimentación metalífero, como la mena de hierro, opcionalmente mezclado con flujo, se inyecta y se calienta, y se funde parcialmente y se reduce parcialmente en el ciclón de fundición. Este material metalífero fundido, parcialmente reducido, fluye hacia abajo desde el ciclón de fundición al baño fundido en el recipiente de fundición y se funde a metal fundido en el baño. Los gases de reacción calientes (típicamente CO, CO₂, H₂ y H₂O) producidos en el baño fundido son parcialmente quemados por un gas que contiene oxígeno (típicamente oxígeno de grado técnico) en la parte superior de la cámara de fundición. El calor generado por la postcombustión se transfiere a las gotas fundidas en la sección superior que caen nuevamente dentro del baño fundido para mantener la temperatura del baño. Los gases de reacción calientes y parcialmente quemados fluyen hacia arriba desde la cámara de fundición y entran en el fondo del ciclón de fundición. El gas que contiene oxígeno (típicamente oxígeno de grado técnico) se inyecta en el ciclón de fundición a través de toberas que están dispuestas de tal manera que generan un patrón de remolino ciclónico en un plano horizontal, es decir, alrededor de un eje central vertical de la cámara del ciclón de fundición. Esta inyección de gas que contiene oxígeno conduce a una mayor combustión de los gases de los recipientes de fundición, lo que resulta en llamas (ciclónicas) muy calientes. El material de alimentación metalífero entrante, típicamente en forma de finos, se inyecta neumáticamente en estas llamas a través de toberas en el ciclón de fundición, lo que produce un calentamiento rápido y una fusión parcial acompañada de una reducción parcial (aproximadamente un 10-20% de reducción). La reducción se debe tanto a la descomposición térmica de la hematita como a la acción reductora de CO/H₂ en los gases de reacción de la cámara de fundición. El material de alimentación metalífero parcialmente fundido y caliente se lanza hacia el exterior sobre las paredes del ciclón de fundición por acción de remolino ciclónico y, como se describió anteriormente, fluye hacia abajo en el recipiente de fundición debajo para fundirlo en la cámara de fundición de ese recipiente.

45 El efecto neto de la forma descrita anteriormente del proceso de Hlsarna es un proceso de contracorriente de dos pasos. El material de alimentación metalífero se calienta y se reduce parcialmente por los gases de reacción salientes del recipiente de fundición (con adición de gas que contiene oxígeno) y fluye hacia abajo hacia el recipiente de fundición y se funde a hierro fundido en la cámara de fundición del recipiente de fundición. En un sentido general, esta disposición a contracorriente aumenta la productividad y la eficiencia energética.

50 Los procesos Hlsmelt y Hlsarna incluyen la inyección de sólidos en baños fundidos en recipientes de fundición a través de lanzas de inyección de sólidos enfriados por agua.

55 Además, una característica clave de ambos procesos es que los procesos operan en recipientes de fundición que incluyen una cámara de fundición para el material metalífero de fundición y antecrisol conectado a la cámara de fundición a través de una conexión de antecrisol que permite la salida continua de productos metálicos de los recipientes. Un antecrisol funciona como un sello de sifón relleno de metal fundido, que naturalmente "derrama" el exceso de metal fundido del recipiente de fundición a medida que se produce. Esto permite que el nivel de metal fundido en la cámara de fundición del recipiente de fundición sea conocido y controlado dentro de una pequeña tolerancia - esto es esencial para la seguridad de la planta. El nivel de metal fundido debe (en todo momento) mantenerse a una distancia segura por debajo de los elementos enfriados por agua, como las lanzas de inyección de sólidos que se extienden hacia la cámara de fundición, de lo contrario se pueden producir explosiones de vapor. Es por esta razón que el antecrisol se considera parte inherente de un recipiente de fundición para los procesos Hlsmelt y Hlsarna.

65

ES 2 694 416 T3

El término “antecrisol” se entiende aquí como una cámara de un recipiente de fundición que está abierto a la atmósfera y está conectado a una cámara de fundición del recipiente de fundición a través de un pasaje (denominado en este documento como una “conexión de antecrisol”) y, bajo condiciones de funcionamiento estándar, contiene metal fundido en la cámara, con la conexión de del antecrisol completamente llena de metal fundido.

- 5 El inicio normal para los procesos Hlsmelt y Hlsarna en un recipiente de fundición incluye los siguientes pasos:
1. Precalentamiento de los refractarios en las partes inferiores del recipiente de fundición (nominalmente vacío), incluida la cámara antecrisol y la conexión de antecrisol.
 - 10 2. Verter el metal caliente preparado externamente en el recipiente de fundición a través del antecrisol en una cantidad tal que el nivel de metal esté al menos unos 100 mm por encima de la parte superior de la conexión de antecrisol.
 - 15 3. Opcionalmente, inyectar gas combustible (como gas natural o GLP) y gas que contiene oxígeno en el espacio de gas sobre el baño de metal durante un período de tiempo para generar calor en la cámara de fundición.
 4. Comenzar y luego continuar la inyección de carbón (preferiblemente con adiciones de flujo) y gas que contiene oxígeno, con el fin de calentar la carga de metal e iniciar la formación de escoria y aumentar la cantidad de escoria.
 - 20 5. Opcionalmente, inyectar escoria triturada y/o agentes formadores de escoria tales como arena de sílice/bauxita más flujo de cal/dolomita para acelerar aún más la formación de escoria.
 6. Iniciar la inyección de material que contiene hierro, como la mena de hierro (junto con el carbón y el flujo) para comenzar la operación normal de fundición.

25 La experiencia práctica del solicitante ha demostrado que la secuencia de arranque anterior, si no se controla cuidadosamente, puede conducir fácilmente a flujos de calor excesivamente altos en elementos enfriados por agua, como paneles enfriados por agua, en las partes más bajas del recipiente de fundición – típicamente flujos de calor mayores a 500 kW/m².

30 Para el propósito de esta discusión, el término “partes inferiores” se entiende que significan los elementos enfriados por agua expuestos (normalmente recubiertos con una capa de escoria congelada cuando la planta está en funcionamiento) en la parte inferior de 2-2.5 m (verticalmente) de todos los elementos enfriados por agua dentro del recipiente de fundición cuando la planta es de tamaño “pequeño” industrial (por ejemplo, recipiente Hlsmelt de 6m).

35 Para una planta más pequeña (por ejemplo, una planta piloto Hlsarna de 2.5 m), esta distancia se reducirá proporcionalmente y puede ser de aproximadamente 1 a 1.5 m. A la inversa, para una planta muy grande (por ejemplo, una planta Hlsmelt de 8m), esta distancia aumentará a unos 2.5-3 m.

40 Un elemento enfriado por agua “expuesto” se entiende aquí como un elemento que:

- 40 (i) tiene al menos el 30% de su área de superficie externa que está dentro del recipiente salpicado con metal fundido y/o escoria cuando la planta está en operación normal, y
- 45 (ii) se enfría internamente por transferencia de calor por convección a agua en fase líquida, con el agua de enfriamiento típicamente en el rango de 10-80 °C y calibre de varilla 0-10, y la velocidad del agua en los canales de enfriamiento que excede 0.5 m/s.

50 Dependiendo del diseño particular de los elementos enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente de fundición, los flujos de calor superiores a 500 kW/m² pueden hacer disparar la planta, obligando a la secuencia de inicio a abortarse temporalmente. Los elementos enfriados por agua pueden diseñarse para soportar flujos de calor más altos (por ejemplo, 700-800 kW/m²), aunque esto tiende a aumentar el costo de los elementos. Con los elementos enfriados por agua diseñados para resistir flujos de calor superiores a 500 kW/m² la “ventana” de operación es mayor, pero se aplica la misma lógica general.

55 A los efectos de este análisis, se entiende que la cantidad de “500 kW/m²” significa el flujo de calor máximo de diseño de los elementos enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente. Se enfatiza que la presente invención no se limita a elementos enfriados por agua que tienen un flujo de calor máximo de diseño de 500 kW/m². También se entiende que la medición de estos flujos de calor excluye las fluctuaciones a corto plazo (<30 segundos) (relacionadas con las mediciones), con los flujos de calor a los que se hace referencia en este documento se promedian en el tiempo durante 30 segundos o más.

60 Si la planta se dispara como resultado de flujos de calor que exceden el flujo de calor máximo de diseño, el resultado es un retraso que conduce a un enfriamiento no planificado del metal en el recipiente de fundición, en particular, el enfriamiento del metal en la conexión de antecrisol. Si el metal se enfría más allá de cierto punto, será necesario golpear ligeramente el recipiente para evitar una conexión de antecrisol congelada. La puesta en marcha completa se aborta y la secuencia de inicio debe comenzar de nuevo (a un costo significativo y tiempo de producción perdido).

En general, el período durante el cual los elementos enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente de fundición están sujetos a una posible exposición a alto flujo de calor se limita al tiempo necesario para establecer una capa de escoria lo suficientemente profunda como para (predominantemente) salpicar de escoria y/o sumergir en escoria la fila inferior de elementos refrigerados por agua. Una vez salpicadas de escoria o sumergidas en escoria, estos elementos enfriados por agua forman capas de congelación de escoria moderadamente gruesas (> 10 mm) y los flujos de calor descienden a niveles significativamente más bajos (típicamente <200-250 kW/m²).

La US6517605 divulga un proceso de inicio para un proceso de fundición directo para la producción de hierro de un material de alimentación metalífero. El proceso de inicio incluye los pasos de:

(a) Precalentar el recipiente;

(b) suministrar una carga de hierro fundido al recipiente;

(c) suministrar un material carbonoso y un flujo al baño fundido e inyectar gas que contiene oxígeno, y quemar el carbón y, de ese modo, calentar el baño fundido y generar escoria;

(d) suministrar material de alimentación metalífero al recipiente mientras continúa el suministro de material carbonoso y el flujo e inyección de gas que contiene oxígeno y material de alimentación metalífero de fundición, y producir hierro fundido.

El documento WO00/01854 divulga un recipiente que produce metal a partir de un material de alimentación metalífero mediante un proceso de fundición directa. El recipiente contiene un baño fundido que tiene una capa metálica y una capa de escoria sobre la capa metálica y tiene un espacio continuo de gas sobre la capa de escoria. El material refractario se extiende dentro del recipiente y está en contacto con la capa de escoria y el espacio continuo de gas. El gas que contiene oxígeno se inyecta hacia abajo del recipiente y una o más lanzas/toberas inyectan al menos parte del material de alimentación metalífero y un material carbonoso con un gas portador en el baño fundido para penetrar la capa de metal.

La descripción anterior no debe tomarse como una admisión del conocimiento general común en Australia o en cualquier otro lugar.

Resumen de la divulgación

La presente invención se basa en la constatación de que (1) el flujo de calor de los elementos enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente de fundición como se describe aquí proporciona una indicación de la temperatura del baño fundido durante una parte temprana de la secuencia de inicio y, (2) utilizando esta información es posible (por ejemplo, a través de la manipulación de las tasas de inyección de gas que contienen oxígeno y/o carbón) controlar la temperatura del baño fundido y "dirigir" el proceso de manera segura a través de esta difícil fase de inicio, particularmente la parte de la fase en la que hay escoria insuficiente en el recipiente, sin exceder los niveles críticos de flujo de calor y disparar la secuencia de inicio del proceso de fundición.

En términos generales, la presente invención proporciona un método para iniciar (cuyo término incluye "reiniciar") un proceso basado en un baño fundido para fundir un material metalífero que incluye el uso de flujo de calor de elementos enfriados por agua en las partes inferiores de un recipiente de fundición para proporcionar una indicación de la temperatura del baño fundido durante al menos una parte temprana del método de inicio y ajustar las tasas de inyección de gas que contiene oxígeno y/o material carbonoso en el recipiente de fundición para controlar la temperatura del baño fundido durante el arranque para evitar exceder niveles críticos de flujo de calor y disparar el método de arranque.

En términos más específicos, la presente invención proporciona un método para iniciar (cuyo término incluye "reiniciar") un proceso de fundición a base de baño fundido para un material metalífero en un recipiente de fundición que define una cámara de fundición y produce metal fundido, con el método que incluye suministrar una carga de metal caliente a la cámara de fundición, suministrar materiales de alimentación a la cámara de fundición y generar calor y formar escoria fundida, y luego aumentar la cantidad de escoria fundida en la cámara de fundición, con el metal caliente y la escoria fundida formando un baño fundido en la cámara de fundición, monitorizando el flujo de calor de una pared lateral del recipiente en contacto con el baño fundido para obtener una indicación de la temperatura en el baño fundido a medida que aumenta la cantidad de escoria, y ajustar las tasas de suministro de material carbonosos sólido y/o gas que contiene oxígeno y, opcionalmente, material metalífero en la cámara de fundición para ajustar la entrada de calor en la cámara de fundición y por lo tanto controlar la temperatura del baño fundido para que la temperatura del baño no cause altos flujos de calor en la pared lateral del recipiente que dispara la secuencia de arranque en el proceso de fundición.

En términos más específicos, la presente invención proporciona un método para iniciar un proceso basado en un baño fundido para fundir un material metalífero en un recipiente de fundición y producir metal fundido, el recipiente de

fundición que incluye (a) una cámara de fundición inicialmente vacía que tiene un crisol y una pared lateral que se extiende hacia arriba desde el crisol, con la pared lateral que incluye elementos enfriados por agua, como paneles enfriados por agua, al menos en una sección inferior de la pared lateral (que incluye opcionalmente enfriadores de zonas de escoria que sobresalen hacia el interior en el nivel más bajo de elementos enfriados por agua), (b) un antecrisol, y (c) una conexión de antecrisol que interconecta la cámara de fundición y el antecrisol, y con el método que incluye los pasos de:

(a) suministrar una carga de metal caliente a la cámara de fundición a través del antecrisol;

(b) suministrar un material carbonoso sólido y un gas que contiene oxígeno a la cámara de fundición después de completar la carga de metal caliente y encender el material carbonoso y calentar la cámara de fundición y el metal caliente, y formar escoria fundida y luego aumentar la cantidad de escoria fundida, con el metal caliente y la escoria fundida formando un baño fundido en la cámara de fundición; y

(c) suministrar un material metálico al baño fundido y fundir el material metálico al metal fundido;

y en el que, durante los pasos (b) y (c), el método incluye controlar la temperatura del baño fundido mediante:

(i) monitorizar el flujo de calor de los elementos enfriados por agua en contacto con el baño fundido para obtener una indicación de la temperatura en el baño fundido, y

(ii) ajustar las tasas de suministro del material carbonoso sólido y/o el gas que contiene oxígeno y, opcionalmente, de material metálico teniendo en cuenta el flujo de calor del elemento enfriado por agua para ajustar la entrada de calor en la cámara de fundición y controlar así la temperatura del baño fundido de modo que la temperatura del baño no cause altos flujos de calor en los elementos enfriados por agua que disparan la secuencia de arranque del proceso de fundición.

El método puede incluir ajustar las tasas de suministro de material carbonoso sólido y de gas que contiene oxígeno y, opcionalmente, de material metálico en la cámara de fundición para ajustar la entrada de calor en la cámara de fundición y controlar así la temperatura del baño fundido para que esté dentro de un rango tal que (i) se evitan los altos flujos de calor altos capaces de hacer disparar la planta en la medida que se acumula el inventario de escoria y (ii) se evitan las bajas temperaturas del baño que conducen a problemas de fluidez de escoria/espumación/transferencia de calor. Si se satisfacen ambas condiciones, la producción de metal (en una cantidad significativa) se logrará temprano y el metal caliente de la cámara principal fluirá hacia la conexión de antecrisol. Por lo general, cuando hay un "nuevo" metal caliente presente en la conexión de antecrisol, se considera que el proceso se inició con éxito.

En el contexto de la anterior discusión de los recipientes de fundición que tienen elementos enfriados por agua, un rango de flujo de calor de 200-500 kW/m² del área de superficie del elemento expuesto es indicativo del rango de temperatura mencionado en el párrafo anterior. Se observa que los límites numéricos precisos del rango de flujo de calor pueden variar dependiendo de una serie de factores que incluyen, pero no se limitan a, diferentes construcciones de fundición y diferentes metales metálicos y otros materiales de alimentación.

El método puede incluir el precalentamiento de la cámara de fundición, el antecrisol y la conexión de antecrisol.

El método puede incluir precalentar un crisol del recipiente, el antecrisol y la conexión de antecrisol de manera tal que la temperatura promedio de la superficie del crisol, el antecrisol y la conexión de antecrisol estén por encima de 1000 °C.

El método puede incluir precalentar el crisol del recipiente, el antecrisol y la conexión de antecrisol de manera tal que la temperatura promedio de la superficie del crisol, el antecrisol y la conexión de antecrisol estén por encima de 1200 °C.

El método puede incluir el suministro de suficiente metal caliente en el paso (a) de modo que el nivel del metal caliente esté al menos unos 100 mm por encima de la parte superior de la conexión de antecrisol.

El método puede incluir inyectar un gas o combustible líquido (como gas natural, LPG o petróleo) y un gas que contiene oxígeno en el espacio de gas sobre el metal durante un período de tiempo después de suministrar la carga de metal caliente a la cámara de fundición para generar calor en la cámara de fundición.

El método puede incluir suministrar material de flujo a la cámara de fundición en los pasos (b) y (c) para promover la formación de escoria fundida.

El método puede incluir inyectar escoria o agentes formadores de escoria tales como arena de sílice/bauxita más flujo de cal/dolomita para promover la formación de escoria fundida.

El método puede incluir comenzar la etapa (c) de suministrar el material metalífero al baño fundido en cualquier momento durante el curso del paso (b).

El proceso de fundición a base de baño fundido puede incluir los pasos de:

(a) suministrar material carbonoso y material metalífero sólido o fundido al baño fundido y generar gas de reacción y fundir material metalífero y producir metal fundido en el baño,

(b) suministrar gas que contiene oxígeno a la cámara de fundición para la combustión por encima del baño de gas combustible liberado del baño y generar calor para las reacciones de fundición en el baño; y

(c) producir un movimiento hacia arriba significativo del material fundido desde el baño por el surgimiento de gas para crear gotas que transportan calor y salpicaduras de material fundido que se calientan cuando se proyectan en la región de combustión en el espacio superior de la cámara de fundición y luego retroceden en el baño, donde las gotas y las salpicaduras llevan el calor hacia abajo al baño, donde se utiliza para fundir el material metalífero.

La presente invención proporciona un proceso basado en baño fundido para fundir un material metalífero en un recipiente de fundición que incluye el método descrito anteriormente para iniciar el proceso (cuyo término incluye "reiniciar").

La presente invención proporciona un proceso Hismelt para fundir un material metalífero en un recipiente de fundición que incluye el método descrito anteriormente para iniciar el proceso (cuyo término incluye "reiniciar").

La presente invención proporciona un proceso Hlsarna para fundir un material metalífero en un recipiente de fundición que incluye el método descrito anteriormente para iniciar el proceso (cuyo término incluye "reiniciar").

El material metalífero puede ser cualquier material adecuado. A modo de ejemplo, el material metalífero puede ser un material que contiene hierro.

El material carbonoso puede ser cualquier material adecuado. Por ejemplo, el material carbonoso puede ser carbón.

El gas que contiene oxígeno puede incluir aire, oxígeno o aire enriquecido con oxígeno.

Breve descripción de los dibujos

Una realización del método para iniciar un proceso de fundición a base de baño fundido en un recipiente de fundición de acuerdo con la presente invención se describe con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

La Figura 1 es una vista en sección transversal del recipiente de fundición de un aparato de fundición para producir metal fundido de acuerdo con el proceso Hismelt que ilustra el nivel de metal fundido en el recipiente después de suministrar metal fundido al recipiente durante el curso de una realización de un método para iniciar un proceso de fundición en el recipiente de acuerdo con la invención;

La Figura 2 es una vista en sección transversal del recipiente de fundición mostrado en la Figura 1, que ilustra los niveles de metal fundido y escoria en el recipiente de fundición al final de un método exitoso para iniciar el proceso de fundición en el recipiente de acuerdo con la invención; y

La Figura 3 es una vista esquemática de una realización de un aparato de Hlsarna para fundir un material metalífero y producir metal fundido de acuerdo con el proceso Hlsarna.

Descripción de la realización(es)

Las Figuras 1 y 2 muestran en forma muy esquemática y simplificada un recipiente de fundición para fundir material metalífero a metal fundido de acuerdo con el proceso Hismelt.

Como se indicó anteriormente, el proceso Hismelt es un ejemplo de un proceso de fundición a base de baño fundido para producir metal fundido a partir de un material de alimentación metalífero en un recipiente de fundición que tiene una fuente fuerte de baño/escoria generada por la evolución del gas en el baño fundido, con la evolución del gas siendo, al menos en parte, el resultado de la desvolatilización del material carbonoso en el baño fundido. Como también se indicó anteriormente, el proceso Hismelt se describe en un número considerable de patentes y solicitudes de patentes a nombre del solicitante. A modo de ejemplo, el proceso Hismelt se describe en la solicitud internacional PCT/AU96/00197 (WO1996/032627) a nombre del solicitante. El material metalífero puede ser cualquier material adecuado. El material que contiene hierro, como la mena de hierro, es un tipo de material metalífero de particular interés para el solicitante.

Las Figuras 1 y 2 muestran el recipiente en diferentes pasos en un método para arrancar el proceso de Hismelt en el recipiente.

5 Con referencia a las Figuras 1 y 2, el recipiente define una cámara de fundición y tiene un crisol 1 revestido con refractario, lanzas 2 de inyección de sólidos refrigerados por agua, una lanza 3 superior para gas que contiene oxígeno refrigerado por agua y una pared lateral 4 enfriada por agua. La pared lateral 4 enfriada por agua típicamente comprende una cubierta exterior de acero (no mostrada) y una pluralidad de elementos enfriados por agua (no mostrados) en forma de paneles que tienen secciones metálicas de tubo enfriados por agua en el interior y escoria congelada en el lado de los paneles orientados hacia el interior del recipiente y escoria congelada o material refractario moldeable (o una combinación) entre los tubos enfriados por agua y la cubierta exterior. La solicitud internacional mencionada anteriormente proporciona más detalles de los paneles típicos refrigerados por agua. El recipiente también comprende un antecrisol 5 que define una cámara 8 de antecrisol y una conexión 6 de antecrisol que incluye un pasaje que interconecta la cámara de fundición y la cámara de antecrisol.

15 Los enfriadores 7 de la zona de escoria se colocan en la parte superior del material refractario del crisol. Los enfriadores de la zona de escoria pueden ser de cualquier construcción adecuada. Un ejemplo de un enfriador de zona de escoria adecuado se describe en la solicitud internacional PCT/AU2007/000688 (WO2007/134382) a nombre del solicitante.

20 Los enfriadores 7 de la zona de escoria y los paneles enfriados por agua de la pared lateral 4 que están inmediatamente por encima de los enfriadores 7 de la zona de escoria se consideran paneles enfriados por agua en las "partes inferiores" del recipiente.

25 En esta realización, el flujo de calor máximo permitido para los paneles refrigerados por agua es de 500 kW/m². Como se indicó anteriormente, el flujo de calor máximo permisible para los paneles en cualquier situación dada depende de una variedad de factores tales como diferentes construcciones de fundición y diferentes materiales metalíferos y otros materiales de alimentación y puede determinarse fácilmente.

30 Una realización del método de puesta en marcha de un proceso de fundición Hismelt en el recipiente de acuerdo con la presente invención incluye una primera etapa de precalentamiento del refractario en el recipiente, que incluye la cámara 8 de antecrisol y la conexión 6 de antecrisol. La temperatura y el tiempo de precalentamiento son una función de una serie de factores que incluyen, pero no se limitan el tipo y la cantidad de material refractario en el recipiente.

35 Cuando se completa el paso de precalentamiento, se vierte entonces una carga de un metal caliente preparado externamente (tal como hierro fundido) en la cámara de fundición a través del antecrisol 5 en una cantidad tal que el nivel de metal está al menos unos 100 mm por encima de la parte superior de la conexión 6 de antecrisol. Este paso da como resultado un inventario 9 de metal en la cámara de fundición, como se muestra en la Figura 1.

40 Se inicia la inyección de material carbonoso en forma de carbón, en el caso de esta realización, y los flujos a través de lanzas 2. Al mismo tiempo, se inicia la inyección de un gas que contiene oxígeno en forma de chorro de aire caliente a través de la lanza 3. La inyección de estos materiales de alimentación da como resultado la formación de una escoria fundida 10 en la carga de metal caliente. El metal caliente y la escoria forman un baño fundido en el recipiente. La cantidad de escoria fundida aumenta a medida que continúa la inyección de carbón, flujos y aire caliente. Las salpicaduras de metal comienzan con la inyección de carbón, flujos y aire caliente y, en este punto, los paneles en las partes inferiores del recipiente muestran flujos de calor alto dondequiera que se produzcan salpicaduras de metal - esto no necesita ser uniforme alrededor de la circunferencia, y el efecto puede concentrarse en regiones que están más o menos en el lado opuesto de las lanzas de inyección. La no uniformidad también puede surgir debido a que los patrones de salpicadura son asimétricos y las llamas de combustión caliente de la lanza 3 se dirigen preferentemente a regiones de baja intensidad de salpicadura.

50 Como se indicó anteriormente, los altos flujos de calor en las partes más bajas del recipiente son una preocupación debido al riesgo de que se produzca un disparo de la secuencia del método de arranque en el recipiente.

55 Como se indicó anteriormente, el solicitante ha encontrado que (1) el flujo de calor de los paneles en las partes inferiores del recipiente proporciona una indicación de la temperatura del baño fundido, particularmente cuando hay una pequeña cantidad de escoria fundida en el recipiente, y (2) utilizar esta información es posible mediante la manipulación de las tasas de inyección de carbón y/o aire caliente para controlar la temperatura del baño fundido y evitar exceder un nivel de flujo crítico y disparar el método de arranque, lo que lleva a un apagado. En esta realización, el nivel de flujo de calor crítico es de 500 kW/m². El flujo de calor en los paneles enfriados por agua en las partes más bajas del recipiente se puede determinar al monitorizar las temperaturas del agua de entrada y salida, y los caudales de los paneles enfriados por agua y hacer cálculos de flujo de calor basados en estos datos. Todos los paneles enfriados por agua pueden ser monitorizados. Alternativamente, se puede monitorizar una selección de los paneles enfriados por agua. Estos paneles refrigerados por agua seleccionados pueden estar en secciones del recipiente que se sabe que son altamente susceptibles a las salpicaduras que causan altos flujos de calor en esas secciones.

65 Alternativamente, los paneles refrigerados por agua seleccionados pueden ser representativos del flujo de calor total en las partes inferiores del recipiente y los datos pueden usarse como base para los cálculos de flujo de calor para

todos los paneles enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente. La monitorización del flujo de calor puede ser continua o periódica.

5 Durante este período de inyección de carbón, flujos y aire caliente, si los cálculos de flujo de calor indican que el flujo de calor ha aumentado o está aumentando hacia cantidades inaceptablemente altas, las condiciones de inyección de material de alimentación se ajustan según sea necesario para reducir el calor generado en las partes inferiores del recipiente. Típicamente, esto implica reducir las tasas de flujo de inyección de carbón y/o aire caliente.

10 Este período de inyección de carbón y flujo con aire caliente se mantiene durante aproximadamente 30-60 minutos y, generalmente, durante este período, los flujos de calor generalmente aumentan.

15 Una vez que los flujos de calor en las partes más bajas del recipiente están generalmente por encima de 200 kW/m², se inicia la inyección de material metalífero, como la mena de hierro. La monitorización del flujo de calor continúa durante este período. Las tasas de carbón y de chorro caliente continúan modulando para mantener el flujo de calor máximo por debajo de 500 kW/m², mientras aumentan lentamente las tasas de inyección de mena.

20 Inicialmente, esta fase del método de arranque es sensible y los flujos de calor pueden "aumentar" si, por ejemplo, las tasas de alimentación de carbón y/o material metalífero experimentan algún tipo de perturbación de flujo. Tales perturbaciones son posibles, ya que la alimentación de material metalífero (en particular) está en un pequeño porcentaje de su tasa nominal de diseño y los dispositivos de alimentación de sólidos a menudo experimentan dificultades para mantener un flujo suave bajo tales condiciones.

25 Durante las siguientes 1 a 3 horas, el inventario de escoria aumenta y, como consecuencia, el proceso se vuelve lentamente menos sensible a los picos de flujo de calor. A medida que la naturaleza de la salpicadura cambia de predominantemente metal a una mezcla de metal y escoria, y de ahí a predominantemente escoria, los paneles en las partes inferiores del recipiente se aíslan con escoria congelada en las superficies expuestas de los paneles y los flujos de calor caen. En esta etapa, la monitorización del flujo de calor es menos importante. Una vez que se ha establecido un nivel de escoria (calculada) de aproximadamente 0.8-1.5 m (dependiendo del tamaño del recipiente) en el recipiente, es probable que los flujos de calor del panel inferior hayan descendido por debajo de 200 kW/m² y se considera que el proceso ha pasado con seguridad a través del método de arranque. Esta condición se ilustra en la Figura 2 que muestra el recipiente con la capa de escoria 10 en su lugar.

35 Como se describió anteriormente, el método para iniciar un proceso de fundición a base de baño fundido de acuerdo con la invención es aplicable a los procesos Hismelt y Hlsarna, así como a otros procesos de fundición directa a base de baño fundido.

40 Con referencia a la Figura 3, el proceso Hlsarna funde material de alimentación metalífero y produce salidas de proceso de metal fundido, escoria fundida y gases de escape. La siguiente descripción del proceso de Hlsarna se encuentra en el contexto de la fundición de material metalífero en forma de mena de hierro. La presente invención no se limita a este tipo de material metalífero.

45 El aparato de Hlsarna mostrado en la Figura 3 incluye un ciclón 2 de fundición y un recipiente 4 de fundición a base de baño fundido del tipo descrito con referencia a las Figuras 1 y 2 que tienen una cámara 19 de fundición situada directamente debajo del ciclón 2 de fundición, con comunicación directa entre las cámaras del ciclón 2 de fundición y el recipiente 4 de fundición.

50 Con referencia a la Figura 3, durante la operación en estado estable de una campaña de fundición, se alimenta una mezcla de mena a base de magnetita (u otra mena de hierro) con un tamaño máximo de 6 mm y flujo tal como piedra caliza 1, a través de un secador de mena, y con gas la transportador neumático, en el ciclón 2 de fundición. La piedra caliza representa aproximadamente el 8-10% en peso del flujo combinado de mena y piedra caliza. El oxígeno 8 se inyecta en el ciclón 2 de fundición a través de toberas para precalentar y parcialmente fundir y reducir parcialmente la mena. El oxígeno 8 también quema gas combustible que ha fluido hacia arriba en el ciclón 2 de fundición desde el recipiente 4 de fundición. La mena parcialmente fundido y parcialmente reducido fluye hacia abajo desde el ciclón 2 de fundición a baño 25 fundido de metal y escoria en la cámara 19 de fundición en el recipiente 4 de fundición. La mena parcialmente fundido y parcialmente reducido se funde para formar hierro fundido en el baño 25 fundido. El carbón 3 se alimenta, a través de un secador separado, a la cámara 19 de fundición del recipiente 4 de fundición. El carbón 3 y un gas 2a transportador se inyectan a través de lanzas 35 en el baño 25 fundido de metal y escoria en la cámara 19 de fundición. El carbón proporciona una fuente de un reductor y una fuente de energía. La Figura 3 muestra que el baño 25 fundido comprende dos capas, de las cuales la capa 25a es una capa de metal fundido y la capa 25b es una capa de escoria fundida. La Figura ilustra las capas siendo de profundidad uniforme. Esto es solo para fines ilustrativos y no es una representación precisa de lo que sería un baño altamente agitado y bien mezclado en operación del proceso de Hlsarna. La mezcla del baño 25 fundido se debe a la desvolatilización del carbón en el baño, que genera gas, como CO y H₂, y produce un movimiento ascendente de gas y material arrastrado desde el baño fundido a un espacio superior de la cámara 19 de fundición que está por encima del baño 25 fundido. El oxígeno 7 se inyecta en la cámara 19 de fundición a través de lanzas 37 para quemar posteriormente algunos de estos gases, típicamente

CO y H₂, generados y liberados del baño 25 fundido en el espacio superior de la cámara 19 de fundición y proporcionar el calor necesario para el proceso de fundición en el baño.

5 Después del arranque, el funcionamiento normal del proceso Hlsarna durante una campaña de fundición implica (a) inyección de carbón a través de lanzas 35 e inyección de oxígeno frío a través de lanzas 37 en la cámara 19 de fundición del recipiente 4 de fundición y (b) inyección 7 de mena y la inyección adicional de oxígeno 8 en el ciclón de fundición 2.

10 Las condiciones de operación, que incluyen, pero no se limitan a, las tasas de alimentación de carbón y oxígeno en la cámara 19 de fundición del recipiente 4 de fundición y las velocidades de alimentación de mena y oxígeno en el ciclón 2 de fundición y las pérdidas de calor de la cámara 19 de fundición, se seleccionan de manera que las emisiones de gases que dejan al ciclón 2 de fundición a través de un conducto 9 de gases de escape tienen un grado de postcombustión de al menos el 90%.

15 Los gases de escape del ciclón 2 de fundición pasan a través de un conducto 9 de gases de escape a un incinerador 10 de gases de escape, donde se inyecta oxígeno 11 adicional para quemar el CO/H₂ residual y suministrar un grado de oxígeno libre (típicamente 1-2%) en el gas de combustión completamente quemado.

20 El gas de escape completamente quemado luego pasa a través de una sección de recuperación 12 de calor residual donde el gas se enfría y se genera vapor. El gas de combustión luego pasa a través de un lavador húmedo 13 donde se logra el enfriamiento y la eliminación del polvo. El lodo 14 resultante está disponible para su reciclaje en el fundidor a través de la corriente de alimentación de mena 1.

25 El gas de combustión frío que sale del lavador 13 se alimenta a una unidad 15 de desulfuración de gas de combustión.

El gas de combustión limpio se ventila a través de un apilamiento 16. Este gas se compone principalmente de CO₂ y, si es apropiado, puede comprimirse y geosequestrado (con eliminación apropiada de especies residuales de gas no condensable).

30 El recipiente 4 de fundición incluye un crisol 33 revestido con refractario y paredes 41 laterales definidas predominantemente por elementos enfriados por agua en forma de paneles enfriados por agua que definen la cámara 19 de fundición. El recipiente 4 de fundición también incluye un antecrisol 21 que está conectado a la cámara 19 de fundición a través de una conexión 23 de antecrisol. Como se indicó anteriormente, el recipiente 4 de fundición es del tipo descrito con referencia a las Figuras 1 y 2. Además, la realización del método de arranque de un proceso de fundición Hlsmelt en un recipiente de acuerdo con la presente invención como se describe con referencia a las Figs. 35 1 y 2 se pueden usar para arrancar el proceso de fundición en el recipiente 4.

40 Durante el transcurso de una campaña de fundición del proceso de Hlsarna, el metal fundido producido en la cámara 19 de fundición se descarga desde la cámara 19 de fundición a través de la conexión 23 de antecrisol y el antecrisol 21. En condiciones normales de funcionamiento en estado estable, el antecrisol 21 y la conexión 23 de antecrisol contienen metal fundido. El sistema de desbordamiento del manómetro normal funciona a través del "exceso" de metal (de producción) que se derrama sobre el labio 5 del antecrisol para mantener el nivel de metal fundido en la cámara 19 de fundición sustancialmente constante.

45 Se pueden hacer muchas modificaciones a la realización del proceso de la presente invención descrita anteriormente sin apartarse del espíritu y alcance de la invención.

50 A modo de ejemplo, mientras que los recipientes de fundición que se muestran en las Figuras incluyen un antecrisol, se observa que el método de arranque del proceso de la invención no se limita a los recipientes que incluyen antecrisoles.

55 Además, mientras que los recipientes de fundición que se muestran en las Figuras incluyen elementos enfriados por agua, incluidos paneles enfriados por agua de la pared 4 lateral y enfriadores 7 de la zona de escoria en la parte superior del crisol, se observa que el método de arranque del proceso de la invención no se limita a los recipientes que incluyen estos elementos. Las paredes laterales de los recipientes de fundición pueden ser de cualquier construcción adecuada, por lo que el flujo de calor de las paredes laterales de los recipientes en contacto con los baños de fusión proporciona una indicación de la temperatura de los baños fundidos.

60 Además, si bien las realizaciones se centran en la fundición de material metalífero en forma de material que contiene hierro, se observa que la invención se extiende a la fundición de otros materiales.

REIVINDICACIONES

1. Un método para iniciar un proceso de fundición a base de baño fundido para un material metalífero en un recipiente de fundición que define una cámara (19) de fundición y producir metal fundido, con el método que incluye
- 5 (a) suministrar una carga de metal caliente a la cámara de fundición,
- (b) suministrar materiales de alimentación que incluyen material carbonoso sólido y gas que contiene oxígeno a la cámara de fundición y que generan calor y formar escoria fundida, y luego aumentar la cantidad de escoria fundida en
- 10 la cámara de fundición, formando el metal caliente y la escoria fundida un baño (25) fundido en la cámara de fundición,
- (c) suministrar un material metalífero en el baño fundido y fundir material metalífero a metal fundido,
- (d) monitorizar el flujo de calor de una pared (4,41) lateral del recipiente en contacto con el baño fundido para obtener
- 15 una indicación de la temperatura en el baño fundido a medida que aumenta la cantidad de escoria hacia el inventario de escoria adecuado, y ajustar las tasas de suministro de material carbonoso sólido y/o gas que contiene oxígeno en la cámara de fundición para ajustar la entrada de calor en la cámara de fundición y controlar así la temperatura del baño fundido.
- 20 2. El método definido en la reivindicación 1, en el que la cámara (19) de fundición incluye un crisol (1) y una pared (4,41) lateral que se extienden hacia arriba desde el crisol, con la pared lateral que incluye elementos enfriados por agua al menos en una sección inferior de la pared lateral, y el recipiente de fundición también incluye (a) un antecrisol (5), y (b) una conexión (6) de antecrisol que interconecta la cámara de fundición y el antecrisol, con el método que incluye los pasos de:
- 25 (a) suministrar la carga de metal caliente a la cámara de fundición a través del antecrisol con la cámara de fundición inicialmente vacía;
- (b) suministrar material carbonoso sólido y gas que contiene oxígeno a la cámara de fundición después de completar la carga de metal caliente y encender el material carbonoso y calentar la cámara de fundición y el metal caliente, y
- 30 formar escoria fundida y luego aumentar la cantidad de escoria fundida, con el metal caliente y la escoria fundida formando un baño (25) fundido en la cámara de fundición;
- (c) suministrar un material metalífero en el baño fundido y fundir el material metalífero a metal fundido; y en donde, durante el paso (b), el método incluye controlar la temperatura en el baño fundido mediante:
- 35 (i) monitorizar el flujo de calor de los elementos enfriados por agua en contacto con el baño fundido para obtener una indicación de la temperatura en el baño fundido, y
- (ii) ajustar las tasas de suministro de material carbonoso sólido y/o gas que contiene oxígeno con respecto al flujo de calor del elemento enfriado por agua para ajustar la entrada de calor en la cámara de fundición y controlar así la temperatura del baño fundido.
- 40 3. El método definido en la reivindicación 2 incluye el precalentamiento de la cámara (19) de fundición, el antecrisol (5) y la conexión (6) de antecrisol.
4. El método definido en la reivindicación 2 incluye el precalentamiento del crisol (1), el antecrisol (5) y la conexión (6) de antecrisol de manera que la temperatura promedio de la superficie del crisol, el antecrisol y la conexión de antecrisol
- 45 están por encima de 1000 °C.
5. El método definido en la reivindicación 2 incluye el precalentamiento del crisol (1), el antecrisol (5) y la conexión (6) de antecrisol de manera que la temperatura promedio de la superficie del crisol, el antecrisol y la conexión de antecrisol
- 50 están por encima de 1200 °C.
6. El método definido en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que el paso (a) incluye suministrar suficiente metal caliente de modo que el nivel del metal caliente está al menos aproximadamente 100 mm por encima de la parte superior de la conexión del antecrisol (5).
- 55 7. El método definido en cualquiera de las reivindicaciones precedentes incluye inyectar un gas o combustible líquido y un gas que contiene oxígeno en el espacio de gas sobre el metal durante un período de tiempo después de completar la carga de metal caliente en la cámara (19) de fundición para generar calor en la cámara de fundición.
8. El método definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el paso (b) incluye suministrar material de flujo a la cámara (19) de fundición para promover la formación de escoria fundida.
- 60 9. El método definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes incluye la inyección de escoria o agentes formadores de escoria tales como la arena de sílice/bauxita más el flujo de cal/dolomita para promover la formación de escoria fundida en el baño (25) fundido.
- 65

10. El método definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores incluye comenzar el paso (c) de suministrar el material metalífero en el baño fundido en cualquier momento durante el curso del paso (b).

5 11. El método definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el proceso de fundición a base de baño fundido incluye los pasos de:

(a) suministrar material carbonoso y material metalífero sólido o fundido al baño (25) fundido y generar gas de reacción y fundir el material metalífero y producir metal fundido en el baño,

10 (b) suministrar gas que contiene oxígeno a la cámara de fundición para la combustión por encima del baño de gas combustible liberado del baño y generar calor para las reacciones de baño fundido; y

(c) producir un movimiento ascendente significativo del material fundido desde el baño por el surgimiento de gas para crear gotas que transportan calor y salpicaduras de material fundido que se calientan cuando se proyectan en la región de combustión en el espacio superior de la cámara de fundición y luego caen de regreso al baño, donde las gotas y las salpicaduras llevan el calor de forma descendente hacia el baño, donde se utiliza para fundir el material metalífero.

15 12. El método definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye el uso de flujo de calor de elementos enfriados por agua en las partes inferiores del recipiente (19) de fundición para proporcionar una indicación de la temperatura del baño (25) fundido durante al menos una parte temprana del método y ajustar las tasas de inyección de gas que contiene oxígeno y/o material carbonoso en el recipiente de fundición para controlar la
20 temperatura del baño fundido durante el arranque, para evitar exceder los niveles críticos de flujo de calor y disparar el método.

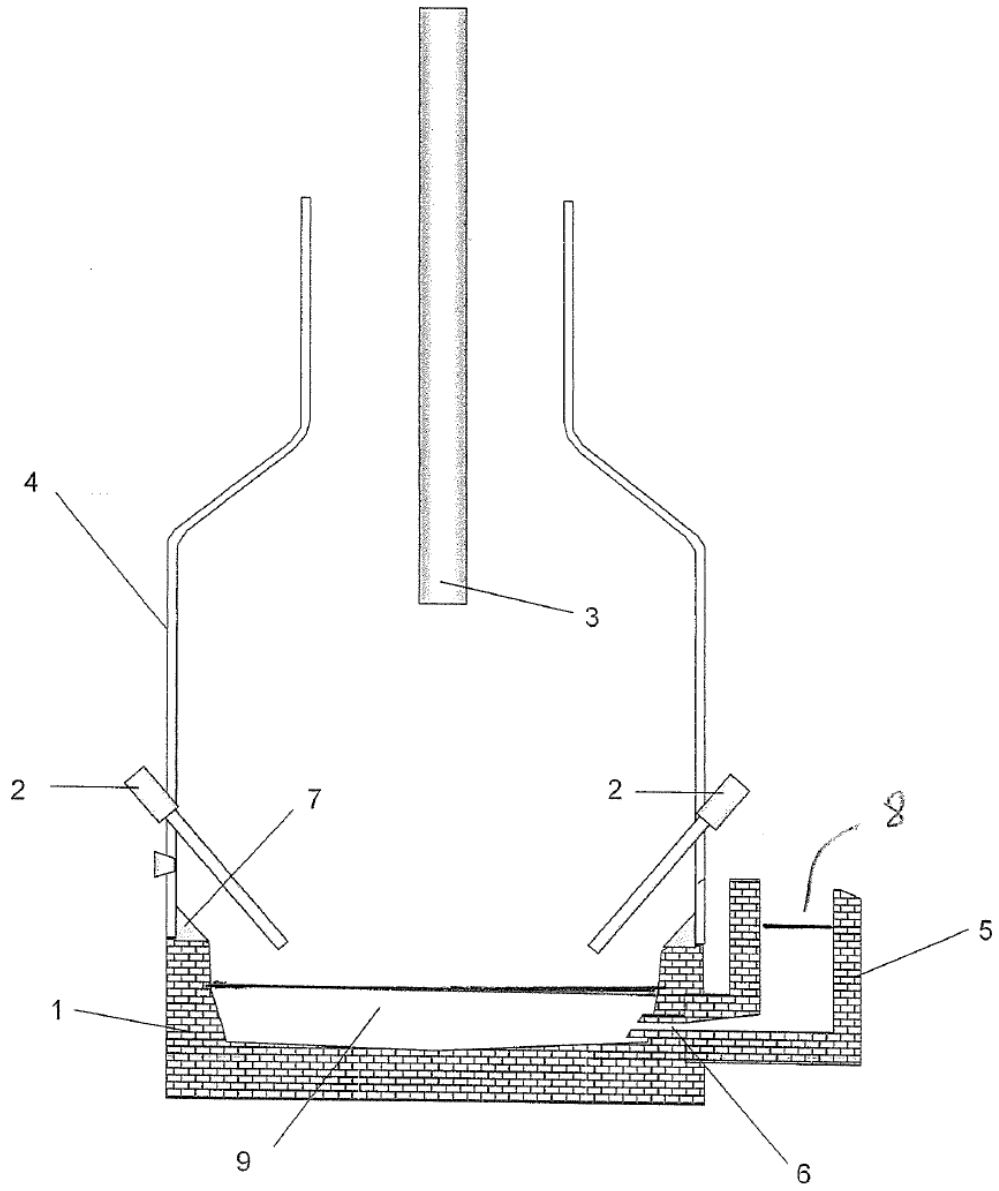


Figura 1

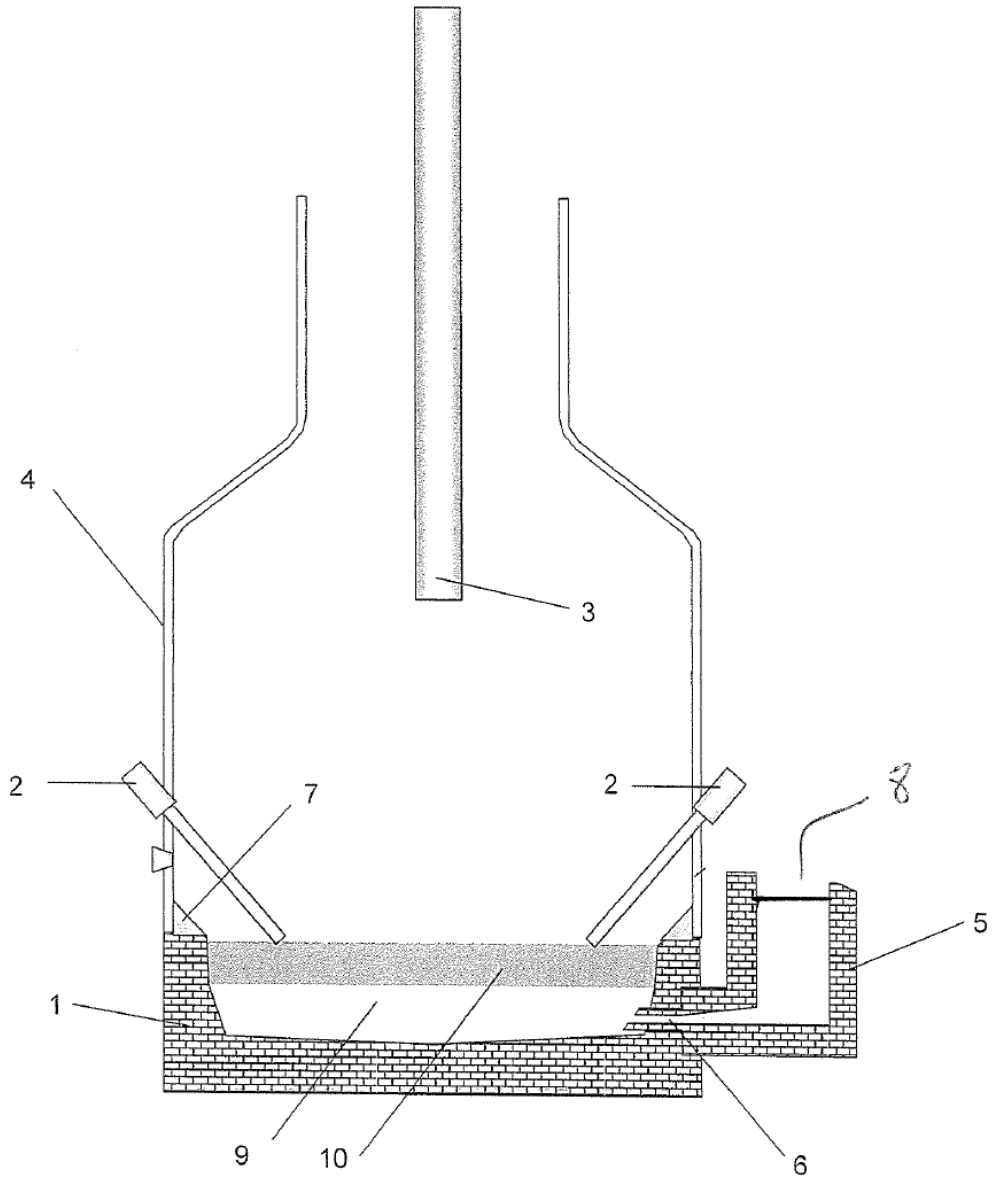


Figura 2

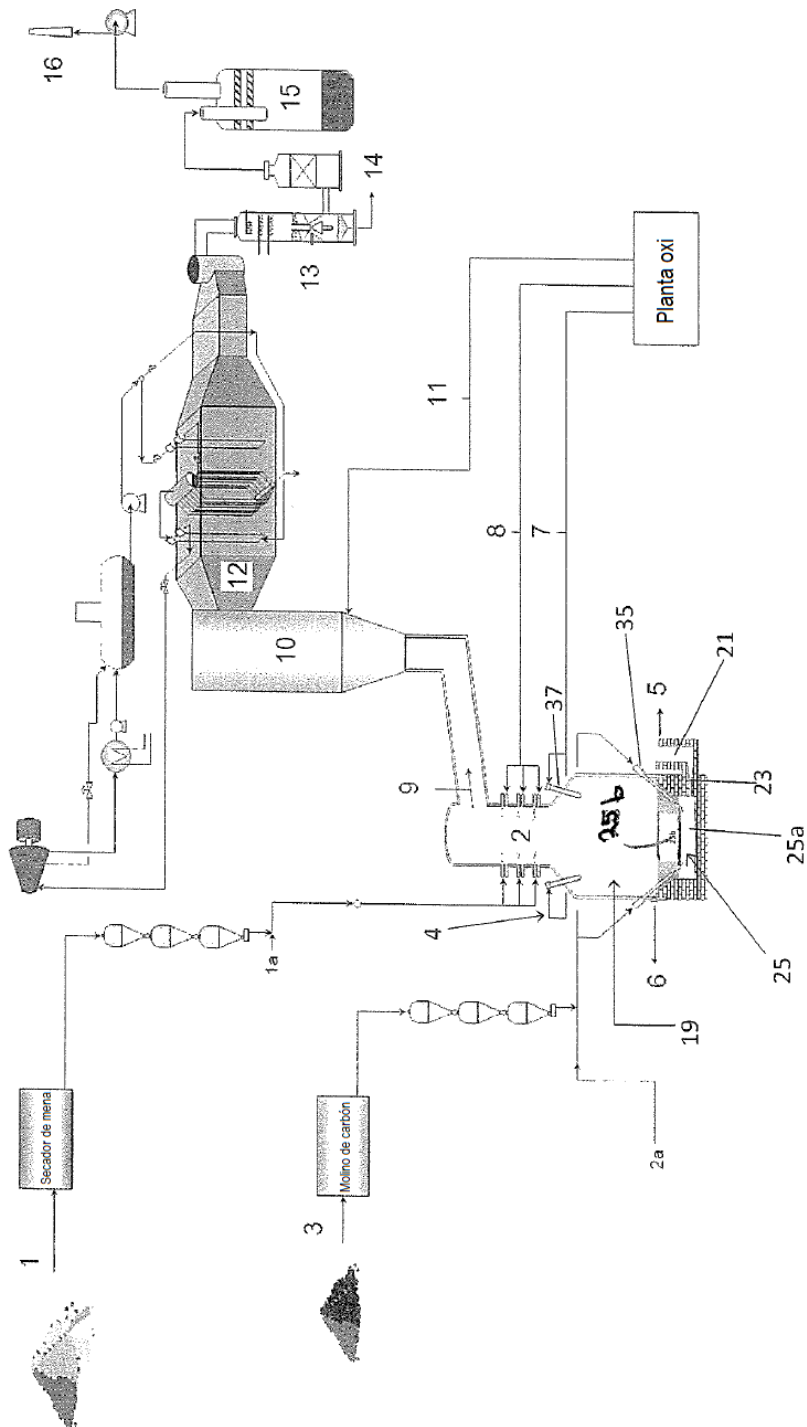


Figura 3