

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 052**

51 Int. Cl.:

F27B 3/02	(2006.01)
F27B 3/22	(2006.01)
F27D 3/16	(2006.01)
F27D 3/18	(2006.01)
F27D 21/00	(2006.01)
C21B 13/00	(2006.01)
C21C 5/56	(2006.01)
F27D 19/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2014 PCT/EP2014/025027**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15090623**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2014 E 14824378 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3084013**

54 Título: **Método para operar un ciclón de fundido**

30 Prioridad:

19.12.2013 EP 13198314

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

25.11.2020

73 Titular/es:

**TATA STEEL NEDERLAND TECHNOLOGY B.V.
(100.0%)
Wenckebachstraat 1
1951 JZ Velsen-Noord, NL**

72 Inventor/es:

MEIJER, HENDRIKUS, KOENRAAD, ALBERTUS

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 796 052 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para operar un ciclón de fundido

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un método para operar un ciclón de fundido en un proceso para fundir un material metalífero. Particularmente, aunque de ninguna manera exclusivamente, la presente invención se refiere al funcionamiento de un ciclón de fundido en un proceso para fundir un material que contiene hierro, tal como un mineral de hierro, y producir

10 hierro.

Antecedentes de la invención

15 Los ciclones de fundido se usan típicamente en la reducción previa y la fusión del material metalífero, como los óxidos de hierro contenidos en el mineral de hierro. Un ciclón de fundido es un recipiente que define una cámara cilíndrica provista de medios para inyectar material metalífero y medios para inyectar oxígeno o un gas que contiene oxígeno, desde varios lugares alrededor de la circunferencia de la cámara. Tales ciclones de fundido se conocen, por ejemplo, en los documentos EP0726326 y EP0735146.

20 El material metalífero y el oxígeno se inyectan en una dirección tangencial, generando un vórtice o un flujo giratorio dentro del ciclón. Al mismo tiempo, se introduce un gas de proceso reductor en el ciclón que, en combinación con el oxígeno inyectado, se quema parcialmente, lo que resulta en temperaturas suficientemente altas para fundir el material metalífero. El flujo de vórtice o giro en el ciclón promueve la mezcla del oxígeno inyectado y el gas del proceso reductor y además el intercambio del calor con el material metalífero. Como resultado del movimiento de remolino, las partículas del material

25 metalífero y el material metalífero fundido se separan del gas y se recolectan en la pared de la pared del ciclón desde donde fluyen hacia abajo para acumularse en un recipiente donde tiene lugar la reducción final.

Un proceso conocido para fundir un material metalífero se refiere en lo sucesivo como el proceso "Hlsarna". El proceso se lleva a cabo en un aparato de fundición que incluye (a) un recipiente de fundición que incluye lanzas de inyección de

30 sólidos y lanzas de inyección de gas que contienen oxígeno y está adaptado para contener un baño de metal fundido y (b) un ciclón de fundido para el pretratamiento, un material de alimentación metalífero que se coloca arriba y se comunica con el recipiente de fundición. El proceso y el aparato Hlsarna se describen en el documento WO 00/022176.

35 El término "ciclón de fundido" se entiende en la presente descripción que significa un recipiente que típicamente define una cámara cilíndrica 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 altas temperaturas de operación suficientes para al menos parcialmente, los materiales de alimentación metalíferos fundidos.

40 En una forma del proceso Hlsarna, el material de alimentación carbonáceo (típicamente carbón) y el fundente (típicamente piedra caliza, cal quemada o similares) se inyectan en un baño fundido en el recipiente de fundición. El material de alimentación metalífero, como el mineral de hierro, se inyecta y se calienta y se funde parcialmente y se reduce parcialmente en el ciclón de fundido. Este material metalífero fundido, parcialmente reducido, fluye hacia abajo desde el ciclón de fundido al baño fundido en el recipiente de fundición y se funde a metal fundido en el baño. Los gases de la reacción calientes (típicamente CO, CO₂, H₂ y H₂O) que se producen en el baño fundido se queman parcialmente con el

45 gas que contiene oxígeno (típicamente oxígeno de grado técnico) en una parte superior del recipiente de fundición. El calor generado por la postcombustión se transfiere al material fundido en la sección superior que vuelve a caer en el baño fundido para mantener la temperatura del baño. Los gases de la reacción calientes, parcialmente quemados, fluyen hacia arriba desde el recipiente de fundición y entran en el fondo del ciclón de fundido. El gas que contiene oxígeno (típicamente oxígeno de grado técnico) se inyecta en el ciclón de fundido a través de toberas que están dispuestas de tal manera que generan un patrón de remolino ciclónico alrededor de un eje central de la cámara del ciclón de fundido. Esta inyección de gas que contiene oxígeno conduce a una combustión adicional de los gases del recipiente de fundición, lo que resulta en llamas muy calientes (ciclónicas). Los materiales de alimentación y flujo metalíferos entrantes finamente divididos se inyectan neumáticamente en estas llamas a través de toberas en el ciclón fundido, lo que resulta en un calentamiento rápido y una fusión parcial acompañada de una reducción parcial (aproximadamente una reducción del 10-20 %). La

50 alimentación y el flujo metalíferos se inyectan de tal manera que se crea un remolino ciclónico adicional, que se agrega al remolino creado por el gas que contiene oxígeno. La reducción se debe al CO y al H₂ en los gases de la reacción del recipiente de fundición y además el calentamiento de la hematita anterior es la temperatura de disociación. El material de alimentación metalífero parcialmente fundido caliente se arroja hacia afuera sobre las paredes del ciclón fundido por acción del remolino ciclónico y, como se describió anteriormente, fluye más abajo en el recipiente de fundición a

60 continuación, para la fundición en ese recipiente.

El efecto neto de la forma descrita anteriormente del proceso Hlsarna es un proceso de contracorriente de dos etapas. El material de alimentación metalífero se calienta y se reduce parcialmente por los gases de la reacción salientes del

65 recipiente de fundición (con adición del gas que contiene oxígeno) y fluye hacia abajo en el recipiente de fundición y se funde para fundir el hierro en el recipiente de fundición. En un sentido general, esta disposición de contracorriente aumenta la productividad y la eficiencia energética.

5 A través del trabajo de desarrollo, que incluye una serie de ensayos en una planta piloto, se descubrió que la densidad del flujo de calor/flujo de calor en algunas secciones de pared enfriadas por agua del ciclón de fundido es significativamente menor que otras secciones de la pared del ciclón fundido. Como resultado de esto, una cantidad superior a la normal del material de alimentación metalífero inyectado se arrastra en el gas residual dejando el ciclón de fundido. Esto afecta la productividad general del proceso Hlsarna porque este material de alimentación no se presenta al recipiente de fundición y, por lo tanto, no contribuye a la producción del metal fundido.

10 **Objetivos de la invención**

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para evitar la formación de grandes acumulaciones contra la pared interior del ciclón.

15 Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un método para eliminar las acumulaciones formadas contra la pared interior del ciclón.

Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un método para mantener los patrones del flujo de gas dentro del ciclón tan constantes como sea posible durante el funcionamiento normal del ciclón.

20 Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un método que evite un aumento del material metalífero que deja el ciclón con el gas residual.

Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un método para mantener el flujo de calor dentro de la pared del ciclón tan constantes como sea posible durante el funcionamiento normal.

25 **Descripción de la invención**

30 Se descubrió que un flujo de calor más bajo en las secciones de la pared del ciclón se atribuye a la formación de acumulaciones en esa ubicación. Las acumulaciones aíslan parte de las secciones de la pared interior del calor generado dentro del ciclón de fundido y, de esta manera, causan un flujo de calor no uniforme a través de la pared del ciclón. En esta descripción se usa la expresión "flujo de calor" que significará flujo de calor o densidad del flujo de calor a menos que se especifique lo contrario. Estas acumulaciones resultan, además, en cambios en la geometría interna del ciclón de fundido, que a su vez se cree que causan un aumento en el material de alimentación metalífero que deja el ciclón de fundido en el gas residual. Más particularmente, estos cambios en la geometría afectan los patrones de flujo de gas del remolino ciclónico durante la operación, cuyos cambios resultan en que al menos parte del material metalífero inyectado no se exponga durante el tiempo suficiente a las llamas ciclónicas calientes producidas por la combustión del oxígeno inyectado que contiene gas con gas de la reacción del recipiente de fundición. Se cree que resulta, además, que parte del material de alimentación metalífero se desvía del remolino ciclónico hacia una corriente de gases de combustión que salen del ciclón de fundido.

40 En el documento WO2013091847 se describe un aparato con un ciclón de fundido que se proporciona con medios de calentamiento para evitar la solidificación del hierro fundido en el extremo inferior del ciclón de fundido.

45 El material de alimentación metalífero significa cualquier material que contiene óxidos metálicos, por ejemplo, mineral metálico, mineral parcialmente reducido o corriente de desechos que contiene metales.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, uno o más de los objetivos de la invención se realizan proporcionando un método para operar un ciclón fundido para controlar las acumulaciones del material de alimentación metalífero en el interior del ciclón de fundido, en donde el ciclón de fundido proporciona un conjunto de toberas para suministrar el material de alimentación y un gas que contiene oxígeno al ciclón de fundido y en donde se proporciona un sistema de enfriamiento con paneles refrigerados por líquido en la pared del ciclón de fundido, en donde el método comprende controlar el suministro del material de alimentación y/u oxígeno que contiene gas dependiente de las temperaturas medidas en los paneles refrigerados por líquido, en donde, los cambios en las temperaturas medidas se usan para para determinar los cambios en el flujo de calor, y en donde el suministro del material de alimentación metalífero se reduce a velocidades del suministro por debajo de la operación normal a través de toberas usadas para inyectar el material de alimentación metalífero al ciclón de fundido que se dirige a áreas con temperaturas o flujos de calor por debajo de la temperatura o flujos de calor medidos durante el funcionamiento normal.

60 Las diferencias de la temperatura medidas con los sensores de temperatura o las diferencias de la temperatura medidas entre el fluido de enfriamiento entrante y saliente con respecto a las temperaturas medidas con el funcionamiento normal se usan para determinar el flujo de calor y los cambios en el flujo de calor a lo largo del tiempo. A este respecto, "flujo de calor" se entiende como el calor extraído a través de los paneles de enfriamiento asociados con cada sección de la pared y se mide, por ejemplo, como kW/m².

65 Al determinar el flujo de calor y los cambios en el flujo de calor a lo largo del tiempo, pueden localizarse las acumulaciones. Las acumulaciones a este respecto, son típicamente grandes acumulaciones, es decir, acumulaciones que son lo

suficientemente grandes como para dar un cambio significativo en el flujo de calor en la ubicación de la acumulación. La ubicación de grandes acumulaciones se indica por un flujo de calor más bajo en esa ubicación o la sección de la pared del ciclón de fundido.

5 Parece que, al reducir el suministro del material de alimentación metalífero a la ubicación de la acumulación, desaparecerá por completo o en gran medida la acumulación.

10 Las acumulaciones se localizan típicamente, y mientras no haya demasiadas acumulaciones o acumulaciones demasiado grandes, seguirá siendo posible eliminar las acumulaciones y continuar operando el ciclón de fundido. Esto permite gestionar las acumulaciones en el ciclón de fundido mientras que el ciclón continúa operando y, por lo tanto, evita la necesidad de trabajos de mantenimiento adicionales para eliminar las acumulaciones fuera de los ciclos de mantenimiento periódicos programados.

15 El control del perfil del flujo de calor de la pared del ciclón de fundido mediante el ajuste del suministro del material de alimentación metalífero y/o gas que contiene oxígeno, a través de toberas seleccionadas permite que se produzcan cambios específicos en el perfil del flujo de calor principalmente en las regiones afectadas por las acumulaciones.

20 Se proporciona, además, que al reducir el suministro del material de alimentación metalífero comprende cesar el suministro del material de alimentación metalífero. Al cesar temporalmente el suministro del material de alimentación metalífero por completo, puede acelerarse la eliminación de la acumulación.

25 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona que el suministro del material de alimentación metalífero se restablezca a velocidades de suministro de operación normal cuando las temperaturas o los flujos de calor en las áreas con temperaturas o los flujos de calor que previamente estaban por debajo de las temperaturas o los flujos de calor medidos durante el funcionamiento normal se restauran al nivel medido durante el funcionamiento normal.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el suministro de gas que contiene oxígeno aumenta a velocidades del suministro por encima de la operación normal a través de toberas usadas para inyectar el gas que contiene oxígeno al ciclón de fundido que se dirige a las áreas con temperaturas o flujos de calor por debajo de las temperaturas o flujos de calor medidos durante el funcionamiento normal. Al suministrar gas adicional que contiene oxígeno, la temperatura del proceso de combustión aumenta en o cerca de la ubicación de la acumulación, lo que contribuye a la eliminación de la acumulación.

35 Se descubrió que el flujo de calor a través de las secciones de la pared del ciclón de fundido puede hacerse uniforme generalmente, teniendo en cuenta las tolerancias operativas normales, controlando las condiciones en el ciclón de fundido para calentar y fundir las acumulaciones. Las condiciones pueden controlarse durante la operación del proceso Hlsarna, de manera que las acumulaciones pueden reducirse en tamaño, al menos, hasta el punto de que su impacto en el proceso Hlsarna se eliminan sustancialmente. En tales circunstancias, las acumulaciones de tamaño reducido pueden permanecer en el ciclón de fundido y el flujo de calor aún puede variar entre las secciones de la pared, pero dentro de las tolerancias operativas normales.

40 El material de alimentación metalífero puede ser un material de alimentación que contiene hierro, tal como un mineral de hierro. En ese caso, el proceso puede caracterizarse por mantener una temperatura de al menos 1100 °C, típicamente al menos 1200 °C en el ciclón de fundido.

45 El material metalífero puede precalentarse externamente antes de inyectarse.

50 El método puede comprender mantener el potencial de oxígeno en el ciclón de fundido que sea suficiente para que el gas de escape del ciclón de fundido tenga un grado de postcombustión de al menos el 70 %.

El material de alimentación metalífero puede estar en forma de material granulado o finos.

55 El método puede comprender seleccionar el tamaño de la partícula del material de alimentación metalífero que se suministrará al ciclón de fundido para que no sea más de 3 mm.

El método puede comprender seleccionar el tamaño de la partícula del material de alimentación metalífero que se suministrará al ciclón de fundido para que no sea más de 3 mm.

60 El material de alimentación metalífero a suministrar al ciclón de fundido es preferentemente inferior a 1 mm.

Se proporciona, además, un proceso de fundición directa para fundir material de alimentación metalífero a metal fundido, el método comprende:

65 (a) suministrar el material de alimentación metalífero y el gas que contiene oxígeno a través de toberas a un ciclón de fundido y fundir parcialmente y reducir parcialmente el material de alimentación metalífero;

(b) transferir el material de alimentación metalífero parcialmente fundido y parcialmente reducido a un baño fundido de metal y la escoria contenida en un recipiente de fundición directa;

(c) suministrar el material carbonoso al baño fundido para fundir el material de alimentación metalífero al metal fundido y producir un gas de la reacción;

(d) suministrar el gas que contiene oxígeno a un espacio en el recipiente de fundición directa sobre el baño fundido para la postcombustión de los gases de la reacción;

5 (e) transferir al menos parte del gas de la reacción al ciclón de fundido para la postcombustión con el gas que contiene oxígeno suministrado a través de las toberas para generar calor para fundir parcialmente y reducir parcialmente el material de alimentación metalífero; y

10 (f) en donde, el método comprende controlar las acumulaciones del material de alimentación metalífero en el ciclón de fundido mediante el control del suministro del material de alimentación metalífero y/o el gas que contiene oxígeno, al ciclón de fundido como se describió anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará adicionalmente a mano del ejemplo mostrado en el dibujo, en el que:

15 La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una modalidad de una planta para fundir directamente material de alimentación metalífero a hierro fundido de acuerdo con la presente invención; y

Las figuras 2A y 2B son vistas en perspectiva de un ciclón de fundido ubicado en la parte superior de un recipiente de fundición directa con la figura 2A que muestra secciones de la pared de bajo flujo de calor del ciclón de fundido sombreadas de color oscuro y secciones normales de la pared de flujo de calor no sombreadas o ligeramente sombreadas, y con la figura 2B muestra un ciclón de fundido sin acumulaciones significativas en las secciones de la pared;

20 La figura 3 muestra las secciones de la pared de la figura 2, una al lado de la otra, que muestra una configuración de toberas durante el funcionamiento normal con acumulaciones; y

La figura 4 muestra las secciones de la pared en la figura 3 con una configuración revisada de toberas que hace que el flujo de calor en las secciones de la pared cambie para ser generalmente uniforme.

25

Descripción detallada de los dibujos

30 El proceso y el aparato que se muestran en la figura 1 se basan en el uso de un aparato que incluye un ciclón de fundido 2 y un recipiente de fundición directa a base de baño fundido 4 ubicado directamente debajo del ciclón de fundido 2, con comunicación directa entre las cámaras del ciclón de fundido 2 y el recipiente de fundición 4.

Una mezcla de mineral en base a hematita (u otro mineral de hierro) con un tamaño superior de 1 mm y el flujo (como piedra caliza, cal quemada y similares) 1 se alimenta, a través de un secador de mineral, al ciclón de fusión 2, mediante el uso de un neumático transportador de gas 1a. El flujo representa aproximadamente el 8-10 % en peso de la corriente combinada del mineral y el flujo. El carbón 3 se alimenta, a través de un secador separado, al recipiente de fundición 4 donde se inyecta en un baño fundido de metal y la escoria, mediante el uso del gas transportador 2a. Se inyecta oxígeno 7 en el recipiente de fundición directa 4 para gases de postcombustión, típicamente CO y H₂, generado y liberado del baño fundido y proporciona el calor necesario para el proceso de fundición en el baño. Se inyecta oxígeno 8 en el ciclón de fundido 2 para precalentar y derretir parcialmente el mineral.

40

Las condiciones de funcionamiento, que incluyen, pero no se limitan a, el carbón y las velocidades de alimentación, las velocidades de alimentación del oxígeno al recipiente de fundición directa 4 y el ciclón de fundido 2 y las pérdidas de calor del recipiente de fundición 4, se seleccionan de modo que el gas residual que sale del ciclón de fundido 2 a través de un conducto de salida de gases de escape 9, tiene un grado de postcombustión de al menos el 90 %.

45

El gas de escape del ciclón de fundido 2 pasa a través de un conducto de gas de escape 9 a un incinerador de gas de escape 10, donde se inyecta oxígeno adicional 11 para quemar el CO/H₂ y proporcionar un grado de oxígeno libre (típicamente 1-2 %) en el gas de combustión completamente quemado.

50 El gas de combustión completamente pasa después a través de una sección de recuperación de un desecho de calor 12 donde el gas se enfría y se genera vapor. El gas de combustión pasa después a través de un depurador húmedo 13 donde se logra la refrigeración y la eliminación del polvo. El lodo resultante 14 está disponible para reciclarlo a la fundición a través de la corriente de alimentación del mineral 1.

55 El gas de combustión frío que sale del depurador 13 se alimenta a una unidad de desulfuración de gases de combustión 14. Los gases de combustión limpios se ventilan a través de una pila. Este gas consiste principalmente en CO₂ y, si corresponde, puede comprimirse y geo-secuestrar (con la eliminación adecuada de las especies residuales del gas no condensable).

60 El ciclón de fundido 2 está formado en este ejemplo, por 12 secciones de pared 20, en forma de paneles arqueados refrigerados por agua. Cada sección de pared 20 incluye dos toberas 22 que se extienden oblicuamente a través de las secciones de pared 20 para inyectar el mineral y el oxígeno y generar el remolino ciclónico. Algunas toberas 22 inyectan el mineral y otras inyectan el oxígeno. En la figura 3 se muestra un ejemplo de una configuración de toberas de inyección del mineral 24 y toberas de inyección de oxígeno 26 en condiciones normales de funcionamiento. Específicamente, las secciones de pared 20 en la figura 3 se muestran lado a lado en el orden indicado por los números romanos (1) a (xii) en la figura 2. Las mismas secciones de pared 20 en las figuras 2 y 3 se denotan con el mismo número romano.

65

5 Cada sección de pared 20 incluye dos toberas y la secuencia de las secciones de pared 20 en las figuras 3 y 4 muestran que las toberas 24 y 26 están ubicadas progresivamente más lejos de la parte superior de cada sección de pared 20 sobre las secciones de pared 20 en un primer conjunto, denotado por los números romanos (i) a (vi), y el patrón se repite en las secciones de pared 20 en un segundo conjunto denotado por los números romanos (vii) a (xii). Esto significa que, cuando está dispuesto para formar el ciclón de fundido 2, como en la figura 2, cada sección de pared 20 en el segundo conjunto tiene toberas 22 ubicadas en la misma posición vertical que las toberas 22 en una sección de pared 20 ubicada directamente opuesta en el primer conjunto.

10 En las figuras 3 y 4, el flujo de calor se representa sombreando las secciones de pared 20. El sombreado más oscuro representa un flujo de calor más bajo en comparación con un flujo de calor de funcionamiento normal. Las secciones de pared (vi) a (xi) en las figuras 2 y 3, tienen un flujo de calor que es representativo de un flujo de calor normal en condiciones normales de funcionamiento. Las secciones de pared (i) a (v) y (xii) están sombreadas más oscuras para representar un flujo de calor más bajo de lo normal como resultado del aislamiento de las llamas ciclónicas por la acumulación de las partículas finas del mineral. Se determinó que las acumulaciones pueden reducirse en la medida en que tengan un impacto insignificante en el rendimiento del ciclón de fundido 2 ajustando el suministro del mineral y el oxígeno mineral. En esta modalidad, el suministro del mineral se detiene a través de toberas 28 en las secciones de pared (vii), (ix) y (xi), es decir, generalmente opuestas a las secciones de pared (i) a (v) y (xii) que tienen un valor inferior al flujo de calor normal, ver además la Tabla 1. En esta modalidad, el suministro del oxígeno continúa a la velocidad del suministro normal.

20 Tabla 1

Inyector del mineral	Paneles impactados	
i	vi	vii
iii	viii	ix
v	x	xi
vii	xii	i
ix	ii	iii
xi	iv	v

25 Las toberas de inyección del mineral 24 y las toberas de inyección del oxígeno 26 generalmente se alternan alrededor del ciclón de fundido 2. En consecuencia, las toberas 24 a través de las cuales se debe desconectar el suministro del mineral pueden no estar directamente opuestas a la sección de pared con bajo flujo de calor, pero pueden estar cerca de lo opuesto.

40 El efecto de detener el suministro del mineral es permitir que el calor disponible en el ciclón de fundido 2 se caliente y se fundan las acumulaciones. En otras palabras, los requisitos de entrada del calor para calentar y fundir al menos parcialmente el mineral que se inyecta a las velocidades de suministro normales se reduce y el calor generado por la combustión del gas de la reacción con oxígeno inyectado continúa generando a la velocidad normal. En consecuencia, hay un exceso de calor para la cantidad del mineral suministrado. Es este exceso de calor que causa que las acumulaciones se fundan.

45 Adicionalmente, el efecto se localiza en las regiones de las secciones de pared (i) a (v) donde es más probable que se produzcan las acumulaciones. Del trabajo de la planta piloto, el solicitante encontró que las acumulaciones típicamente se forman alrededor de las toberas 22, e incluso pueden bloquear el suministro del mineral o el oxígeno por completo a través de una tobera.

50 El progreso de la reducción del tamaño de las acumulaciones puede monitorearse mediante el seguimiento del flujo de calor en las secciones de pared 20. Cuando el flujo de calor vuelve a un flujo de calor que generalmente es representativo de un flujo de calor en condiciones normales de funcionamiento, el suministro del mineral a través de las toberas 28 en las secciones de pared (vii), (ix) y (xi) puede resumir la velocidad de suministro del mineral.

Aunque esta modalidad se refiere a detener el suministro del mineral, se apreciará que otra modalidad implica reducir el suministro del mineral a una velocidad que todavía permita que el calor disponible se caliente y se funda.

60 En una modalidad alternativa, se mantiene el suministro del mineral y se aumenta el suministro del oxígeno para proporcionar más calor para el calentamiento y la fusión de las acumulaciones. En esta modalidad, como con otras modalidades descritas anteriormente, el suministro del oxígeno se incrementa a través de toberas 26 que generalmente son opuestas a las secciones de pared 20 que tienen un flujo de calor inferior al normal. Por ejemplo, el suministro del oxígeno puede aumentarse a través de las toberas 26 en las secciones de pared (vi), (viii) y (x). Las velocidades de suministro operativo normales del oxígeno se reanudan cuando el flujo de calor en las secciones de pared (i) a (v) y (xii) regresa a un flujo de calor representativo de un flujo de calor en condiciones normales de funcionamiento.

En una modalidad alternativa adicional, puede ajustarse el suministro del mineral y el oxígeno. Específicamente, el suministro del mineral puede reducirse como se describió anteriormente y el suministro del oxígeno puede aumentarse como se describió anteriormente.

5

Como el ajuste en el suministro del mineral y/o el oxígeno se limita a una pequeña cantidad del número total de toberas, las toberas restantes pueden continuar suministrando el mineral y en condiciones normales de funcionamiento. Esto significa que el ciclón de fundido puede continuar funcionando, aunque con una productividad reducida, mientras se eliminan las acumulaciones. Al distribuir el suministro del mineral que falta sobre las toberas restantes en funcionamiento, la productividad puede mantenerse al mismo nivel que antes. Esto evita la necesidad de apagar el ciclón de fundido 2 y el recipiente de fundición directo 4 para el mantenimiento y la eliminación de las acumulaciones. Además, permite que la producción general continúe. El método de control de las acumulaciones como se describe en las referencias a las modalidades anteriores puede gestionar las acumulaciones a lo largo de una campaña de fundición cuando aparecen signos de que pueden formarse acumulaciones. En consecuencia, se anticipa que el método se usará para limitar el crecimiento de la acumulación y, si es necesario, para reducir el tamaño de las acumulaciones.

10

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para operar un ciclón de fundido (2) para controlar las acumulaciones del material de alimentación metálico (1) en el interior del ciclón de fundido (2), en donde el ciclón de fundido (2) está provisto de una serie de toberas (22,24,26,28) para suministrar el material de alimentación (1) y un gas que contiene oxígeno (8) al ciclón de fundido (2) y en donde se proporciona un sistema de enfriamiento con paneles refrigerados por líquido (20) en la pared del ciclón de fundido (2), caracterizado porque el método comprende, controlar el suministro del material de alimentación (1) y/o gas que contiene oxígeno (8) dependiente de las temperaturas medidas en los paneles refrigerados por fluido (20), en donde los cambios en las temperaturas medidas se usan para determinar los cambios en el flujo de calor, y en donde el suministro del material de alimentación metálico (1) se reduce a velocidades de suministro por debajo de la operación normal a través de toberas (24) usadas para inyectar el material de alimentación metálico (1) al ciclón de fundido (2) que se dirigen a áreas con temperaturas o flujos de calor por debajo de las temperaturas o flujo de calor medido durante el funcionamiento normal.
- 15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se mide la temperatura del fluido refrigerante de los paneles refrigerados por fluido (20).
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la reducción del suministro del material de alimentación metálico (1) comprende cesar el suministro del material de alimentación metálico (1).
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 3, en donde el suministro del material de alimentación metálico (1) se restablece a las velocidades de suministro de operación normal cuando las temperaturas o los flujos de calor en dichas áreas se restablecen al nivel medido durante la operación normal.
- 30 5. El método de acuerdo con uno o más de las reivindicaciones 1-4, en donde el suministro del gas que contiene oxígeno (8) aumenta a velocidades de suministro por encima de la operación normal a través de toberas usadas para inyectar el gas que contiene oxígeno (8) al ciclón de fundido (2), que se dirige a las áreas con temperaturas o flujos de calor por debajo de las temperaturas o flujos de calor medidos durante el funcionamiento normal.
- 35 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el suministro del gas que contiene oxígeno (8) se restablece a las velocidades del suministro de funcionamiento normal, cuando las temperaturas o los flujos de calor en dichas áreas se restablecen al nivel medido durante el funcionamiento normal.
- 40 7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de alimentación metálico (1) es un material de alimentación que contiene hierro, tal como un mineral de hierro.
- 45 8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el método comprende además mantener una temperatura de al menos 1100 °C.
- 50 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el potencial de oxígeno en el ciclón de fundido (2) que se controla de manera que el gas de escape del ciclón de fundido (2) tenga un grado de postcombustión de al menos 70 %.
10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material de alimentación metálico (1) puede precalentarse externamente antes de ser alimentado al ciclón (2).
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende además seleccionar el tamaño de la partícula del material de alimentación metálico (1) que se suministra al ciclón de fundido para que no sea más de 6 mm.

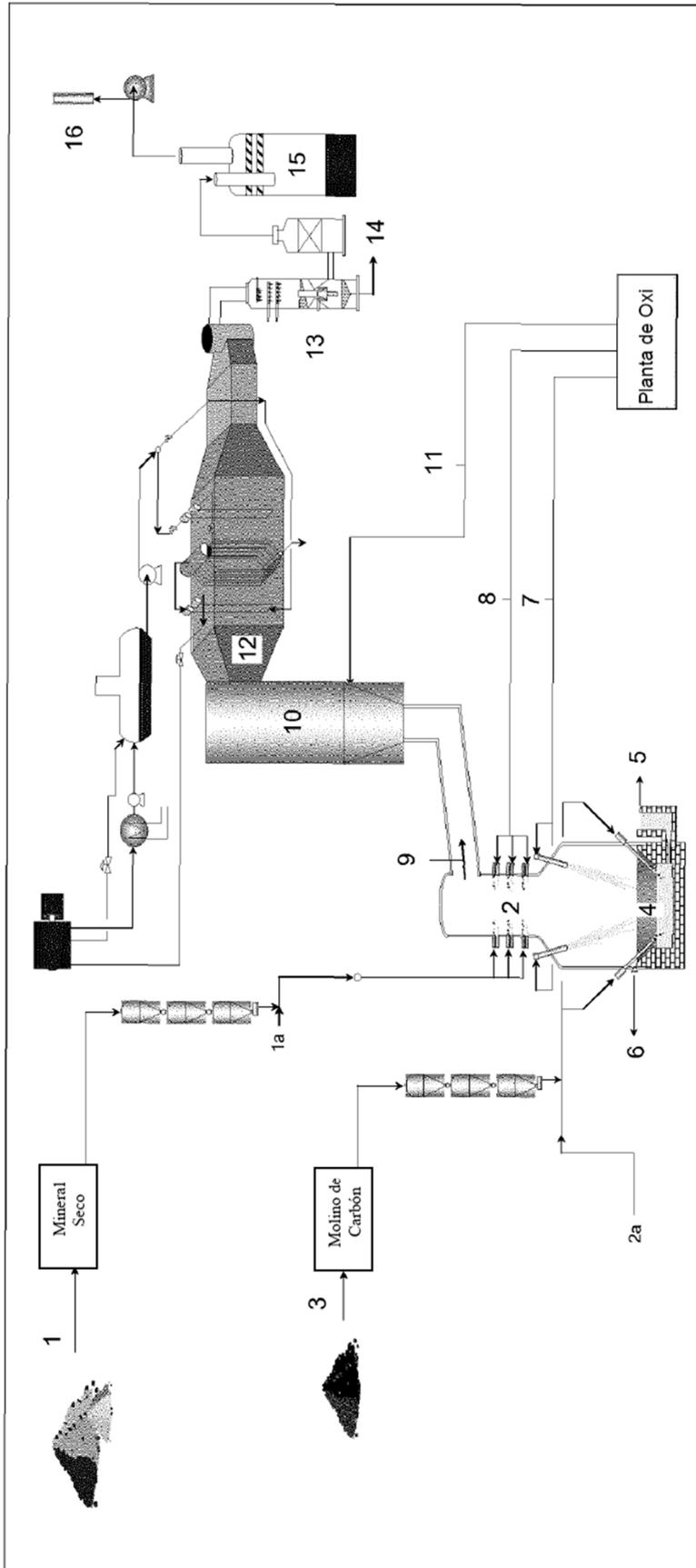


Figura 1

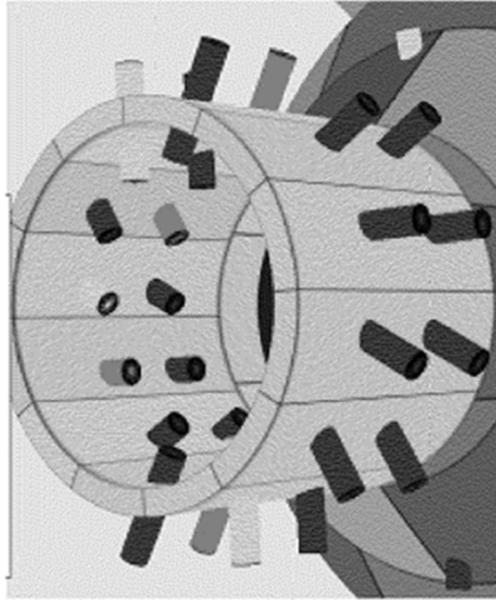


Figura 2B

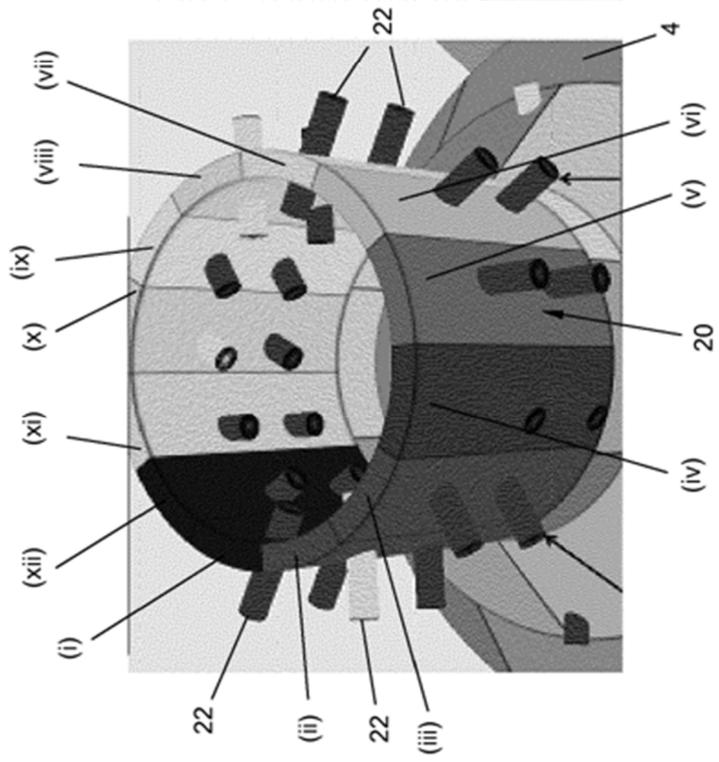


Figura 2A

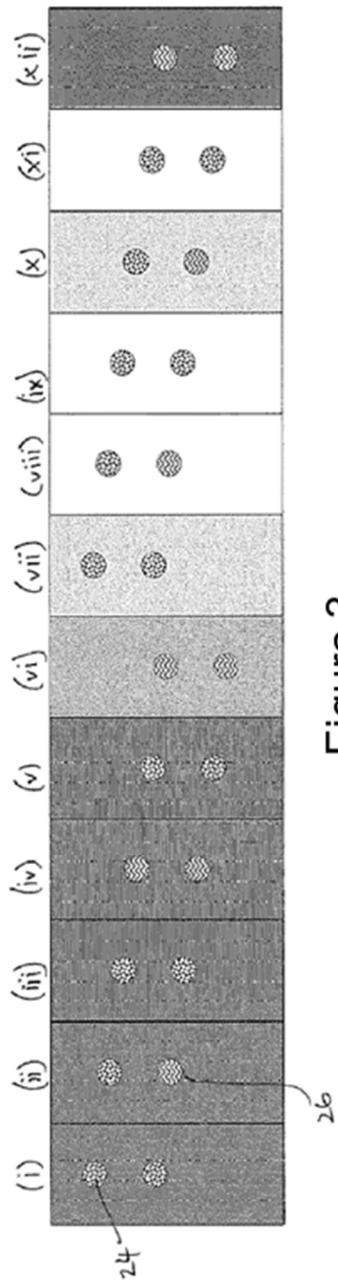


Figure 3

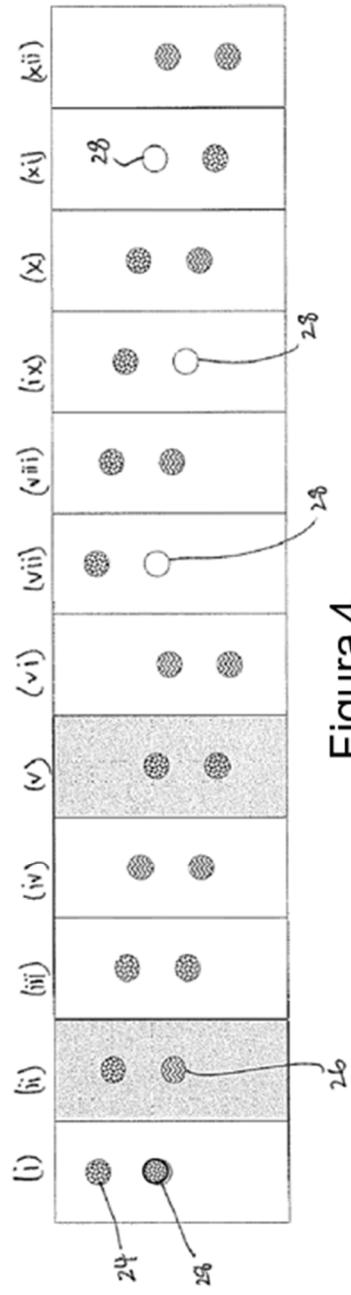


Figure 4