

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 777**

51 Int. Cl.:

**C21B 7/10** (2006.01)  
**F27D 9/00** (2006.01)  
**F27D 1/12** (2006.01)  
**F27B 3/24** (2006.01)  
**C21C 5/46** (2006.01)  
**C21C 5/52** (2006.01)  
**C21C 5/54** (2006.01)  
**C21C 7/076** (2006.01)  
**F27B 1/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2014 PCT/AU2014/001098**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15081376**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2014 E 14866843 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 3077552**

54 Título: **Proceso y aparato de fundición**

30 Prioridad:

**06.12.2013 AU 2013904748**

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

**26.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DAVIS, MARK PRESTON y  
PILOTE, JACQUES**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 710 777 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 y aparato de fundición

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un proceso y a un aparato para fundir un material metalífero.

10 En particular, aunque no de manera exclusiva, la presente invención se refiere a un proceso de fundición y a un aparato para fundir un material que contiene hierro, tal como un mineral de hierro, y para producir hierro.

La presente invención también se refiere a otros procesos y aparatos de fundición que incluyen, solo a modo de ejemplo, procesos y aparatos para fundir escoria de titanio y fundir material que contiene cobre.

15 Antecedentes

Hay una serie de procesos conocidos de fundición a base de baño fundido.

20 Un proceso de fundición a base de baño fundido que generalmente se denomina proceso "Hlsmelt" se describe en un número considerable de patentes y solicitudes de patentes a nombre del solicitante. 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 (WO00/022176) a nombre del solicitante. Otros procesos conocidos de fundición a base de baño fundido incluyen solo a modo de ejemplo, procesos para fundir escoria de titanio y para fundir material que contiene cobre.

25 La siguiente descripción de la invención se centra en los procesos Hlsmelt y Hlsarna.

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

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

- 35 (a) formar un baño de hierro fundido y escoria fundida en una cámara de fundición de un recipiente de fundición;
- (b) inyectar en el baño; (i) mineral de hierro, típicamente en forma de finos; y (ii) un material carbonoso sólido, típicamente carbón, que actúa como un reductor del material de alimentación de mineral de hierro y una fuente de energía; y
- (c) fundir el mineral de hierro a hierro en el baño.

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

45 En el proceso Hlsmelt, los materiales de alimentación sólidos en forma de material metalífero y material carbonáceo sólido se inyectan con un gas portador en el baño fundido a través de una serie de lanzas que están en posición vertical a fin de extenderse hacia abajo y hacia adentro a través de la pared lateral del recipiente de fundición, y hacia 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 produzcan 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 gotitas ascendentes y posteriormente descendentes o salpicaduras o corrientes de metal fundido y/o escoria que proporcionan un medio eficaz para transferir al baño la energía térmica generada por los gases de reacción de postcombustión por encima del baño.

55 Típicamente, en el caso de producir hierro fundido, cuando se utiliza aire enriquecido con oxígeno, se alimenta a una temperatura del orden de 1200°C y se genera en estufas de explosión en caliente. Si se usa oxígeno frío técnicamente puro, generalmente se alimenta a la temperatura ambiente o cerca de ella.

60 Los gases de escape resultantes de la poscombustión de los 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.

65 El recipiente de fundición incluye secciones revestidas con refractario en el hogar 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 Hismelt permite que se produzcan grandes cantidades de hierro fundido, generalmente de al menos 0.5 Mt/a, mediante fundición en un solo recipiente compacto.

5 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 pretratar un material de alimentación metalífero que se coloca arriba y se comunica directamente con el recipiente de fundición.

10 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 fundir al menos parcialmente los materiales de alimentación metalíferos.

15 En una forma del proceso Hlsarna, el material de alimentación carbonoso (típicamente carbón) y opcionalmente el flujo (típicamente piedra caliza calcinada) se inyecta en un baño fundido en la cámara de fundición del recipiente de fundición. El material carbonoso se proporciona como una fuente de un reductor y una fuente de energía. El material de alimentación metalífero, como el mineral 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  
 20 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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) producidos en el baño fundido son parcialmente quemados por un gas que contiene oxígeno (típicamente oxígeno de grado técnico) en una parte superior de la cámara de fundición. El calor generado por la poscombustión se transfiere a las gotitas fundidas en la sección superior que regresan al 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 la parte inferior del ciclón de  
 25 fundición. El gas que contiene oxígeno (generalmente 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 aproximadamente un eje central vertical de la cámara del ciclón de fundición. Esta inyección de gas que contiene oxígeno conduce a una combustión adicional de los gases del recipiente de fundición, lo que da como resultado llamas muy calientes (ciclónicas). El material de alimentación metalífero entrante, generalmente 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  
 30 reducción). La reducción se debe tanto a la descomposición térmica de la hematita como a la acción reductora de CO/H<sub>2</sub> en los gases de reacción de la cámara de fundición. El material de alimentación metalífero parcialmente fundido, 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 hacia el recipiente de fundición a continuación para fundirlo en la cámara de fundición de ese recipiente.

El efecto neto de la forma descrita anteriormente del proceso Hlsarna es un proceso de contracorriente de dos pasos.  
 40 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 en 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.

45 Los procesos Hismelt 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.

Una característica clave de ambos procesos es que los procesos operan en un recipiente de fundición que incluye una cámara de fundición para el material metalífero de fundición y un antecrisol conectado a la cámara de fundición a  
 50 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  
 55 por debajo de los elementos enfriados por agua, tales como lanzas de inyección de sólidos que se extienden hacia la cámara de fundición, de lo contrario se pueden producir explosiones de vapor. Esta es la razón por la que se considera que el antecrisol es una parte inherente de un recipiente de fundición para los procesos Hismelt y Hlsarna.

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  
 60 documento "conexión del antecrisol") y, bajo condiciones de funcionamiento estándar, contiene metal fundido en la cámara, con la conexión del antecrisol completamente llena de metal fundido.

La publicación internacional WO 00/01854 a nombre del solicitante describe que un recipiente de fundición directa que  
 65 es un ejemplo de un recipiente que se puede usar en los procesos Hismelt y Hlsarna y comprende un hogar formado por material refractario y paredes laterales que se extienden hacia arriba desde los lados del hogar, con la pared lateral

que incluye paneles enfriados por agua. Los procesos Hismelt e Hlsarna están muy agitados y esto resulta en un desgaste refractario de la parte superior del hogar debido al ataque químico y al desgaste físico por la escoria fundida y el lavado del metal fundido y salpicaduras contra el material refractario en la parte superior del hogar. Este desgaste es mayor que el que se experimenta típicamente en los hogares de altos hornos en los que el metal caliente y la escoria son relativamente inactivos. El documento WO2011/073223 divulga una duela de enfriamiento para un alto horno. La duela de enfriamiento comprende un cuerpo de placa hecho de material metálico y que tiene una cara frontal para enfrentar el interior del horno metalúrgico, una cara posterior opuesta y al menos un paso de refrigerante interno que tiene una parte principal con un eje longitudinal. El paso de refrigerante comprende un conjunto de tubos de calor, cada uno con una parte extrema de evaporación y una parte extrema de condensación.

La presente invención permite una reducción significativa de dicho desgaste refractario del hogar.

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 las tuberías de calor, como se describen en este documento, colocadas en un hogar revestido con refractario de un recipiente de fundición, como a modo de ejemplo solo un recipiente de fundición directo para los procesos Hismelt y Hlsarna, pueden reducir significativamente el desgaste refractario del material refractario del hogar debido al contacto con material fundido en forma de escoria fundida o metal fundido y permite utilizar una gama más amplia de materiales refractarios en el hogar que de lo que fue anteriormente el caso y obtener beneficios operativos como consecuencia de la selección de materiales más amplia.

En términos generales, la presente invención proporciona un recipiente de fundición para producir metal fundido que incluye un hogar revestido refractario que en uso está en contacto con escoria fundida o metal fundido en el recipiente, con el hogar que incluye una pluralidad de tuberías de calor colocadas en un revestimiento refractario de al menos una parte del hogar para enfriar el revestimiento refractario.

El término "tubería de calor" se entiende aquí como un tubo alargado de escala que transfiere calor sin conducción directa como mecanismo principal, utilizando un fluido que se vaporiza en un extremo caliente del tubo y se condensa en un extremo más frío del tubo y, por lo tanto, libera calor y vuelve al extremo caliente.

Las tuberías de calor pueden colocarse de manera que no se extiendan fuera del recipiente de fundición.

El hogar revestido refractario puede incluir una parte superior que en uso está en contacto con escoria fundida en una escoria en el recipiente y una parte inferior que en uso está en contacto con metal fundido en una zona metálica en el recipiente.

Las tuberías de calor pueden colocarse en el revestimiento refractario de la parte superior del hogar para enfriar el revestimiento refractario.

Las tuberías de calor pueden ser de cualquier forma adecuada.

Las tuberías de calor pueden incluir secciones inferiores que están dispuestas para extenderse verticalmente en el revestimiento refractario.

Las secciones inferiores pueden ser secciones rectas.

Las secciones inferiores pueden tener forma, por ejemplo, curvada, teniendo en cuenta la geometría del hogar.

Las secciones inferiores de las tuberías de calor pueden estar paralelas entre sí.

Las secciones inferiores de las tuberías de calor pueden estar separadas unas de otras.

El espaciado de las secciones inferiores de las tuberías de calor puede ser el mismo.

El espaciado de las secciones inferiores de las tuberías de calor puede ser diferente.

El espaciado de las secciones inferiores de las tuberías de calor puede ser el mismo en una sección del hogar y diferente en otra sección del hogar.

Por ejemplo, puede haber relativamente más tuberías de calor en áreas que necesitan más refrigeración. A modo de ejemplo, un área del orificio del grifo de drenaje de escoria puede requerir enfriamiento adicional.

Hay una serie de factores que son relevantes para la selección del espaciamiento de las tuberías de calor, incluyendo, a modo de ejemplo, las posiciones de las tuberías de calor, la cantidad de calor que se extraerá del material refractario, la conductividad térmica y otras características relevantes del material refractario y la conductividad térmica de las tuberías de calor.

- 5 Las tuberías de calor pueden colocarse completamente alrededor del hogar.
- Las tuberías de calor pueden colocarse en un anillo completamente alrededor del hogar.
- 10 Las tuberías de calor pueden colocarse en una pluralidad de anillos separados radialmente completamente alrededor del hogar.
- Las tuberías de calor de un anillo pueden ser escalonadas circunferencialmente con respecto a las tuberías de calor de un anillo radialmente hacia fuera o radialmente hacia dentro.
- 15 Las tuberías de calor pueden ser de la misma longitud.
- Las tuberías de calor pueden tener diferentes longitudes.
- 20 La longitud de las tuberías de calor puede aumentar con el espaciamiento radial de las tuberías de calor desde una superficie interna del hogar en el que se encuentran las tuberías de calor.
- El revestimiento refractario del hogar en el que se encuentran las tuberías de calor puede tener una superficie interna cilíndrica antes del comienzo de una campaña de fundición en el recipiente.
- 25 El recipiente puede incluir un enfriador de zona de escoria situado en el revestimiento refractario del hogar para enfriar el revestimiento refractario, con las tuberías de calor ubicadas debajo del enfriador de zona de escoria, con secciones superiores de las tuberías de calor estando en relación de transferencia de calor con el enfriador de la zona de escoria para transferir calor de las tuberías de calor al enfriador de la zona de escoria.
- 30 El enfriador de la zona de escoria puede ser del tipo descrito en la publicación internacional WO 2007/134382 a nombre del solicitante.
- El enfriador de zona de escoria puede formarse como un anillo por una pluralidad de elementos enfriadores.
- 35 Cada elemento más frío puede tener la forma de un segmento del anillo, con las paredes laterales que se extienden radialmente del anillo.
- Cada elemento enfriador puede comprender una estructura de carcasa de fundición con respaldo abierto hueca que tiene una pared base, un par de paredes laterales, una pared frontal y una pared superior formadas integralmente en la estructura de la carcasa de fundición e incorporando pasajes de flujo de refrigerante para el flujo de refrigerante a través de la misma.
- 40 Las tuberías de calor pueden incluir secciones superiores que están dispuestas para extenderse, radialmente en las proximidades del enfriador de la zona de escoria para maximizar la transferencia de calor al enfriador de la zona de escoria.
- 45 A modo de ejemplo, las tuberías de calor pueden ser generalmente en forma de L invertidos o en forma de palo de hockey con secciones inferiores que se extienden verticalmente y secciones superiores que se extienden radialmente o en general en forma radial.
- 50 El recipiente puede incluir paredes laterales que se extienden hacia arriba desde el hogar y una pluralidad de paneles de enfriamiento colocados alrededor de las paredes laterales para formar el revestimiento interior de esas paredes laterales.
- 55 El recipiente puede incluir un dispositivo para extraer metales fundidos y un dispositivo para extraer escorias del recipiente, una o más de una lanza para suministrar materiales sólidos de alimentación que incluyen material metálico sólido y/o material carbonoso en el recipiente, y en uno o más de una lanza para suministrar un gas que contiene oxígeno al recipiente para productos de reacción gaseosos poscombustión generados en el proceso de fundición directa.
- 60 El dispositivo para golpear el metal fundido puede ser un antecrisol.
- El recipiente puede incluir un ciclón de fundición para reducir parcialmente y fundir parcialmente el material metálico sólido para el recipiente colocado sobre el recipiente.
- 65

El recipiente puede adaptarse, a modo de ejemplo, para producir aleaciones que contienen hierro mediante un proceso de fundición directa a base de baño fundido.

5 De acuerdo con la invención, se proporciona un conjunto de (a) un elemento enfriador de zona de escoria para enfriar una parte de un revestimiento refractario de un hogar de un recipiente de fundición y (b) tuberías de calor en relación de transferencia de calor con el enfriador de zona de escoria para transferir calor de las tuberías de calor al enfriador de la zona de escoria.

10 En uso, una pluralidad de conjuntos puede formarse como un anillo dentro del hogar del recipiente de fundición.

Cada elemento enfriador puede tener la forma de un segmento del anillo, con las paredes laterales extendidas radialmente.

15 Cada elemento enfriador puede comprender una estructura de carcasa de fundición con respaldo abierto hueca que tiene una pared base, un par de paredes laterales, una pared frontal y una pared superior formadas integralmente en la estructura de la carcasa de fundición e incorporando pasos de flujo de refrigerante para el flujo de refrigerante a través de la misma.

20 De acuerdo con la invención, se proporciona un recipiente de fundición para producir metal fundido que incluye un hogar revestido refractario que tiene una parte superior que en uso está en contacto con escoria en la zona de escoria en el recipiente y una parte inferior que en uso está en contacto con metal fundido en una zona de metal en el recipiente, el hogar incluye (a) un enfriador de zona de escoria colocado en un revestimiento refractario de la parte superior del hogar para enfriar el revestimiento refractario y (b) como una pluralidad de tuberías de calor ubicadas en el revestimiento refractario de la parte superior del hogar debajo del enfriador de zona de escoria para enfriar el  
25 revestimiento refractario, con las secciones superiores de las tuberías de calor estando en relación de transferencia de calor con el enfriador de zona de escoria para transferir calor de las tuberías de calor al enfriador de zona de escoria y las secciones inferiores extendiéndose hacia abajo dentro de la parte superior del hogar desde el enfriador de la zona de escoria.

30 El enfriador de la zona de escoria y las tuberías de calor pueden formarse como un conjunto de estos dos componentes.

35 De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento para fundir un material de alimentación metalífero que incluye fundir el material de alimentación metalífero en un baño fundido en el recipiente de fundición descrito anteriormente.

40 El proceso puede incluir (a) reducir al menos parcialmente y fundir parcialmente el material de alimentación metalífero en un ciclón de fundición y (b) fundir completamente el material al menos parcialmente reducido/fundido en el baño fundido del recipiente de fundición descrito anteriormente.

45 El material de alimentación metalífero puede ser cualquier material que contenga óxidos metálicos.

El material de alimentación metalífero puede ser minerales, minerales parcialmente reducidos y corrientes de residuos que contienen metal.

50 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 fundición.

El material de alimentación metalífero puede ser una escoria de titania.

El material de alimentación metalífero puede ser un material de alimentación que contiene cobre.

55 El proceso puede incluir mantener el potencial de oxígeno en el ciclón de fundición que es suficiente para que los gases de escape del ciclón de fundición tengan un grado de poscombustión de al menos el 80%.

De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un aparato para fundir material de alimentación metalífero que incluye el recipiente de fundición descrito anteriormente.

60 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describe adicionalmente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales:

## ES 2 710 777 T3

La figura. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de una planta para fundir directamente el material de alimentación metalífero que contiene hierro fundido de acuerdo con el proceso de fundición directa de Hlsarna, con la planta que incluye un recipiente de fundición directa y un ciclón de fundición colocado en el recipiente;

5 La figura 2 es una ampliación de una sección inferior de parte de una realización de un recipiente de fundición directa de acuerdo con la invención antes del comienzo de un proceso de fundición directa en el recipiente, con la figura que incluye los niveles de metal fundido y escoria fundida que estaría en el recipiente en operación estable del proceso, con los niveles mostrados en condiciones de inactividad, es decir, no operativas, en el recipiente;

10 La figura 3 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra un segmento de una parte superior del hogar del recipiente mostrado en la figura 2 con el material refractario eliminado para mostrar el enfriador de la zona de escoria y las tuberías de calor de la realización;

La figura 4 es una vista de la parte inferior de la disposición mostrada en la figura 3;

15 La figura 5 es una vista de extremo de la disposición mostrada en la figura 3;

La figura 6 es una ampliación de una sección inferior de parte de otra, pero no la única otra posible, realización, de un recipiente de fundición directa de acuerdo con la invención que tiene la misma disposición de tuberías de calor que la mostrada en las figuras 2 a 5 y muestra la sección inferior después de que el proceso de fundición directa haya estado operando en el recipiente durante un período de tiempo y, por lo tanto, ilustra el desgaste del material refractario en el hogar;

20 La figura 7 es una ampliación de una sección inferior de una parte de otra, pero no la única otra posible realización, de un recipiente de fundición directa de acuerdo con la invención que tiene una disposición diferente de tuberías de calor a la mostrada en las figuras 2 a 5 y muestra la sección inferior después de que el proceso de fundición directa haya estado operando en el recipiente durante un período de tiempo y, por lo tanto, ilustra el desgaste del material refractario en el hogar; y

25 La figura 8 es una ampliación de una sección inferior de una parte de otra, pero no la única otra posible realización de un recipiente de fundición directa de acuerdo con la invención que tiene una disposición diferente de tuberías de calor a la mostrada en las Figuras 2 a 5 y muestra la sección inferior después de que el proceso de fundición directa haya estado operando en el recipiente durante un período de tiempo y, por lo tanto, ilustra el desgaste del material refractario en el hogar.

35 Descripción de las realizaciones

El proceso y el aparato mostrado en la fig. 1 es una realización de un proceso y aparato Hlsarna. El proceso y el aparato de la invención no están limitados al proceso y aparato de Hlsarna y también se extienden al Hls melt y a cualquier otro proceso y aparato de fundición a base de baño fundido.

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

45 Con referencia a la figura 1, una mezcla de material de alimentación metalífero en forma de mineral a base de magnetita (u otro mineral de hierro) o con un tamaño superior de 6 mm y caliza 1 se alimenta, a través de un secador de mineral, al ciclón 2 de fundición utilizando un gas 1a de transporte neumático. La piedra caliza representa aproximadamente 8-10 peso % de la corriente combinada de mineral y piedra caliza. El carbón 3 se alimenta, a través de un secador separado, al recipiente 4 de fundición donde se inyecta en un baño de metal fundido y escoria utilizando gas 2a transportador. El oxígeno 7 se inyecta en el recipiente 4 de fundición a los gases poscombustión, típicamente CO y H<sub>2</sub>, generados y liberados del baño fundido y proporciona el calor necesario para el proceso de fundición en el baño antes de que los gases fluyan hacia arriba desde el recipiente 4 de fundición en el ciclón 2 de fundición. El oxígeno 8 se inyecta en el ciclón 2 de fundición para quemar aún más los gases del recipiente de fundición, lo que produce llamas (ciclónicas) muy calientes en el ciclón 2 de fundición que precalientan y derriten parcialmente el mineral. Típicamente, el oxígeno 7 y 8 es oxígeno de grado técnico.

50 El efecto neto de la forma descrita anteriormente del proceso Hlsarna es un proceso de contracorriente de dos pasos. El material metalífero de alimentación se calienta y se reduce parcialmente en el ciclón 2 de fundición por los gases de reacción salientes del recipiente 4 de fundición y fluye hacia abajo en el recipiente 4 de fundición y se funde a hierro fundido.

El hierro 5 fundido se descarga desde el recipiente 4 de fundición a través del antecrisol.

65 La escoria 6 fundida producida en el proceso se descarga del recipiente 4 de fundición a través de un orificio de grifo de escoria.

Las condiciones de operación, que incluyen pero no se limitan a, entre otras, las velocidades de alimentación de carbón y mineral, las velocidades de alimentación de oxígeno al recipiente 4 de fundición directa y el ciclón 2 de fundición y las pérdidas de calor del recipiente 4 de fundición, se seleccionan de manera que las emisiones de gases salgan del ciclón 2 de fundición a través de un conducto 9 de salida de gases de escape que tiene un grado de poscombustión que típicamente es de al menos el 90%.

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/H<sub>2</sub> residual y proporcionar un grado de oxígeno libre (típicamente 1-2%) en el gas de combustión completamente quemado.

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

El gas de combustión frío que sale del depurador 13 se alimenta a una unidad 15 de desulfuración de gas de combustión. El gas de combustión limpio se ventila a través de una pila 16. Este gas se compone principalmente de CO<sub>2</sub> y, si es apropiado, puede comprimirse y geoestructurarse (con la eliminación adecuada de las especies de gases no condensables residuales).

El recipiente 4 de fundición es del tipo descrito en la publicación internacional mencionada anteriormente WO 00/01854 a nombre del solicitante y comprende un hogar formado por material refractario y paredes laterales que se extienden hacia arriba desde los lados del hogar, con la pared lateral incluidos paneles refrigerados por agua.

Las figuras 2 a 5 muestran una disposición de tuberías 21 de calor en un hogar revestido refractario de un recipiente 4 de fundición directa del tipo general mostrado en la figura 1, que también incluye tuberías 21 de calor en una sección de un hogar del recipiente de acuerdo con una realización de la invención.

Como se describe con más detalle a continuación, en uso, las tuberías 21 de calor reducen significativamente el desgaste refractario del material refractario del hogar debido al contacto con material fundido en forma de escoria fundida o metal fundido y hacen posible el uso de un rango más amplio de materiales refractarios en el hogar que antes era el caso y obtener beneficios operativos como consecuencia de la selección más amplia de materiales.

La figura 2 es una ampliación de una sección inferior de parte de una realización de un recipiente 4 de fundición directa de acuerdo con la invención antes del comienzo de un proceso de fundición directa en el recipiente. La Figura muestra los niveles de metal fundido y escoria fundida que se encontrarían en el recipiente 4 de fundición en operación estable del proceso, con los niveles mostrados en condiciones de inactividad, es decir, no operativas. El recipiente 4 de fundición puede ser una parte de la planta de Hlsarna descrita en relación con la figura 1 o cualquier otra planta de fundición directa. La figura 3 es una vista en perspectiva esquemática que ilustra un segmento de una sección superior del hogar del recipiente 4 de fundición mostrado en la figura 2 con el material refractario eliminado para mostrar un enfriador 20 de zona de escoria y las tuberías 21 de calor de la realización. Las figuras 4 y 5 son vistas del lado inferior y del extremo, respectivamente, de la disposición mostrada en la figura 3.

Con referencia a la figura 2, el hogar revestido refractario tiene una parte 25 superior que en uso está en contacto con escoria fundida en una zona 18 de escoria en el recipiente 4 y una parte 26 de la torre que en uso está en contacto con metal fundido en una zona 19 metálica en el recipiente 4 de fundición. La zona 18 de escoria y la zona 19 de metal se muestran en condiciones de inactividad, es decir, no operativas. Es bien entendido que las zonas de escoria y metal serían altamente agitadas bajo la operación de estado estable de Hlsarna y Hls melt y otros procesos de fundición directa a base de baño fundido.

El hogar incluye una base 43 y lados 44 que incluyen un revestimiento refractario en forma de ladrillos refractarios, un antecrisol 27 para descargar continuamente metal fundido y un orificio 28 de grifo para descargar escoria fundida. La superficie 31 anular superior del hogar se estrecha hacia arriba y hacia afuera a la pared lateral del vaso. En uso del recipiente, esta parte del hogar está expuesta a salpicaduras con metal fundido y escoria.

El hogar también incluye:

(a) un enfriador 20 de zona de escoria colocado en el revestimiento refractario de la parte superior del hogar para enfriar el revestimiento refractario en esa parte del hogar y

(b) una pluralidad de tuberías 21 de calor colocados en el revestimiento refractario, de la parte superior del hogar debajo del enfriador 20 de zona de escoria para enfriar el revestimiento refractario en esa parte del hogar.

El enfriador 20 de zona de escoria es como se describe en la publicación internacional WO 2007/134382 a nombre del solicitante y la divulgación en la publicación internacional se incorpora aquí como referencia cruzada. El enfriador 20 de la zona de escoria está formado como un anillo por una pluralidad de elementos enfriadores. Cada elemento

del enfriador está conformado como un segmento del anillo, con las paredes laterales que se extienden radialmente del anillo. Cada elemento enfriador comprende una estructura de carcasa de fundición con respaldo abierto hueca que tiene una pared de base, un par de paredes laterales, una pared frontal y una pared superior formadas integralmente en la estructura de la carcasa de fundición e incorporan pasajes de flujo de refrigerante para el flujo de refrigerante a través de la misma.

Cada elemento enfriador de zona de escoria y las tuberías de calor asociadas en relación de transferencia de calor con el elemento enfriador de zona de escoria pueden formarse como un conjunto que puede instalarse como un conjunto en el sitio. Alternativamente, los elementos del enfriador de la zona de escoria y las tuberías de calor pueden instalarse por separado en el sitio.

El revestimiento refractario de la parte superior del hogar se enfría y apoya de manera eficiente mediante el enfriador 20 de la zona de escoria. El enfriador 20 de zona de escoria reduce significativamente la tasa de desgaste del material refractario en esta parte del hogar. En particular, el funcionamiento del enfriador 20 de la zona de escoria enfría el revestimiento refractario por debajo de la temperatura del sólido de la escoria fundida en la región del revestimiento y hace que la escoria se congele sobre su superficie, y la escoria congelada proporciona una barrera para el desgaste adicional del material refractario.

Las tuberías 21 de calor están colocadas de manera que no se extiendan fuera del recipiente 4 de fundición.

Las tuberías 21 de calor son tuberías rectas paralelas que se extienden verticalmente. Las tuberías 21 de calor se extienden hacia abajo verticalmente y paralelas entre sí dentro de la parte superior del hogar desde el enfriador 21 de zona de escoria. Las tuberías 21 de calor enfrían el revestimiento refractario de la parte superior del hogar que se encuentra debajo del enfriador 20 de la zona de escoria. Las secciones superiores de las tuberías 21 de calor están en relación de transferencia de calor con el enfriador de zona 20 de escoria y transfieren calor desde las tuberías 21 de calor al enfriador de zona 20 de escoria. Típicamente, las tuberías 21 de calor están colocadas alrededor del hogar. Las tuberías 21 de calor están dispuestas en cuatro anillos separados radialmente en la realización mostrada en las Figuras 2 a 5. Esta disposición se puede ver mejor en la figura 4. Las tuberías 21 de calor en cada anillo están escalonadas circunferencialmente con respecto a las tuberías 21 de calor en los anillos radialmente hacia dentro y radialmente hacia fuera de las tuberías 21 de calor. La longitud de las tuberías 21 de calor aumenta con el espaciado radial de las tuberías 21 de calor desde una superficie interior de la parte superior del hogar en el que se encuentran las tuberías de calor.

Las tuberías 21 de calor pueden estar en cualquier otra disposición y orientación adecuadas. A modo de ejemplo, la invención no se limita a disposiciones en las que las tuberías 21 de calor son verticales. A modo de ejemplo adicional, la invención no se limita a disposiciones en las que las tuberías 21 de calor son rectas - las tuberías 21 de calor pueden incluir secciones curvas para adaptarse a las características estructurales del hogar. A modo de ejemplo adicional, la invención no se limita a disposiciones en las que la longitud de las tuberías 21 de calor aumenta con el espaciado radial de las tuberías 21 de calor desde la superficie interior de la parte superior del hogar.

Las tuberías 21 de calor pueden ser de cualquier construcción adecuada. Típicamente, las tuberías 21 de calor contienen agua. Se puede usar cualquier otro fluido de transferencia de calor adecuado a la temperatura de operación, como alcohol, acetona o incluso metal como sodio.

Las tuberías 21 de calor eliminan el calor del material refractario del revestimiento refractario. El objetivo de las tuberías 21 de calor es mantener lo más grande posible un volumen del material refractario del revestimiento refractario en el cual las tuberías 21 de calor se colocan por debajo de la temperatura de solidificación de la escoria en la región del revestimiento refractario para causar escoria congelar en la superficie del hogar y formar una capa de escoria congelada que actúa como una barrera para el desgaste.

En un proceso de fundición directo altamente agitado, como los procesos HIsarna y HIs melt, el movimiento de escoria y, en menor medida, el metal fundido en el recipiente 4 de fundición provoca el desgaste del material refractario del hogar del recipiente de fundición. El desgaste puede ser de diferente naturaleza, como la erosión, el ataque químico por FeO, TiO<sub>2</sub> y otros óxidos agresivos contenidos en la escoria fundida. El lavado de metales y las salpicaduras contra el material refractario en la parte superior del hogar también pueden ser parte del mecanismo de desgaste y mejorar el revestimiento congelado contribuirá a mantener el refractario aislado de estas condiciones agresivas que causan desgaste. El solicitante ha encontrado que, típicamente, la escoria fundida fluye hacia abajo sobre la parte superior inclinada hacia arriba y hacia afuera del hogar y luego hacia abajo sobre la superficie interior de los lados del hogar. Este movimiento desgasta progresivamente el revestimiento refractario y forma una muesca en el material refractario.

Este patrón de desgaste recortado se ilustra en las Figuras 6 a 8.

Las figuras 6-8 son ampliaciones de secciones inferiores de partes de otras realizaciones de recipientes 4 de fundición directa de acuerdo con la invención. La figura 6 tiene la misma disposición básica de las tuberías 21 de calor a la mostrada en las Figuras 2-5, y las figuras 7 y 8 tienen disposiciones similares de tuberías 21 de calor a las mostradas en las Figuras 2-5. Las Figuras muestran los recipientes 4 de fundición después de que el proceso de fundición directa

haya estado operando en los recipientes 4 durante un período de tiempo. Las figuras ilustran el recorte 41 en cada revestimiento refractario en la región de las tuberías 21 de calor que es el resultado del desgaste del material refractario en el hogar.

5 Las tuberías 21 de calor mostradas en la Figura 7 son generalmente formas de palo de hockey invertidas, con secciones 53 inferiores paralelas que se extienden verticalmente y secciones 45 superiores que se extienden generalmente de manera radial. Las tuberías 21 de calor mostradas en la Figura 8 incluyen tres formas en L generalmente invertidas con secciones 53 inferiores paralelas que se extienden verticalmente y secciones 55 superiores que se extienden radialmente. La cuarta tubería 21 de calor en la figura 8 es una tubería recta. Las secciones 53 inferiores de las tuberías 21 de calor en las Figuras 7 y 8 se extienden hacia abajo verticalmente y paralelas entre sí dentro de la parte superior del hogar debajo del enfriador 21 de la zona de escoria. Las secciones 53 inferiores enfrían el revestimiento refractario de la parte superior del hogar que se encuentra debajo del enfriador 20 de la zona de escoria. Las secciones 55 superiores que generalmente se extienden radialmente de las tuberías 21 de calor están en relación de transferencia de calor con el enfriador de escoria 20 y transfieren calor desde las tuberías 10 15 21 de calor al enfriador 20 de zona de escoria. El enfriador 20 de zona de escoria extrae el calor del recipiente 4 de fundición. Las secciones 55 superiores que se extienden generalmente de manera radial están situadas muy cerca del enfriador 20 de la zona de escoria y, por lo tanto, facilitan la transferencia de calor. Se observa que la invención no está limitada a estas disposiciones en forma de L o de palo de hockey y que las tuberías 21 de calor pueden tener cualquier forma adecuada.

20 El trabajo de modelado por simulación por ordenador realizado por el solicitante indica que la extensión del desgaste y el consiguiente socavamiento debido al contacto con la escoria fundida se reduce significativamente con la disposición de las tuberías 21 de calor mostradas en las realizaciones de las Figuras 2-8 en comparación con el desgaste que se produciría si las tuberías 21 de calor no estuvieran colocadas en el revestimiento refractario.

25 El desgaste del revestimiento refractario es un problema grave, ya que puede acortar significativamente la vida útil del recipiente 4 de fundición. El diseño de los recipientes de fundición directa ha incluido el uso de materiales refractarios que son resistentes al desgaste a las temperaturas de operación del proceso de fundición directa. En el caso de los materiales de alimentación que contienen hierro de fundición, los materiales refractarios deben ser resistentes al 30 35 40 45 50 55 desgaste a temperaturas en el rango de 1400-1500°C. Hay un grupo limitado de materiales refractarios disponibles que son adecuados para su uso en la construcción de hogares para los materiales de alimentación que contienen hierro de fundición directo, y estos materiales refractarios tienden a ser caros. A modo de ejemplo, tales materiales refractarios incluyen materiales refractarios de alto cromo.

Las tuberías 21 de calor hacen posible mantener el revestimiento refractario en la parte superior del hogar a una temperatura más baja, mientras se mantiene la eficacia de las barreras proporcionadas por el revestimiento de escoria de congelación. Como consecuencia, el revestimiento refractario puede estar hecho de una gama más amplia de materiales refractarios que en el caso anterior. Hay beneficios de costo al tener acceso a una gama más amplia de materiales. Además, la gama más amplia de materiales incluye materiales que tienen mejor conductividad térmica que los materiales utilizados actualmente. La conductividad térmica mejorada mejora aún más la eliminación de calor y por lo tanto mantiene el material refractario por debajo de la temperatura de la solidificación de la escoria fundida en la región del revestimiento refractario.

A modo de ejemplo, mientras que las realizaciones incluyen disposiciones de tuberías 21 de calor en los que las longitudes de las tuberías 21 de calor aumentan con el espaciado radial de las tuberías 21 de calor desde una superficie interior de la parte superior del hogar en el que las tuberías de calor están ubicadas, la presente invención no está tan limitada y las tuberías 21 de calor pueden ser de cualquier longitud adecuada.

A modo de ejemplo, aunque las realizaciones incluyen un enfriador 20 de zona de escoria, la presente invención no está tan limitada y se extiende a disposiciones en las que no hay enfriadores 20 de zona de escoria. Se observa que los enfriadores 20 de zona de escoria del tipo mostrado en las realizaciones son una opción conveniente para facilitar la transferencia de calor desde las tuberías 21 de calor al exterior del recipiente 4.

A modo de ejemplo, aunque las realizaciones se centran en el contacto de revestimientos refractarios con escoria fundida, la presente invención no está tan limitada y también se extiende a situaciones en las que los revestimientos refractarios se ponen en contacto con metal fundido.

**REIVINDICACIONES**

1. Un recipiente (4) de fundición para producir metal fundido que incluye un hogar revestido refractario que en uso está en contacto con escoria fundida o metal fundido en el recipiente (4), con el hogar que incluye una parte (25) superior que está en uso en contacto con escoria fundida en una zona (18) de escoria en el recipiente (4) y una parte (26) inferior que en uso está en contacto con metal fundido en una zona (19) metálica en el recipiente (4), con el hogar que incluye una pluralidad de tuberías (21) de calor colocadas en un revestimiento refractario de la parte (25) superior del hogar para enfriar el revestimiento refractario, y con las tuberías (21) de calor posicionadas en una pluralidad de anillos separados radialmente completamente alrededor del hogar, en donde unas secciones superiores de cada uno de la pluralidad de tuberías (21) de calor están en relación de transferencia de calor con un enfriador (20) de zona de escoria para transferir calor desde la pluralidad de tuberías (21) de calor al enfriador (20) de zona de escoria, dicho enfriador (20) de zona de escoria se coloca en el revestimiento refractario del hogar para enfriamiento ng el revestimiento refractario.
2. El recipiente (4) definido en la reivindicación 1, en el que las tuberías (21) de calor incluyen secciones inferiores que se extienden verticalmente en el revestimiento refractario.
3. El recipiente (4) definido en la reivindicación 2, en el que las secciones inferiores de las tuberías (21) de calor están conformadas, por ejemplo, curvadas, teniendo en cuenta la geometría del hogar.
4. El recipiente (4) definido en la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que las secciones inferiores de las tuberías (21) de calor son paralelas entre sí.
5. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que las secciones (53) inferiores de las tuberías (21) de calor están separadas entre sí y la separación de las secciones (53) inferiores es la misma en una sección del hogar y diferente en otra sección del hogar.
6. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la longitud de las tuberías (21) de calor aumenta con el espaciado radial de las tuberías (21) de calor desde una superficie interior de la parte (25) superior del Hogar en el que se ubican las tuberías (21) de calor.
7. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las tuberías (21) de calor están situadas debajo del enfriador (20) de la zona de escoria.
8. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las tuberías (21) de calor incluyen secciones (55) superiores que están dispuestas para extenderse radialmente en las proximidades del enfriador (20) de la zona de escoria para maximizar la transferencia de calor al enfriador (20) de la zona de escoria.
9. El recipiente (4) definido en la reivindicación 8, en el que las tuberías (21) de calor son generalmente en forma de L o en forma de palo de hockey con secciones (53) inferiores que se extienden verticalmente y secciones (55) superiores que se extienden radialmente o en general en forma radial.
10. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes incluye un dispositivo para extraer metal fundido y un dispositivo para extraer escoria del recipiente (4), una o más de una lanza para suministrar materiales de alimentación sólidos que incluyen material metalífero sólido y/o material carbonoso en el recipiente, y una o más de una lanza para suministrar un gas que contiene oxígeno al recipiente para productos de reacción gaseosos poscombustión generados en el proceso de fundición directa.
11. El recipiente (4) definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes incluye un ciclón de fundición (2) para reducir parcialmente y fundir parcialmente el material metalífero sólido para el recipiente (4).
12. El recipiente (4) definido en la reivindicación 1, en el que el enfriador (20) de zona de escoria comprende una pluralidad de elementos más fríos y está formado como un anillo dentro y que se extiende alrededor de la circunferencia del hogar.
13. Un proceso para fundir un material de alimentación metalífero que comprende fundir el material de alimentación metalífero en un baño fundido en el recipiente de fundición definido en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

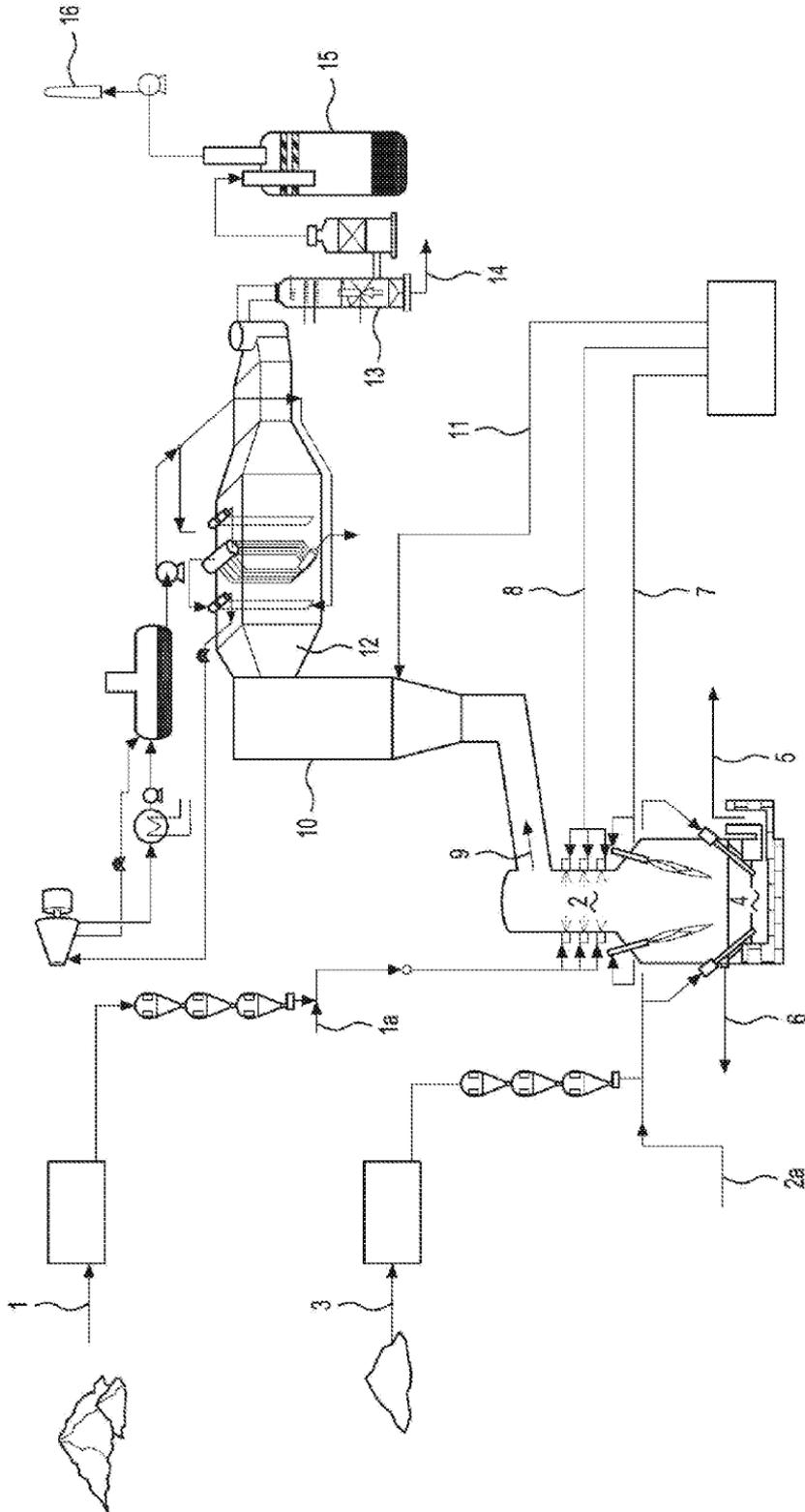


Figure 1

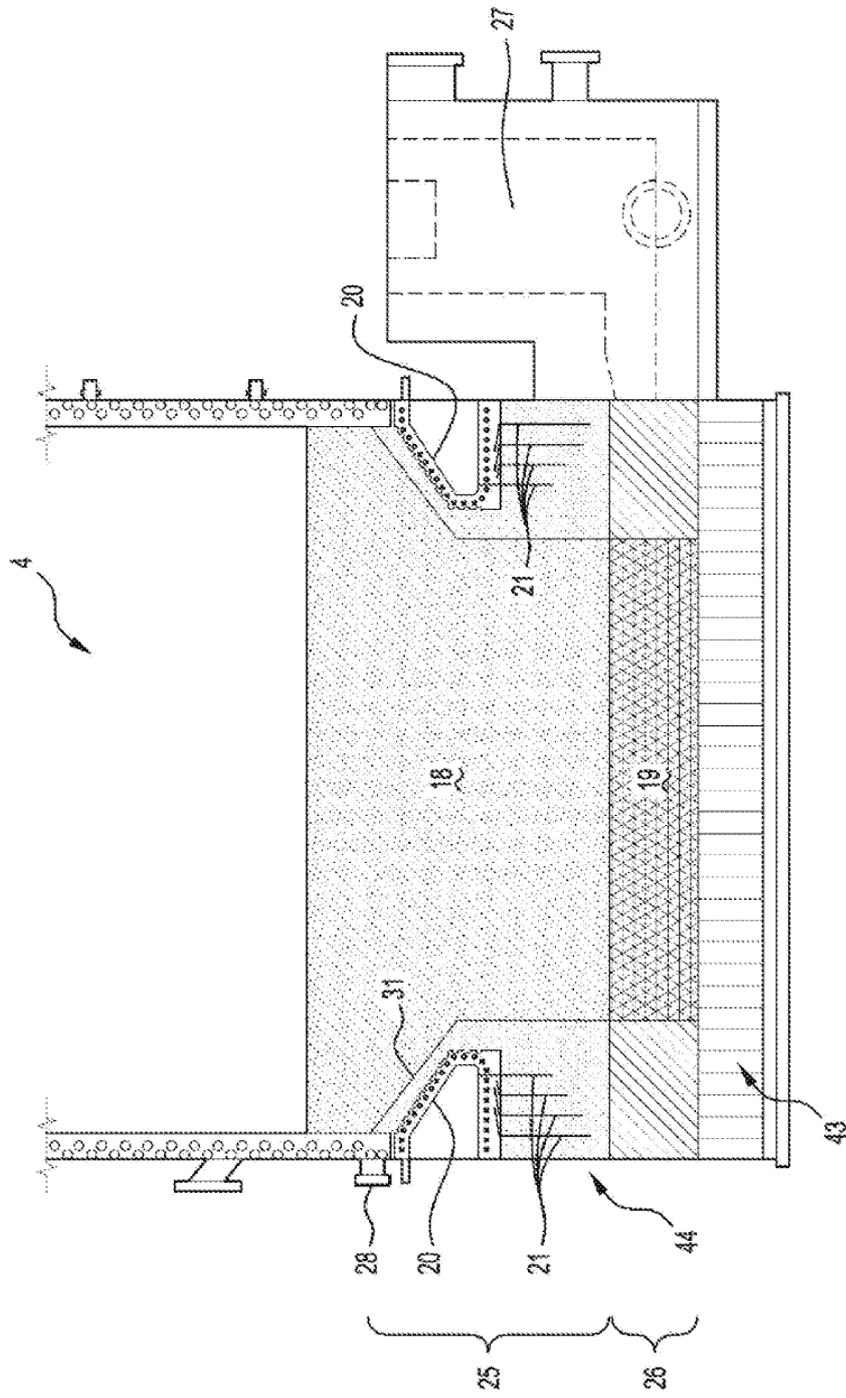


Figure 2

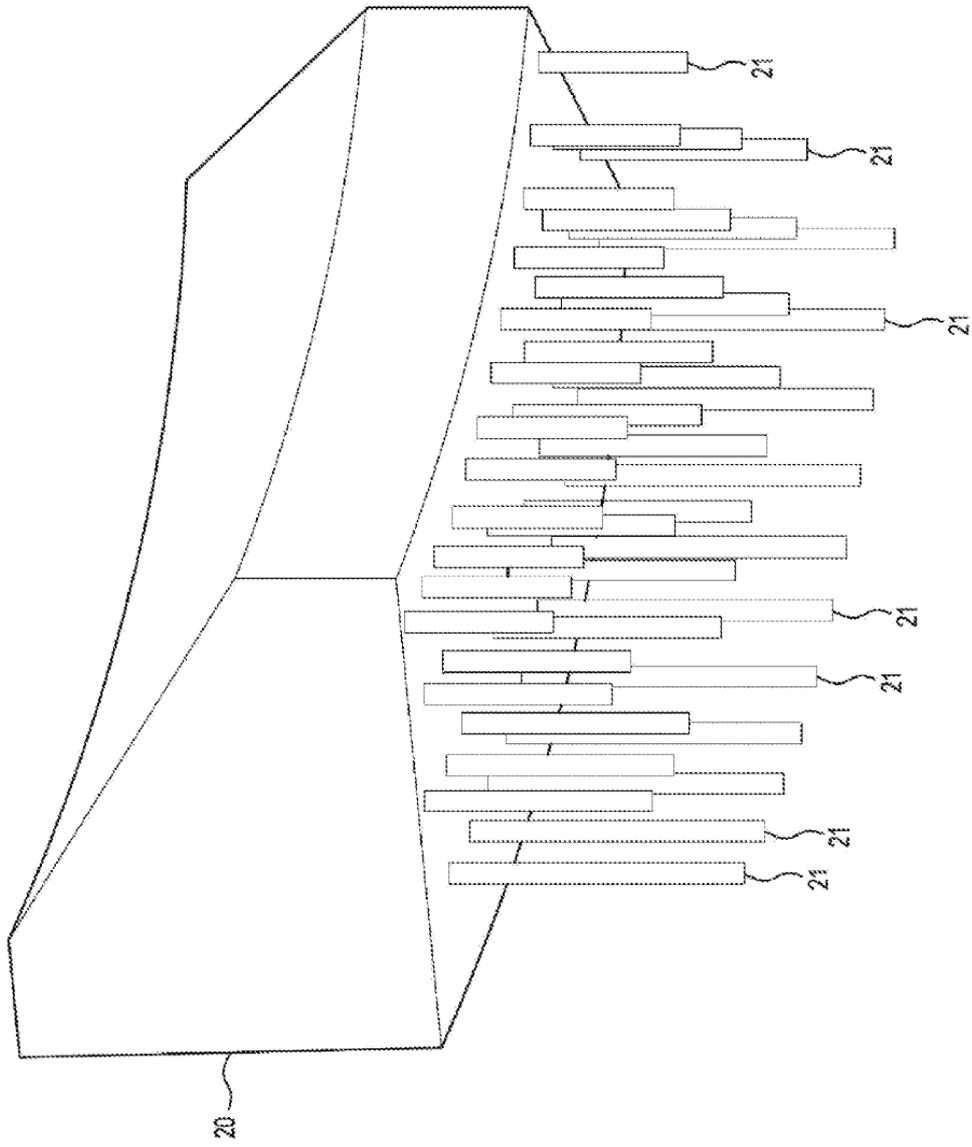


Figure 3

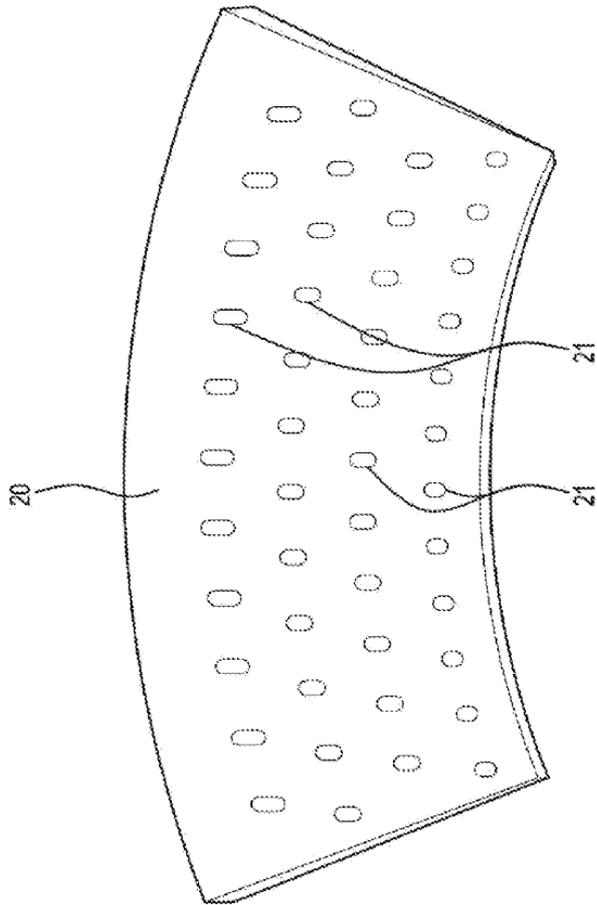


Figure 4

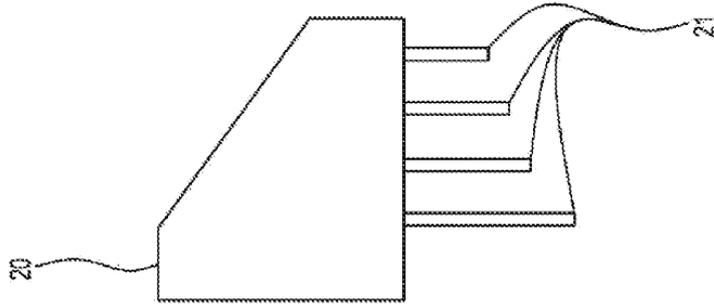


Figure 5

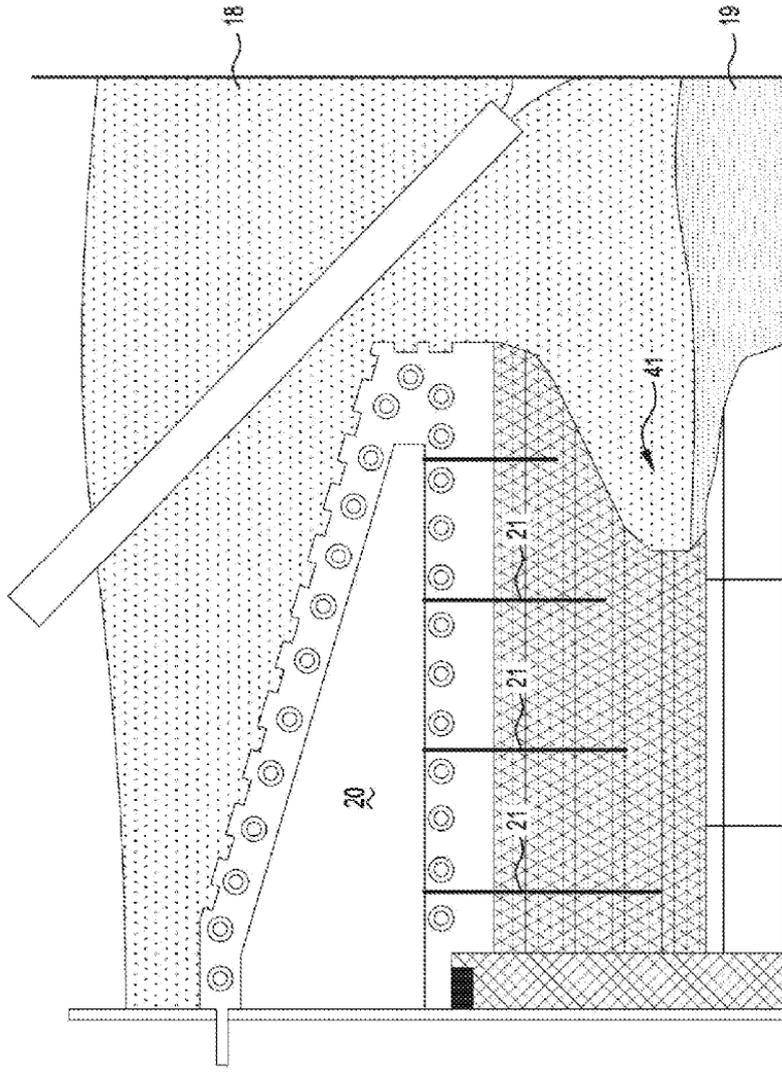


Figura 6

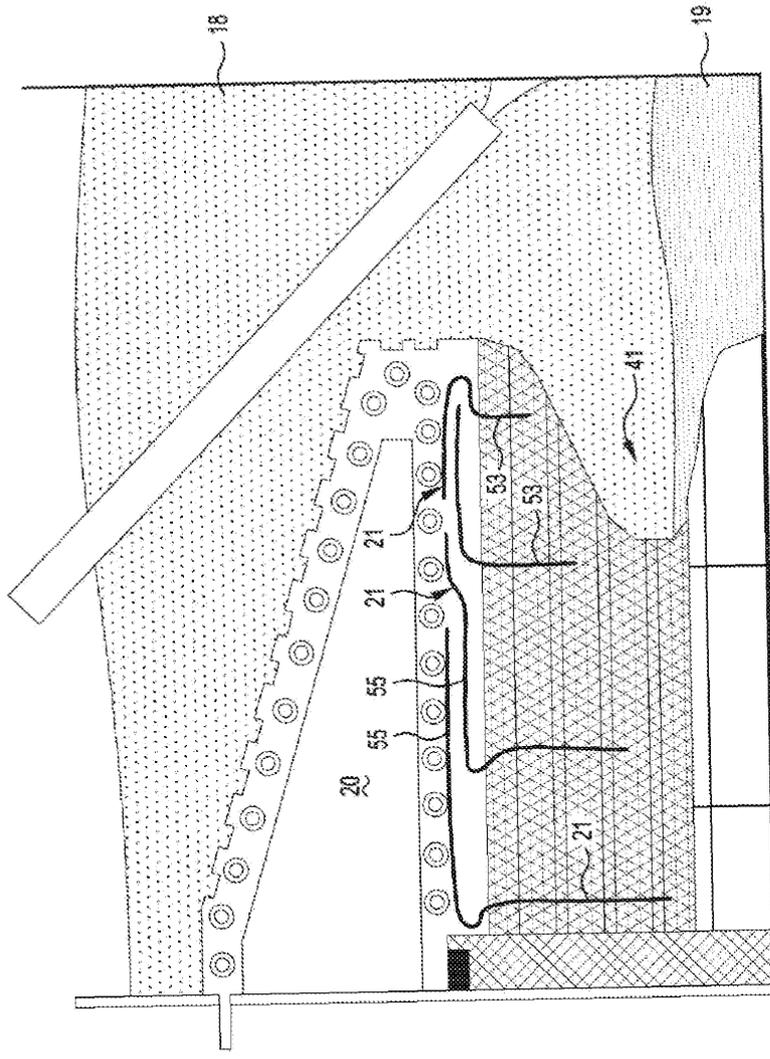


Figura 7

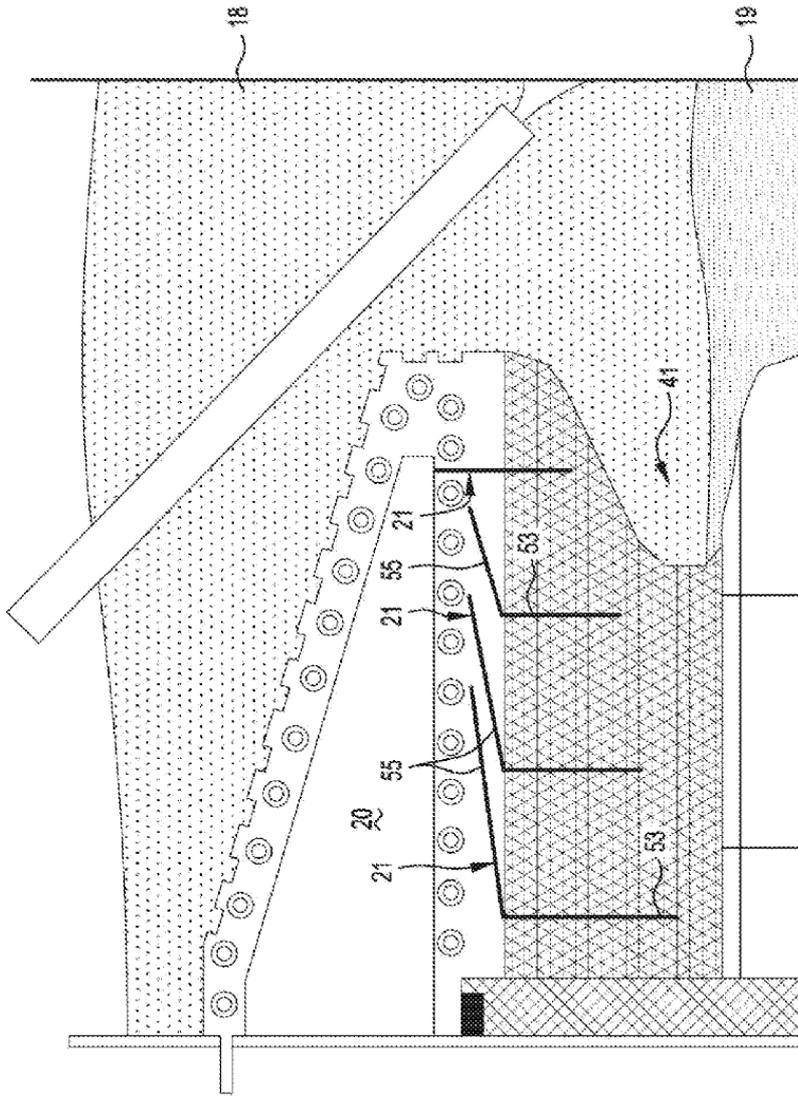


Figura 8