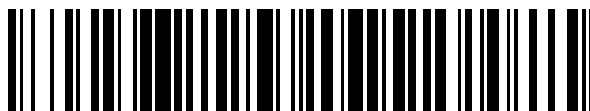


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 120**

51 Int. Cl.:

C21C 5/00 (2006.01)

F27D 3/16 (2006.01)

F27D 19/00 (2006.01)

F27B 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2015 PCT/EP2015/054173**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15132159**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2015 E 15711666 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3114242**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un horno vertical, en particular de un alto horno**

30 Prioridad:

05.03.2014 DE 102014102913

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

09.12.2020

73 Titular/es:

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)

Kaiser-Wilhelm-Strasse 100

47166 Duisburg, DE y

THYSSENKRUPP AG (50.0%)

72 Inventor/es:

KANNAPPEL, MARTIN y

KLOCK, RAINER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 798 120 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

Procedimiento para el funcionamiento de un horno vertical, en particular de un alto horno

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un horno vertical, en particular de un alto horno, en el que se introduce al menos un gas en el horno.

En el caso de un horno vertical se trata de un horno, cuya forma básica geométrica tiene "forma de pozo". Normalmente la altura de los hornos verticales supera su anchura y su profundidad en un múltiplo. La forma básica de un horno vertical corresponde con frecuencia a un cilindro hueco, un cono hueco o una combinación de ambas formas. En un horno vertical tienen lugar habitualmente procesos de combustión, de reducción y de fusión, ascendiendo los gases generados en el horno hacia arriba. Los hornos verticales se usan o bien para calentar o bien sirven como instalación metalúrgica para la generación de metales puros a partir de minerales, para el procesamiento subsiguiente de los metales o para la producción de otros materiales.

15 Una forma particular de hornos verticales son los altos hornos, con los que puede producirse a partir de minerales, en un proceso de reducción y de fusión continuo, metal líquido, generalmente hierro bruto. Los altos hornos requieren en comparación con hornos verticales habituales, debido a las exigencias específicas en lo que se refiere a la fundición de minerales, exigencias particulares en el modo de construcción del horno y en particular en su revestimiento interior y refrigeración.

Los altos hornos se usan generalmente como parte de una acería completa integrada. Además del horno en sí, una instalación de alto horno comprende por ejemplo, instalaciones de transporte para el llenado ("alimentación") del alto horno con materiales de entrada (por ejemplo, mineral de hierro y elementos adicionales) y con medios de reducción o fuentes de energía (por ejemplo, coque), así como instalaciones para la extracción o evacuación de los materiales que se generan en el alto horno (por ejemplo, hierro bruto, escoria, gases de escape).

En muchos hornos verticales, y en particular en altos hornos, se introducen gases desde el exterior en el horno, para posibilitar o para influir en las reacciones que tienen lugar en el horno. En el caso de los gases puede tratarse por ejemplo de aire o de oxígeno puro. Los dispositivos para la introducción de los gases comprenden con frecuencia conductos anulares circunferenciales alrededor del horno con varios moldes de soplado o boquillas que conducen hacia el interior del horno y adicionalmente con lanzas que conducen al interior del horno.

Por el documento DE 101 17 962 B4 se conoce por ejemplo un procedimiento para el tratamiento térmico de materiales en bruto y un dispositivo para llevar a cabo este procedimiento. En el caso del dispositivo descrito se trata de un cubilote. Los cubilotes son asimismo hornos verticales, en los que pueden fundirse metales. A diferencia de los altos hornos, los cubilotes sirven generalmente para la producción de hierro fundido a partir de hierro bruto y chatarra, se diferencian por consiguiente en el modo de funcionamiento y en la forma constructiva, de los altos hornos.

En el documento DE 101 17 962 B4 se propone introducir, además de una introducción de aire, gases con diferente contenido de oxígeno de manera alterna en el horno. En el caso de estos gases puede tratarse de aire, así como de oxígeno puro. Para ello se hacen pasar alrededor del horno dos conductos anulares separados. El primer conducto anular está siempre lleno de aire, mientras que el segundo conducto anular está lleno de forma alterna con diferentes gases (por ejemplo, oxígeno). Mediante la introducción dirigida de gases con diferente contenido de oxígeno se controlarán las reacciones y en particular las temperaturas en el horno.

La solución mostrada en el documento DE 101 17 962 B4 tiene la desventaja de un modo de construcción costoso con varios conductos anulares separados. Además, la solución descrita en el documento DE 101 17 962 B4 está limitada a cubilotes.

Por el documento EP 1 948 833 B1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de un horno vertical. En el caso de este horno vertical puede tratarse de un cubilote o de un alto horno. También en la solución descrita en el documento EP 1 948 833 B1 se propone introducir un gas de tratamiento, por ejemplo, oxígeno, en el horno. El gas introducido se modulará mediante pulsaciones. Esto significa que partiendo de una presión de base baja se aumenta brevemente a intervalos de tiempo la presión del gas introducido. Mediante esta forma de proceder se conseguirá un paso de gas mejorado en el horno.

La solución descrita en el documento EP 1 948 833 B1 tiene la desventaja de que fuera del "tramo de paso" no se logran o solo se hace de forma reducida, mejoras en la reacción.

El documento DE2149057A divulga un procedimiento con introducción de gas ultrasónico, para mejorar el mezclado y la combustión de las partículas en el alto horno.

La invención se basa por lo tanto en el objetivo de configurar la introducción de gases en el horno de tal manera que se consigue una aceleración de los procesos de reacción en el horno, en particular hasta la zona de "hombre

muerto".

En un procedimiento de acuerdo con la invención, este objetivo se consigue por que se introducen en el horno ondas de choque, tal como se indica en las reivindicaciones de patente.

Una onda de choque es un fenómeno de la dinámica de gases en el que un choque de compresión conforma el frente de una onda de compresión. En el frente de onda, los gradientes de las magnitudes de estado presión y temperatura son tan altos, que se producen considerables procesos de transporte moleculares. Los procesos de transporte moleculares son irreversibles, es decir, aumenta la entropía del gas alcanzado por la onda. Se parte de un salto de estado inestable, dado que los procesos de transporte molecular están limitados a algunas longitudes de onda libres. Una onda de choque se propaga con una velocidad de propagación, que es mayor que la velocidad del sonido del medio en reposo delante de la onda de choque. En el caso de ondas de choque fuertes con altas cantidades de choques se producen cada vez más efectos tales como disociación, estimulación de electrones e ionización.

Las ondas de choque pueden contribuir en gran medida a alcanzar las condiciones termodinámicas o térmicas, que son necesarias para el desarrollo de una reacción química o físico-química. De esta manera pueden lograrse incluso las energías de activación para reacciones en el horno con fases de carbono poco reactivas, por ejemplo, fases con un alto grado de grafitización o para la autoinflamación de mezclas combustibles.

Los choques de compresión o las ondas de choque influyen y refuerzan masivamente la forma local de turbulencias. Con ello se influye positivamente en la formación de mezclas reactivas, así como en el transporte de sustancias necesario para las reacciones químicas respectivas en los hornos verticales. Esto es de particular importancia en particular para las reacciones de gas-cuerpo sólido heterogéneas que tienen lugar o para el transporte de sustancias entre material sólido y fase gaseosa.

Debido a la superficie de la estructura y la porosidad de las partículas, pueden generarse mediante el comportamiento de flexión y de reflexión de las ondas de choque dentro de la partícula, altas presiones y temperaturas, incluso gradientes de presión y de temperatura. En función del tamaño de partícula o de la estructura y rigidez, pueden destruirse debido a las tensiones que aparecen, capas próximas a la superficie o la partícula completa. Mediante este proceso las reacciones químicas tienen a disposición una superficie de reacción efectiva mayor.

Son ejemplos partículas de coque, cuyas capas exteriores presentan debido a las reacciones que han tenido lugar con anterioridad, un gran porcentaje de ceniza o están recubiertas de escoria y polvo de carbón insufiado, así como sus residuos parcialmente descompuestos por pirólisis (por ejemplo, residuo de carbón). La cinética de reacción se mejora además de ello, cuando como gas para la generación de la onda de choque ("gas propulsor") se usa un gas ("gas de tratamiento") necesario ya de por sí para las reacciones químicas (por ejemplo, oxígeno u otro gas de reacción).

Al interactuar ondas de choque con partículas pequeñas, se mejora claramente su dispersión en la fase gaseosa y se acelera de esta forma su transformación química. Esto se cumple en especial para la introducción de materiales de entrada con generalmente tamaños de partícula finos. Esto es en particular importante cuando su transporte neumático se produce según el principio de fase densa. A modo de ejemplo puede mencionarse en este caso la introducción de polvos de carbón en hornos verticales o altos hornos.

En resumen, debido a la introducción de ondas de choque en el horno vertical pueden acelerarse o intensificarse las reacciones.

Las ondas de choque pueden producirse por ejemplo mediante detonaciones, impactos por rayo o proyectiles voladores. Para la generación de ondas de choque para fines científicos y otras pruebas, se usan canales de choque o conductos de choque. La generación de la onda de choque tiene lugar en este caso mediante la superación de la presión de rotura de una membrana que separa la parte de alta presión, la cámara de gas propulsor, de la parte de baja presión. La rotura de la membrana garantiza la subida de la presión abrupta, que es necesaria para la producción de ondas de choque.

Según la invención, está previsto que las ondas de choque se liberen mediante la apertura de una válvula que puede volver a cerrarse. Este tipo de generación de ondas de choque tiene la ventaja frente a una membrana que explota, de que pueden producirse tantas ondas de choque como se quiera con sucesión rápida, sin que para ello tenga que reemplazarse o sustituirse un componente. Una onda de choque puede formarse no obstante solo en válvulas que se abren de forma extremadamente rápida, que liberan en muy corto tiempo la totalidad de la sección transversal de conducción. Es especialmente ventajoso usar como gas propulsor para la onda de choque un gas necesario ya de por sí para el funcionamiento de un horno vertical, es decir, para los procesos de reacción (por ejemplo, oxígeno).

Según la invención se propone por lo tanto además, que la válvula se abra en menos de 6 ms, en particular en menos de 4 ms, preferentemente por completo. Mediante una apertura de la válvula, que solo dura algunos

milisegundos, se garantiza un aumento de la presión abrupto, que es necesario para la generación de ondas de choque. Han resultado ser especialmente ventajosas debido a sus tiempos de apertura rápidos, las válvulas de cajón deslizante. Una apertura demasiado lenta de la válvula, conduciría por el contrario a que debido a la compensación de presión resultante, no pueda generarse ninguna onda de choque.

Un perfeccionamiento de la invención prevé que la válvula se controle neumáticamente. Las válvulas necesarias para la invención, con tiempos de apertura muy rápidos, requieren un accionamiento de funcionamiento con altas velocidades, así como un control que haga frente a estos requisitos. Un accionamiento neumático ha resultado ser especialmente ventajoso. Pueden emplearse asimismo tipos de accionamiento alternativos que hagan frente a estos requisitos (por ejemplo, motor eléctrico, en particular un servomotor).

En otra configuración de la invención se propone que para la generación de las ondas de choque se use un barrilete de presión, en particular un recipiente de presión, con una presión de gas de al menos 10 bares, en particular de al menos 20 bares. La presión del horno o la presión del viento de los hornos verticales solo puede encontrarse ligeramente por encima de la presión atmosférica (es decir, de 0,2 bares a 1 bar). En función del tipo de horno vertical o de su modo de funcionamiento, se requieren generalmente presiones del viento mayores entre 1 bar y 5 bares. Dado que para la generación de ondas de choque se requieren diferencias de presión muy grandes, se proporciona preferentemente un recipiente de presión con una presión interior de la magnitud mencionada.

Otra enseñanza de la invención prevé que como gas para la generación de las ondas de choque se utilice un gas de tratamiento necesario para los procesos de reacción en el horno. En otras palabras, se propone que el gas propulsor necesario para la generación de la onda de choque sea al mismo tiempo un gas de tratamiento o un gas necesario para los procesos de reacción en el horno vertical. La válvula puede mantenerse como consecuencia de ello abierta durante más tiempo de lo que es necesario exclusivamente para la generación de una onda de choque.

En otra configuración de la invención se propone por lo tanto, que la válvula se mantenga abierta durante un periodo de tiempo en el intervalo entre 0,05 s y 0,7 s. A través del número de conjuntos de válvula y de la duración del periodo de tiempo en el que la válvula está abierta, resulta la cantidad de gas de tratamiento que se suministra al horno vertical. Dependiendo del gas de tratamiento, del tipo de horno vertical y de su modo de funcionamiento, tiene lugar una adaptación correspondiente.

La generación de ondas de choque o la introducción intermitente del gas en el horno, no excluye que al mismo tiempo tenga lugar una introducción continua del mismo o de otro gas en el horno. En otras palabras, puede estar previsto que al horno se le suministre un "flujo base" continuo (por ejemplo, un flujo base de oxígeno) con ondas de choque generadas o con flujos de volumen de gas mayores intermitentes. Con este flujo base puede ajustarse además por ejemplo, la cantidad de gas de tratamiento suministrada al horno. Además, puede garantizarse así de forma continua el efecto refrigerante necesario para las lanzas o el sitio de introducción.

Por último, se prevé en otra configuración de la invención, que como gas se emplea un gas con efecto oxidante, en particular oxígeno. El gas empleado puede ser dióxido de carbono, aire o también otro gas, en particular oxígeno. En procesos de horno vertical o en determinadas zonas de reacción, se requieren condiciones reductoras o gases reductores. Como gases de tratamiento son posibles en este caso por ejemplo, monóxido de carbono o hidrógeno. Mezclas de gases con efecto reductor, así como las mezclas y gases que consiguen un efecto reductor tras una reacción intermedia adicional, también pueden emplearse.

La invención se explica a continuación con mayor detalle mediante un dibujo que representa únicamente un ejemplo de realización preferido. En el dibujo muestra:

la figura 1: la estructura esquemática de una instalación para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención.

En la figura 1 está representada una estructura esquemática de una instalación para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. Un horno 1 realizado como alto horno presenta alrededor de su perímetro varias lanzas 2, con las que se realiza la introducción de ondas de choque o la introducción de un gas de tratamiento desde el exterior en el horno 1. Idealmente las lanzas 2 se insertan en los moldes de soplado o en los moldes de viento del horno 1. Para influir en u optimizar otras zonas de reacción de un horno vertical o de un alto horno, pueden disponerse en estos sitios aberturas de introducción adecuadas.

A cada lanza 2 o sitio de introducción puede haber conectada una instalación 3 propia para la generación de las ondas de choque o para la introducción del gas de tratamiento. En función de la cantidad del gas de tratamiento, de la intensidad de las ondas de choque y del tamaño o la envergadura del horno, una instalación 3 puede alimentar varias lanzas 2 o varios sitios de introducción. De este modo también es posible alimentar con un conducto anular alrededor del perímetro del horno 1, todas las lanzas 2 o sitios de introducción con la misma instalación 3. Ha de tenerse en cuenta, que la generación de las ondas de choque y la introducción en el horno 1 no se producen a una gran distancia entre sí, dado que la intensidad de las ondas de choque disminuye a medida que avanzan.

La instalación 3 está conectada a un conducto de suministro 8, que garantiza que la instalación 3 se alimente con la cantidad requerida de gas y con la presión de gas requerida. La presión de gas del barrilete de presión, realizado en este caso como recipiente de presión 6 con conducto de tubo correspondiente, puede ser de por ejemplo 10 bares, en particular de al menos 20 bares o mayor.

5 La generación de ondas de choque o la introducción intermitente del gas se posibilitan mediante una válvula 9 de apertura rápida. En particular para representar la cantidad de gas propulsor necesaria, se le preconecta a la válvula 9 de forma ideal un recipiente de presión 6 - que en la medida de lo posible se refuerza con una regulación con una presión definida. Para ello un regulador de presión 7 puede proporcionarse o bien en una conducción 10
10 directamente antes del recipiente de presión 6, en el conducto de suministro 8 o en un conducto de suministro de varias de estas instalaciones 3.

15 La instalación 3 puede estar equipada además con un tramo de regulación 5 que se encuentra en un conducto de derivación 11 para la introducción adicional continua de gas de tratamiento. El flujo volumétrico de gas necesario se ajusta mediante una válvula de regulación. Como alternativa puede usarse para el flujo de gas continuo - a diferencia de lo representado en la figura 1 - otro gas para la generación de las ondas de choque. En este caso se requiere una conducción adicional.

20 La instalación 3 está unida con un conducto 4 adecuado y las lanzas 2 o sitios de introducción de tal manera que tanto las ondas de choque producidas o el flujo de gas intermitente, como el flujo de gas continuo, pueden introducirse en el horno 1.

25 La instalación 3 está equipada además con un control electrónico 12. En el caso del uso de varias instalaciones 3, por ejemplo, cuando cada lanza 2 o sitio de introducción está equipado con una instalación propia 3, se usa idealmente un control adicional principal.

Lista de referencias

- 1: horno
- 2: lanza
- 3: instalación
- 4: conducto
- 5: tramo de regulación
- 6: recipiente de presión
- 7: regulador de presión
- 8: conducto de suministro
- 9: válvula
- 10: conducción de alimentación
- 11: conducto de derivación
- 12: control

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de un horno vertical, en particular de un alto horno, en el que se introduce al menos un gas en el horno (1), **caracterizado por que** se introducen ondas de choque en el horno (1), en donde las ondas de choque se propagan con una velocidad de propagación, que es mayor que la velocidad del sonido, en el medio en reposo por delante de la onda de choque, en donde las ondas de choque se liberan mediante apertura de una válvula que puede volver a cerrarse (9) y la válvula (9) se abre en menos de 6 ms, en particular en menos de 4 ms.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el horno vertical es un alto horno.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la válvula (9) se controla neumáticamente.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** para la generación de las ondas de choque se usa un barrilete de presión, en particular un recipiente de presión (6), con una presión de gas de al menos 10 bares, en particular de al menos 20 bares.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el barrilete de presión es un recipiente de presión (6).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** como gas para la generación de las ondas de choque se emplea un gas de tratamiento necesario para los procesos de reacción en el horno (1).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la válvula (9) se mantiene abierta durante un periodo de tiempo en el intervalo entre 0,05 s y 0,7 s.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** como gas se emplea un gas con efecto oxidante, en particular oxígeno.

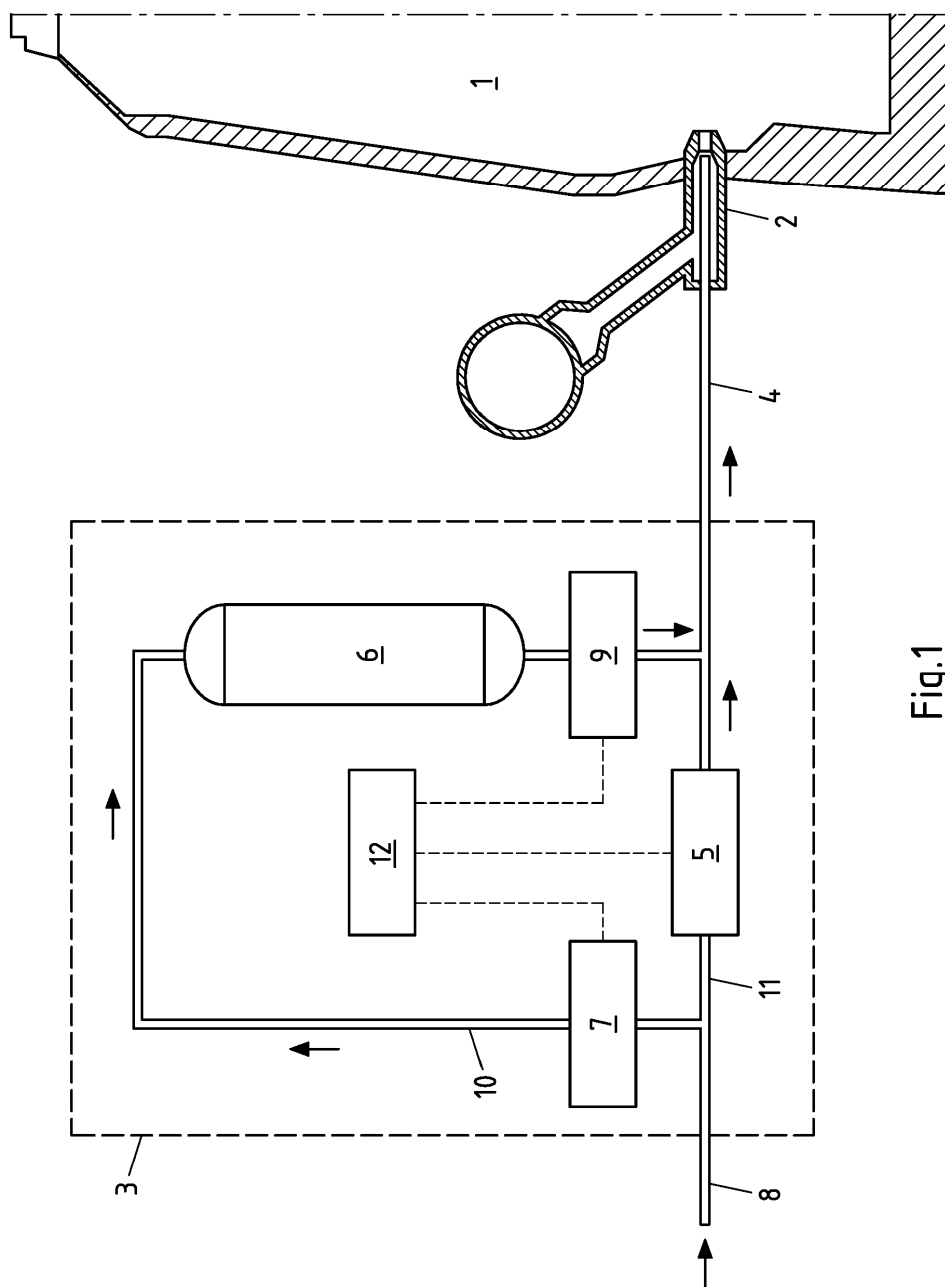


Fig.1