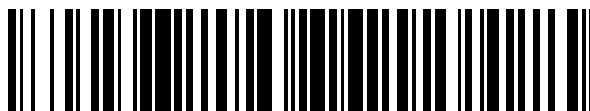


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 906**

51 Int. Cl.:

G01B 11/06 (2006.01)

G01N 25/72 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2012** **PCT/US2012/064727**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013** **WO13074464**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2012** **E 12850243 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018** **EP 2780663**

54 Título: **Proceso para monitorizar la integridad de contenedores**

30 Prioridad:

15.11.2011 US 201113296301

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

10.04.2018

73 Titular/es:

PROCESS METRIX (100.0%)
6622 Owens Drive
Pleasanton, CA 94588-3334, US

72 Inventor/es:

BONIN, MICHEL PIERE;
HARVILL, THOMAS LAWRENCE y
HOOG, JARED HUBERT

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 662 906 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 para monitorizar la integridad de contenedores

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a técnicas para monitorizar recipientes o contenedores configurados para contener materiales que tienen una temperatura elevada.

Exposición de los antecedentes

15 En muchas aplicaciones industriales se usan ampliamente recipientes o contenedores metálicos de diversos tamaños y formas diseñados para contener materiales a elevadas temperaturas. Ejemplos de estas aplicaciones incluyen, pero no se limitan a, procesos de gasificación en la producción química y de energía, hornos de arco eléctrico (EAF), hornos de oxígeno básicos (BOF), cucharas, altos hornos, desgasificadores y hornos de descarbonización con argón-oxígeno (AOD) en la fabricación de acero. Como se sabe en la técnica, estos contenedores normalmente están revestidos con un material refractario instalado en forma de ladrillo o moldeado en
20 bloques monolíticos con el fin de proteger la parte metálica del recipiente de los contenidos de alta temperatura colocados en el mismo; sin embargo, debido al desgaste y la rotura normales del material refractario a través de los efectos combinados de oxidación, corrosión y abrasión mecánica, alguna parte de la superficie refractaria en contacto con el metal fundido se pierde durante el procesamiento, requiriendo por lo tanto una inspección frecuente con el fin de garantizar un uso prolongado mediante la realización de reparaciones localizadas tempranas para evitar fallos catastróficos y la restauración innecesaria o prematura del revestimiento refractario de todo el recipiente.

Antes del avance de las técnicas de inspección ópticas, la inspección de los revestimientos cerámicos para detectar niveles inaceptables de espesor de revestimiento se realizaba visualmente por un operario con experiencia en busca
30 de puntos oscuros en el revestimiento indicativos o bien de las altas tasas de transferencia de calor localizadas en el material refractario y la carcasa metálica o un posible desgaste excesivo y la necesidad de reparar el revestimiento. Un enfoque de este tipo presenta una combinación de arte y ciencia, expone al operario de contenedores a riesgos industriales innecesarios, reduce la frecuencia de las inspecciones y carece de la precisión deseada. Además, los costes asociados con la instalación y la reparación de revestimientos cerámicos han aumentado significativamente en los últimos veinte años ya que los materiales refractarios se han reformulado para instalaciones específicas de la
35 aplicación. Con el fin de mejorar el uso eficiente de estos materiales refractarios más caros, se han desarrollado varias técnicas convencionales para minimizar los riesgos resumidos anteriormente, incluidos los configurados para medir directamente el desgaste del material refractario y los adaptados para medir el efecto del desgaste en refractarios sobre el recipiente metálico, tales como, por ejemplo, el control indirecto de las tasas de transferencia de calor al recipiente. Sin embargo, como se resume a continuación, estas técnicas convencionales tienen varias limitaciones.

En cuanto a las técnicas convencionales configuradas para medir el desgaste en refractarios cuantitativo directamente mediante el uso de un láser, por ejemplo, debido a que los diámetros de los láseres son de tamaños finitos (por ejemplo, aproximadamente de 40 a 60 mm en algunas aplicaciones), los posibles defectos de refractario
45 con las dimensiones características más pequeñas que el diámetro del rayo láser, tal como un pequeño agujero en el revestimiento, son muy difíciles, si no imposibles, de detectar, lo que hace que la pieza localizada de ladrillo que falta también sea difícil de detectar. Además, debido al alto ángulo de incidencia entre el rayo láser y las paredes de cuchara, el tamaño del agujero, cuando se detecta uno, le parece al operario o al escáner láser más pequeño de lo que realmente es.

50 Además, la acumulación de escoria localizada en las superficies de cuchara interiores puede hacer que sea difícil detectar las áreas donde pueden ser necesarias reparaciones de revestimiento. Es decir, a medida que se drena el acero de la cuchara, la pequeña cantidad de escoria transportada por el golpeteo del convertidor o introducida en el horno de metalurgia de cuchara puede formar un revestimiento en las paredes o en el fondo de la cuchara. Debido a
55 que gran parte de la escoria acumulada se disuelve en el siguiente ciclo de calentamiento de cuchara, la comparación de las mediciones de calor a calor a veces puede revelar la acumulación de escoria en una medición previa. Sin embargo, para cualquier medición de calor individual, las técnicas que usan láseres no son capaces de resolver la diferencia entre el refractario remanente y la acumulación de escoria en las superficies de cuchara interiores. Como tal, en presencia de acumulación de escoria, el sistema predecirá el espesor del revestimiento o predecirá la cantidad de refractario perdido, ambas limitaciones no deseables en la práctica.

Finalmente, otro problema potencial que no puede detectarse por el sistema basado en láser es el resultado del afino, que se produce cuando el acero fundido entra naturalmente en los pequeños huecos (por ejemplo, pequeñas aberturas con una dimensión característica de aproximadamente 1-5 mm) que se desarrollan entre los ladrillos en un
65 recipiente revestido de refractario. Tal como se entiende por los expertos en la materia, el afino tiene el potencial de formar eventualmente un puente metálico entre el metal fundido contenido en la cuchara y la carcasa exterior

metálica sólida. Un pequeño afino solo provoca un calentamiento localizado de la carcasa de cuchara. Sin embargo, con el tiempo, el pequeño afino puede volverse severo y dar como resultado la fusión de la carcasa de cuchara y, posteriormente, la fuga de acero fundido. Por lo tanto, aunque los sistemas de contorneado convencionales son una herramienta útil para caracterizar el perfil interior del recipiente, hay situaciones en las que la sola medición del espesor aparente puede no ser suficiente para evitar derrames.

Ejemplos de técnicas convencionales configuradas para medir el efecto cualitativo del desgaste en refractarios sobre el recipiente metálico son aquellos adaptados para estimar la temperatura en las superficies exteriores del recipiente (como se desvela, por ejemplo, en el documento JP-H03-169474 A). A medida que el material refractario interno se desgasta y se adelgaza, las temperaturas de la carcasa metálica en las áreas comprometidas aumentan debido al aumento de la transferencia de calor de los materiales fundidos al recipiente. Dichas mediciones se realizan habitualmente con la cuchara colgando de una grúa, poco después de que la cuchara abandone una máquina de colada de desbastes, y se usan principalmente para determinar cuándo debe retirarse de servicio el contenedor. Esta medición cualitativa proporciona una indicación de los puntos calientes en la carcasa de cuchara independientemente de la causa (es decir, fallos inminentes debidos al adelgazamiento del revestimiento, o al afino, o ambos) y, como tales, son una medida directa de la salud nominal de la "contención." Sin embargo, los expertos en la materia comprenderán que estas técnicas solo proporcionan información cualitativa y no son capaces de proporcionar información detallada que caracterice la tasa de desgaste del propio revestimiento. El espesor local del revestimiento refractario, la posible existencia de efectos de afino, el tiempo que el metal fundido estuvo contenido en la cuchara, el historial de temperatura del material fundido mientras estuvo en la cuchara, el historial de procesamiento (es decir, a través de hornos metalúrgicos de cuchara) del material fundido mientras estuvo en la cuchara, y las propiedades radiativas de la superficie exterior de las cucharas contribuyen a la temperatura aparente de la carcasa metálica. Por lo tanto, las mediciones de la temperatura externa solo son útiles sobre una base relativa, y la falta de información cuantitativa en los datos impide la determinación de las tasas de desgaste y la optimización refractaria en la cuchara.

Por lo tanto, basándose al menos en los retos de las técnicas convencionales indicados anteriormente, lo que se necesita son métodos que minimicen o eliminen las inconsistencias en los datos medidos del revestimiento refractario y la temperatura de superficie externa de los recipientes metálicos configurados para llevar materiales a temperaturas por encima del punto de fusión del metal. Esto permitirá la detección y la inspección tempranas de una fluencia de metal fundido o de pequeños agujeros en el revestimiento, todo lo cual puede contribuir a fallos en el revestimiento, aumentando de este modo la seguridad operativa a la vez que se reducen los costes de funcionamiento asociados con costosas operaciones de limpieza y el posible tiempo de inactividad de la producción. Un método que combina los pasos de medir la temperatura externa del contenedor y medir el espesor del material refractario, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, se desvela por Kauppinen et al., en Proc. SPIE, vol. 3700 (1999), páginas 214-226.

Sumario

De acuerdo con la presente invención, se desvela un método para monitorizar la integridad de un recipiente que tiene una capa interna de un material refractario que incluye las etapas de la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos (no dibujados a escala), que se incorporan en y constituyen una parte de la memoria descriptiva, ilustran las realizaciones y, junto con la descripción, explican estas realizaciones. En los dibujos:

la figura 1 ilustra un contenedor configurado para contener materiales a temperaturas elevadas;
la figura 2 ilustra un diagrama esquemático de un aparato o sistema configurado para monitorizar la integridad del contenedor de la figura 1;
la figura 3 ilustra un diagrama esquemático de un aparato o sistema configurado para monitorizar la integridad del contenedor de la figura 1;
la figura 4 ilustra un perfil de espesor de revestimiento simulado y un perfil de temperatura de superficie externa simulado de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
la figura 5 ilustra una parte a modo de ejemplo de un perfil de espesor de revestimiento simulado y un perfil de temperatura de superficie externa simulado de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
la figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método para monitorizar la integridad de un contenedor que tiene una capa refractaria protectora;
la figura 7 ilustra un diagrama de flujo de un método para monitorizar la integridad de un contenedor que tiene una capa refractaria protectora; y
la figura 8 es un diagrama esquemático de un dispositivo de control de un sistema o aparato configurado para identificar localizaciones de fallos potenciales en un recipiente adaptado para contener materiales a temperaturas elevadas.

Descripción detallada

La siguiente descripción de las realizaciones a modo de ejemplo hace referencia a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos identifican los mismos o similares elementos. La siguiente descripción detallada no limita la invención. En cambio, el alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas. Las siguientes realizaciones se tratan, por simplicidad, con respecto a la terminología y la estructura de aparatos, sistemas o métodos capaces de detectar localizaciones de fallos potenciales en un contenedor que tiene un material de revestimiento para proteger el mismo contra temperaturas elevadas en una aplicación de fabricación de acero. Sin embargo, las realizaciones que se tratarán a continuación no se limitan a estos conjuntos, sino que pueden aplicarse a otros contenedores que tienen un material de revestimiento expuesto a una temperatura elevada en comparación con el punto de fusión del material del que está fabricado el contenedor, siendo necesario determinar la integridad del revestimiento para evitar fallos inesperados.

La figura 1 ilustra un contenedor 2 configurado para contener materiales a temperaturas elevadas. Tal como se usa en el presente documento, el término “contenedor” o “recipiente” se usa de manera intercambiable y amplia, incluyendo la referencia a todos los tipos de recipientes o contenedores metálicos o no metálicos de diversos tamaños y formas diseñados para contener materiales a temperaturas elevadas que pueden estar por debajo, en o por encima del punto de fusión del material de recipiente. Ejemplos de tales contenedores o recipientes son aquellos usados en aplicaciones tales como, pero no limitadas a, los procesos de gasificación en la producción química y de energía, hornos de arco eléctrico (EAF), hornos de oxígeno básicos (BOF), cucharas, altos hornos, desgasificadores y hornos de descarburación con argón-oxígeno (AOD) en la fabricación de acero. Además, tal como se usa en el presente documento, la expresión materiales a temperatura elevada se usa ampliamente para significar materiales configurados para disponerse dentro de estos contenedores que tienen temperaturas lo suficientemente altas para provocar daños al contenedor una vez que este queda expuesto a las mismas cuando la integridad de los materiales refractarios que cubren al menos una parte de una superficie del contenedor se ve de alguna manera comprometida para exponer el contenedor a los materiales a las temperaturas elevadas. Como se muestra, el contenedor 2 tiene una carcasa 4, una capa interna de un material refractario 6 y una abertura 8. La línea discontinua 7 en la figura 1 ilustra la capa original del material refractario 6 antes de que el contenedor se colocara en uso. Con el fin de explicar mejor el objeto que se desvela, el contenedor 2 se ha ilustrado con dos áreas en las que el desgaste y la rotura locales por el uso han dañado el material refractario 6, como se explica con más detalle a continuación.

Una primera área 10 ilustra una localización donde se ha desarrollado en el material refractario 6 un agujero que tiene una pequeña abertura 12. Como se entenderá por los expertos en materia, la primera área 10 también puede ser ilustrativa de un área en el material refractario 6 donde se ha desarrollado un afino, es decir, un área donde, durante el uso, el acero fundido entra naturalmente en los pequeños huecos (por ejemplo, pequeñas aberturas con una dimensión característica de aproximadamente, por ejemplo, 1-5 mm) que se desarrollan entre los ladrillos en un recipiente revestido de refractario. Una segunda área 14 también se ilustra en la figura 1, en la que una pieza del material refractario 6 se ha eliminado por el uso, y la acumulación de escoria 16 en el interior del contenedor 2 ha llenado el vacío dejado por el material refractario que se ha eliminado. Una de las características ventajosas del objeto desvelado es una capacidad mejorada para identificar mejor las áreas 10 y 14 mediante una combinación de medidas de espesor de revestimiento y de temperatura de superficie externa, como se explicará con más detalle a continuación. Debe entenderse que las áreas 10 y 14 se han mostrado como ejemplos de problemas que pueden desarrollarse durante el uso del contenedor 2 y de ninguna manera limitan el alcance del objeto que se desvela. Es decir, los expertos en la materia comprenderán que puede haber otros tipos de defectos que pueden detectarse por el objeto desvelado, propiamente dicho, la mención de las áreas a modo de ejemplo 10 y 14 no debe limitar de ninguna manera el alcance del objeto desvelado.

La figura 2 ilustra un diagrama esquemático de un aparato (o sistema) 20 configurado para monitorizar la integridad del contenedor 2 de la figura 1. Como se muestra, el aparato 20 incluye un sistema o aparato termográfico 21 para monitorizar la temperatura de superficie externa del recipiente 2 y un sistema o aparato de medición de espesor de refractario 25 configurado para monitorizar el espesor del material refractario 6 dentro del contenedor 2. El sistema termográfico 21 incluye un primer detector de radiación 22 y un primer controlador 24 asociado con el mismo. El sistema de medición de espesor de refractario 25 incluye una primera fuente de radiación 26 y un segundo controlador 28 asociado con la misma. Como también se muestra en la figura 2, tanto el sistema termográfico 21 como el sistema de medición de espesor de refractario 25 están en comunicación con un controlador central 30. En la figura 2, el primer detector de radiación 22 se muestra conectado al primer controlador 24 mediante el uso de un cable 32. De manera similar, la primera fuente de radiación 26 se muestra conectada al segundo controlador 28 mediante un cable 34; y los controladores primero y segundo 24 y 28 se muestran conectados al controlador central 30 mediante los cables 36 y 38, respectivamente. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que estas conexiones pueden ser inalámbricas en otras realizaciones y los controladores 24 y 28 pueden proporcionarse individualmente, como se ilustra, o combinarse en un solo dispositivo con el controlador central 30 o alojarse en el mismo. Es decir, la interconexión y/o disposición de los dispositivos ilustrados en la figura 2 no limitan el alcance del objeto que se desvela, sino que proporciona una ilustración del mismo. Además, el número de fuentes de radiación y de detectores no se limita a uno solo de cada uno de los mismos. Por ejemplo, en un ejemplo, el primer detector de radiación 22 incluye una pluralidad de detectores infrarrojos (IR) (o cámaras) configurados para medir la temperatura de superficie externa del contenedor 2 mediante la transferencia de calor radiativa desde el contenedor 2 a los

detectores externos 22, y la primera fuente de radiación 26 es una fuente de luz utilizada para explorar el interior del contenedor 2 con el fin de permitir la medición del espesor del material refractario en el mismo. En otro ejemplo, la primera fuente de radiación 26 es un escáner de intervalo o distancia configurado para medir la distancia desde la localización del sistema 25 a los puntos interiores en la superficie del material refractario 6. En otro ejemplo más, la primera fuente de radiación 26 puede ser una que tenga un espectro de longitud de onda seleccionado, siendo posiblemente dicho espectro visible o invisible a simple vista. En otros ejemplos, las comunicaciones entre los controladores indicados y/u otros componentes pueden tener lugar a través de internet, ondas de radio, microondas, satélite u otros medios conocidos en la técnica, y las conexiones entre los controladores pueden ser cableadas o inalámbricas.

El primer detector o detectores de radiación 22 pueden instalarse en la fábrica donde se localiza el contenedor 2, alrededor de la cuchara, para producir una imagen compuesta de todo el sistema de cuchara. El primer controlador 24 puede ser un ordenador personal (PC) que lee la salida de las cámaras IR y monta una imagen compuesta de imágenes individuales juntas si se usan múltiples cámaras. Los datos termográficos recopilados por las cámaras IR pueden adquirirse mientras la cuchara o contenedor 2 cuelga de una grúa. Por lo tanto, la orientación relativa de la o las cámaras IR y la cuchara puede ser nominalmente constante de medición a medición. El procesamiento posterior de la imagen compuesta de los datos termográficos en tales realizaciones puede producir un perfil de temperatura resuelto espacialmente en coordenadas cilíndricas, siendo las variables de coordenadas independientes Z (distancia desde el labio de cuchara) y theta (la posición acimutal alrededor de la circunferencia de cuchara). R (la distancia radial desde la línea central de la cuchara) puede ser redundante ya que los datos IR se obtienen solo de la superficie exterior del contenedor. En algunos ejemplos, la operación de los sistemas 21 y 25 tiene lugar simultáneamente, es decir, las mediciones de las temperaturas de superficie externas y el espesor de revestimiento interno se realizan de manera sustancialmente simultánea durante la misma interrupción de la operación del recipiente y se combinan y se muestran al usuario para la evaluación del contenedor 2. En otros ejemplos, los sistemas 21 y 25 se operan por separado o secuencialmente durante diferentes interrupciones de la operación del recipiente y sus datos individuales se combinan posteriormente.

Una configuración habitual que podría usarse para medir el espesor de revestimiento en una cuchara usada en la industria del acero es con la cuchara colocada en un soporte adecuado (en este caso, el soporte puede configurarse para rotar a través de un desplazamiento angular determinado, por ejemplo, 360°) a una distancia determinada (por ejemplo, aproximadamente 3-5 m) frente al escáner láser con mediciones tomadas con la boca de cuchara inclinada hacia el escáner. En otro ejemplo, los puntos de intervalo en el interior de la cuchara se miden como se describe en la patente de Estados Unidos n.º 6.922.252 (en lo sucesivo en el presente documento, la patente '252 que se cede al cesionario del presente documento).

En otro ejemplo, el sistema de láser 25 puede instalarse en un soporte de posición fija que es o cinemático o instrumentado para determinar la posición de la cuchara en relación con el cabezal de láser. Tal como lo entienden los expertos en la materia, en una realización cinemática, el soporte de cuchara se construye de tal manera con el fin de colocar la cuchara en la misma posición cada vez que esta se coloca en el soporte. En una realización instrumentada, los telémetros láser de punto único se usan para medir la posición de la cuchara en el soporte. En dichos ejemplos, la orientación espacial de los datos láser debería conocerse por la incertidumbre de la medición, habitualmente ± 5 mm. Los datos láser también pueden proporcionarse en coordenadas cilíndricas, representando R el espesor de revestimiento local en cualquier punto dado de la cuchara, como se ilustra a continuación. Con los datos tanto del láser como del escáner IR en la misma representación de coordenadas, el controlador central 30 combina una imagen que representa la temperatura de superficie externa del contenedor 2 (por ejemplo, usando una imagen compuesta de color falso del escáner IR en una realización) con una representación numérica del espesor de revestimiento local a una densidad de cuadrícula adecuada con el fin de preservar la claridad de los datos de espesor numéricos. Como se explica con más detalle a continuación, se contemplan varios algoritmos para producir tal combinación de mediciones internas y externas de manera eficiente con el fin de permitir al usuario determinar de forma rápida y precisa dónde existen inconsistencias en las mediciones de espesor y de temperatura con el fin de permitir una capacidad mejorada para detectar posibles fallos en los contenedores. Una de las características ventajosas del objeto desvelado en el presente documento es el hecho de que la información de escáner IR cualitativa y los datos de espesor de revestimiento cuantitativos eliminan, o reducen sustancialmente, las limitaciones de cada medición que opera independientemente. El análisis general de la tasa de adelgazamiento y desgaste del revestimiento puede completarse con los datos de espesor de revestimiento del escáner láser. El afino puede observarse fácilmente en áreas donde el espesor de revestimiento permanece aceptablemente alto, pero se observan altas temperaturas externas de carcasa de cuchara. La confirmación de revestimientos delgados, independientemente de la acumulación de escoria, puede observarse en regiones donde el escáner láser sugiere un espesor de revestimiento reducido y el escáner IR muestra una temperatura de superficie elevada.

Por lo tanto, una de las características ventajosas del objeto desvelado es la combinación de datos de espesor de revestimiento obtenidos a partir de un escaneo láser del interior de cuchara con las mediciones termográficas IR de la superficie exterior de la carcasa de cuchara. Los expertos en la materia entenderán que correlacionar el espesor de refractario interno con la temperatura externa ayudará a verificar las mediciones de espesor interno. Cuando se combinan como se propone en el presente documento, las mediciones se complementarán entre sí, es decir, las limitaciones de una se compensarán con las capacidades de la otra. Una dificultad del escáner láser para detectar

fallos potenciales debidos al afino puede complementarse con un escáner termográfico capaz de detectar una elevación incipiente en la temperatura de carcasa. Por el contrario, la falta de información cuantitativa que describe el espesor de revestimiento por parte de los sistemas de escáner IR se produce en los datos del escáner láser. Sin embargo, al combinar los datos procedentes de ambos sistemas, se crea una herramienta integral de análisis de

5 cuchara que proporciona protección contra roturas, así como información cuantitativa que caracteriza las tasas de desgaste y el espesor de revestimiento local. Tales sistemas pueden operarse simultánea o secuencialmente. Además, las inconsistencias en los datos, por ejemplo, áreas que muestran alta temperatura y alto espesor de revestimiento, pueden detectarse de manera rápida y eficiente e inspeccionarse más para determinar la fluencia de metal fundido o pequeños agujeros en el revestimiento, todo lo cual puede contribuir a fallos en el revestimiento.

10 Como tal, el objeto desvelado mejora la seguridad operativa. Además, la detección mejorada del fallo inminente de cuchara conduce a un ahorro de costes significativo al evitar la pérdida del producto de valor agregado, las costosas operaciones de limpieza y el posible tiempo de inactividad de la producción. Además, la naturaleza automatizada de la implementación permite que el sistema adquiera y presente datos al usuario rápidamente, a través de una interfaz simplificada.

15 Además, la presentación combinada produce una correlación inmediata entre los puntos calientes y la reducción local en el espesor de revestimiento. Las áreas que muestran un revestimiento más grueso, pero con temperaturas de carcasa altas, pueden investigarse inmediatamente para determinar si hay acumulación de escoria o afino, o pequeños agujeros/ladrillos faltantes en la cuchara que no se detectaron por el escáner láser. Las áreas que

20 muestran una temperatura baja pero un revestimiento delgado probablemente no se vean afectadas por el afino, sino que deben abordarse solo sobre la base de la limitada vida útil restante del revestimiento.

La figura 3 ilustra un diagrama esquemático de un aparato 40 configurado para monitorizar la integridad del contenedor 2 de la figura 1, que comprende cinco cámaras IR 42A-42E (las cámaras 42D y 42E no se muestran por

25 simplicidad). Cuatro de las cámaras (42B-42E) se usan para monitorizar la superficie externa del contenedor 2 en cuatro cuadrantes de la pared lateral del contenedor y otra cámara (42A) monitoriza el fondo del contenedor. La medición del espesor del revestimiento refractario se realiza mediante el uso de un carro móvil 44 que incluye un sistema de seguimiento 46 y un sistema de contorneado 48 montado en el mismo como se desvela en la patente '252. Sin embargo, debe observarse que el objeto desvelado en el presente documento no debe estar limitado de

30 ninguna manera por el uso del carro móvil 44 y/o las cinco cámaras IR 42A-42E. Son posibles diferentes configuraciones que tendrán en cuenta la disponibilidad de espacio y los requisitos específicos de una aplicación determinada. Por ejemplo, también pueden usarse dispositivos de medición láser de posición fija para la medición de cuchara. Estos dispositivos pueden colocarse encima de un carro de transferencia o adyacentes a una estación de mantenimiento de compuerta deslizante. También son posibles disposiciones, tales como marcas de referencia

35 configuradas para ayudar en la colocación del carro móvil 44 (no mostrado en la figura 3), que pueden anclarse al suelo, a columnas de construcción, o en el área de campana. En configuraciones móviles o de posición fija, el láser puede colocarse tan cerca de la boca del recipiente como sea posible para maximizar el campo de visión.

Tal como se entiende por los expertos en la materia, las configuraciones que usan un escáner móvil pueden

40 simplificar el proceso de adquisición de datos de espesor de refractario al eliminar la necesidad de usar puntos de fijación en o cerca del contenedor de alta temperatura. Además, si el sistema de medición es móvil y el terreno sobre el que se mueve es irregular, se requiere una determinación precisa de la posición del sistema de medición con respecto al contenedor. Sin embargo, como entienden los expertos en la materia, la colocación de los sensores depende de la naturaleza de la aplicación y los grados de libertad en la instalación del contenedor y no debe limitar

45 el objeto desvelado en el presente documento. Por ejemplo, al caracterizar un BOF, el único grado desconocido de libertad puede ser la inclinación del horno. En las aplicaciones de cuchara que usan una instrumentación de posición fija, pueden automatizarse las mediciones desveladas. En las aplicaciones de cuchara, el recipiente puede llevarse habitualmente al sistema de medición, mientras que en las aplicaciones de BOF/convertidor, el sistema de medición puede llevarse al recipiente. Para las aplicaciones que implican cucharas, una de las características ventajosas

50 puede ser una operación con un solo botón, es decir, con la cuchara en la posición de medición, un operario puede necesitar presionar solo un botón de "medida" y el sistema escaneará automáticamente la cuchara y presentará los resultados. En otros ejemplos, la operación con un solo botón puede implementarse para el escáner IR, aunque el control puede iniciarse habitualmente desde una cabina de grúa.

55 En el ejemplo ilustrado, uno de los componentes del sistema de contorneado 48 es un sensor que mide el intervalo, es decir, la distancia desde el sistema de contorneado a un objetivo, y la localización de ese objetivo con respecto al sensor de intervalo. Durante el funcionamiento, la radiación óptica 50 procedente de una fuente de radiación óptica en el sistema de contorneado 48 se emite al interior del contenedor y la radiación óptica reflejada desde el interior del contenedor se detecta de nuevo por el sistema de contorneado. En función del tiempo transcurrido entre la

60 radiación emitida y reflejada para salir de y alcanzar el sistema de contorneado, respectivamente, y las características de la fuente de radiación, puede medirse la distancia entre el sistema de contorneado y la superficie del contenedor que provoca la reflexión de radiación. Los sistemas de medición de intervalo habituales usan un rayo de escaneo para registrar rápidamente múltiples posiciones e intervalos.

65 En las figuras 4 y 5 se ilustran las mediciones a modo de ejemplo que usan realizaciones de la presente invención. Tal como se entiende por los expertos en la materia, el objeto desvelado en el presente documento no debe estar

limitado de ninguna manera por las escalas de temperatura a modo de ejemplo representadas en las figuras 4 y 5. La figura 4 ilustra un perfil de espesor de refractario representado por valores cuantitativos resueltos espacialmente que corresponden al espesor local del material refractario tanto en función de la profundidad de recipiente como de la posición angular. El espesor, presentado en mm o pulgadas, se presenta en relación con una superficie definida en el recipiente. Esta superficie definida puede ser la carcasa metálica interior o exterior del recipiente, la superficie interior del revestimiento de seguridad (el ladrillo refractario de refuerzo que normalmente se mantiene permanentemente instalado en el recipiente) o la superficie interior del revestimiento de trabajo (el ladrillo refractario primario que se reemplaza durante un revestimiento de recipiente normal). Las mediciones de la temperatura de superficie también se ilustran en la figura 4 mediante el uso de líneas de contorno que definen áreas que tienen diferentes colores de escala de grises que representan diferentes niveles de temperatura, como se muestra en la leyenda de esas figuras. La figura 5 ilustra resultados similares pero para una parte más pequeña del contenedor.

Como se muestra en la figura 4, hay al menos dos regiones (etiquetadas 52 en la figura 4) en las que la temperatura externa ha alcanzado valores altos; sin embargo, los espesores de refractario del revestimiento de trabajo en esas regiones son de 49 mm de media más o menos en la región 52 localizada a la izquierda y de aproximadamente 76 mm para la región 52 localizada a la derecha. Para este recipiente, los valores de espesor inicial del revestimiento de trabajo fueron de 110 mm y la cuchara se retirará de servicio cuando el espesor de revestimiento alcance los 10 mm. Como se ha explicado anteriormente, las dos regiones 52 en la figura 4 son regiones a modo de ejemplo donde muy probablemente ha tenido lugar el afino (por ejemplo, el área 10 ilustrada en la figura 1) y las mediciones de espesor de refractario no han detectado este problema. Es decir, el acero fundido procedente de un ciclo de fusión anterior ha entrado naturalmente en pequeños huecos (por ejemplo, pequeñas aberturas con respecto al diámetro de la fuente de radiación) entre los ladrillos del recipiente no detectados por el sistema de escaneo de refractarios. Como tal, usar solo el sistema de escaneo para detectar tal problema tomaría más tiempo hasta que el afino se desarrollase aún más, de tal manera que el sistema de escaneo detectaría esas aberturas en el material refractario, o la probabilidad de que el sistema de escaneo no detecte el afino podría ser alta. Los resultados de las mediciones ilustradas en la figura 5, en una región del contenedor donde la temperatura de la superficie externa es alta y el espesor del refractario delgado, sugieren que existe un agujero en el revestimiento del recipiente en esa localización específica (por ejemplo, el área 14 ilustrada en la figura 1).

Como se muestra en la figura 6, el método para monitorizar la integridad de un contenedor que tiene una capa interna de un material refractario incluye las etapas de proporcionar un primer detector de radiación configurado para medir una temperatura de superficie externa del contenedor en 62; proporcionar una primera fuente de radiación configurada para medir un espesor del material refractario en 64; y, en 66, proporcionar un controlador central configurado para mostrar a un usuario la medición de la temperatura de superficie externa del contenedor y la medición del espesor del material refractario.

Como se muestra en la figura 7, el método para monitorizar la integridad de un recipiente metálico que tiene una capa interna de un material refractario incluye las etapas de medir una temperatura de superficie externa del contenedor con un primer detector de radiación en 72; medir un espesor del material refractario con una primera fuente de radiación en 74; y, en 76, mostrar a un usuario la medición de la temperatura de superficie externa del contenedor y la medición del espesor del material refractario.

Finalmente, un ejemplo de un dispositivo de control representativo o controlador 100 capaz de realizar operaciones de acuerdo con las realizaciones a modo de ejemplo expuestas anteriormente se ilustra en la figura 8. Puede usarse hardware, firmware, software o una combinación de los mismos para realizar las diversas etapas y operaciones descritas en el presente documento. En diversos ejemplos del objeto desvelado, el controlador central 30, el primer controlador 24 y/o el segundo controlador 28 de la figura 2, individualmente o en cualquier combinación, son parte de un sistema que contiene el dispositivo de control o controlador 100 en forma de una estructura de cálculo que puede usarse en relación con dicho sistema.

El controlador central a modo de ejemplo 100 adecuado para realizar las actividades descritas en las realizaciones a modo de ejemplo incluye un servidor 102, que corresponde al controlador 30 en la figura 2. Tal servidor 102 incluye un procesador central (CPU) 104 acoplado a una memoria de acceso aleatorio (RAM) 106 y a una memoria de solo lectura (ROM) 108. La ROM 108 también puede ser otros tipos de medios de almacenamiento para almacenar programas, tales como ROM programable (PROM), PROM borrable (EPROM), etc. El procesador 104 puede comunicarse con otros componentes internos y externos a través de la circuitería de entrada/salida (E/S) 110 y el bus 112 para proporcionar señales de control y similares. El procesador 104 realiza una diversidad de funciones como se conoce en la técnica, tal como lo dictan las instrucciones de software y/o firmware.

El servidor 102 también puede incluir uno o más dispositivos de almacenamiento de datos, incluyendo, por ejemplo, las unidades de disco duro y disco magnético flexible 114, las unidades de CD-ROM 116, y/u otro hardware capaz de leer y/o almacenar información, tal como un DVD, etc. En una realización, el software para realizar las etapas expuestas anteriormente puede almacenarse y distribuirse en un CD-ROM 118, un disquete 120 u otra forma de medios capaces de almacenar información de manera portátil. Estos medios de almacenamiento pueden insertarse y leerse en dispositivos tales como la unidad de CD-ROM 116, la unidad de disco 114, etc. El servidor 102 se acopla a una pantalla 122, que puede ser cualquier tipo de pantalla de presentación conocida, tales como pantallas LCD,

pantallas de plasma, tubos de rayos catódicos (CRT), etc. Puede proporcionarse una interfaz de entrada de usuario 124, que incluye uno o más mecanismos de interfaz de usuario, tales como un ratón, un teclado, un micrófono, un panel táctil, una pantalla táctil, un sistema de reconocimiento de voz, etc.

- 5 El servidor 102 puede acoplarse a otros dispositivos informáticos, tales como terminales de línea fija y/o inalámbricos y las aplicaciones asociadas, a través de una red. El servidor puede ser parte de una configuración de red más grande como en una red de área global (GAN), tal como la internet 126, que permite la conexión final a los diversos dispositivos de cliente de línea fija y/o móviles.
- 10 En la descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión completa de la invención reivindicada. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que pueden ponerse en práctica diversas realizaciones sin tales detalles específicos.

Como también se apreciará por los expertos en la materia, las realizaciones a modo de ejemplo pueden realizarse en un dispositivo de comunicación inalámbrica, una red de telecomunicaciones, como un método, o en un producto de programa informático. En consecuencia, las realizaciones a modo de ejemplo pueden adoptar la forma de una realización completamente de hardware o una realización que combina aspectos de hardware y de software. Además, las realizaciones a modo de ejemplo pueden adoptar la forma de un producto de programa informático almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones legibles por ordenador incorporadas en el medio. Puede utilizarse cualquier medio legible por ordenador adecuado, incluyendo discos duros, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD), dispositivos de almacenamiento óptico o dispositivos de almacenamiento magnético, tales como un disco magnético flexible o una cinta magnética. Otros ejemplos no limitativos de medios legibles por ordenador incluyen memorias de tipo flash u otros tipos de memorias conocidos.
- 20
- 25 La presente descripción escrita usa ejemplos del objeto desvelado para permitir que cualquier experto en la materia ponga en práctica el mismo, incluyendo la realización de cualquiera de los métodos incorporados. El alcance patentable del objeto se define por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Estos otros ejemplos están destinados a incluirse en el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar localizaciones de fallos potenciales en un contenedor metálico (2) protegido por una capa interna (6) de un material refractario,
5 comprendiendo dicho método las siguientes etapas:
 - (a) medir una temperatura de superficie externa del contenedor con un primer detector de radiación (22);
 - (b) medir un espesor del material refractario con una primera fuente de radiación (26);
estando el método caracterizado por las siguientes etapas:
 - 10 (c) proporcionar, mediante un controlador central (30), una presentación combinada en una misma representación de coordenadas mostrada en una pantalla de presentación (122) de una imagen que representa la temperatura de superficie externa del contenedor con una representación numérica del espesor de revestimiento local en una densidad de cuadrícula adecuada, e
 - 15 (d) identificar en las localizaciones de fallos potenciales de presentación combinada mediante una correlación entre los puntos calientes y la reducción local en el espesor de revestimiento.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer detector de radiación es un dispositivo termográfico (21) que comprende un primer controlador (24), estando dicho primer controlador (24) configurado para comunicarse con dicho controlador central (30).
20
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer detector de radiación es una pluralidad de dispositivos termográficos (21), comprendiendo cada uno de los mismos un primer controlador (24), estando cada uno de dichos controladores configurado para comunicarse con dicho controlador central (30).
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la medición de la temperatura de superficie y la medición del espesor de refractario se realizan de manera sustancialmente simultánea.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la medición del espesor se realiza con un sistema láser cinemático o mediante mediciones separadas usando sensores independientes.
30
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera fuente de radiación (26) comprende un segundo controlador (28) y la primera fuente de radiación (26) y el segundo controlador (28) están dispuestos en un soporte de posición fija.
- 35 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera fuente de radiación (26) comprende un segundo controlador (28), y la primera fuente de radiación (26) y el segundo controlador (28) están dispuestos en una unidad móvil.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un afino en una localización dentro del contenedor (2) se detecta mediante una correlación entre una medición de temperatura de superficie externa elevada por el primer detector de radiación (22) en una localización en la superficie exterior del contenedor correspondiente a la localización dentro del contenedor y mediante una medición de espesor de refractario normal en la localización dentro del contenedor.
40
9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se detecta una fluencia de metal fundido o un pequeño agujero en el material refractario (6) en una localización dentro del contenedor (2) mediante una correlación entre una medición de temperatura de superficie externa elevada por el primer detector de radiación (22) en una localización en la superficie externa del contenedor correspondiente a la localización dentro del contenedor y mediante una medición de espesor de refractario normal en la localización dentro del contenedor.
45
10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera fuente de radiación (26) se selecciona de entre uno de los siguientes:
50
 - un escáner dispuesto en un carro móvil que comprende un sistema de seguimiento y un sistema de contorneado montado en el mismo;
 - 55 • un sistema de contorneado configurado para medir datos de intervalo desde el sistema de contorneado a una superficie interna del material refractario.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenedor está configurado para usarse en un proceso de gasificación en la producción química y/o de energía, en un horno de arco eléctrico, en un horno de oxígeno básico, en una cuchara, en un alto horno, en un desgasificador o en un horno de descarburación con argón-oxígeno.
60

Fig. 1

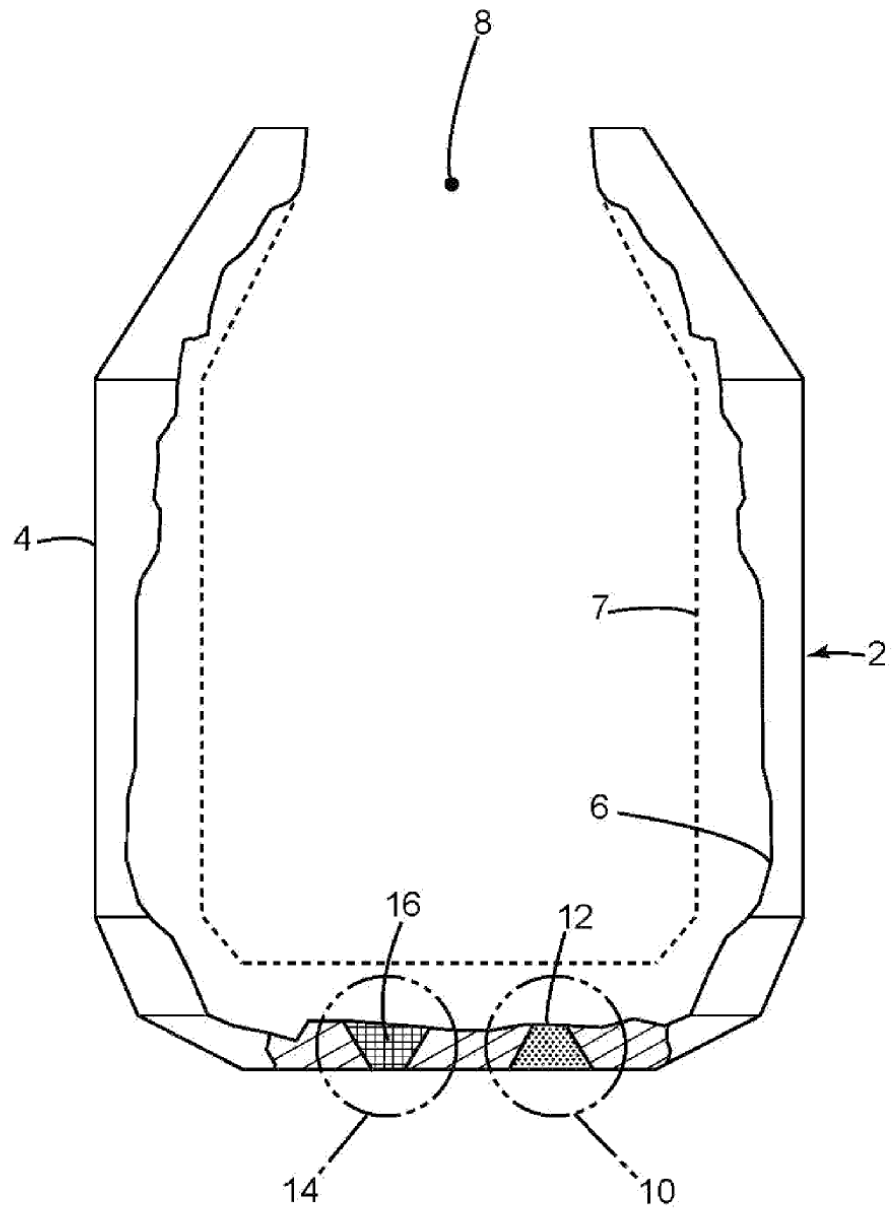
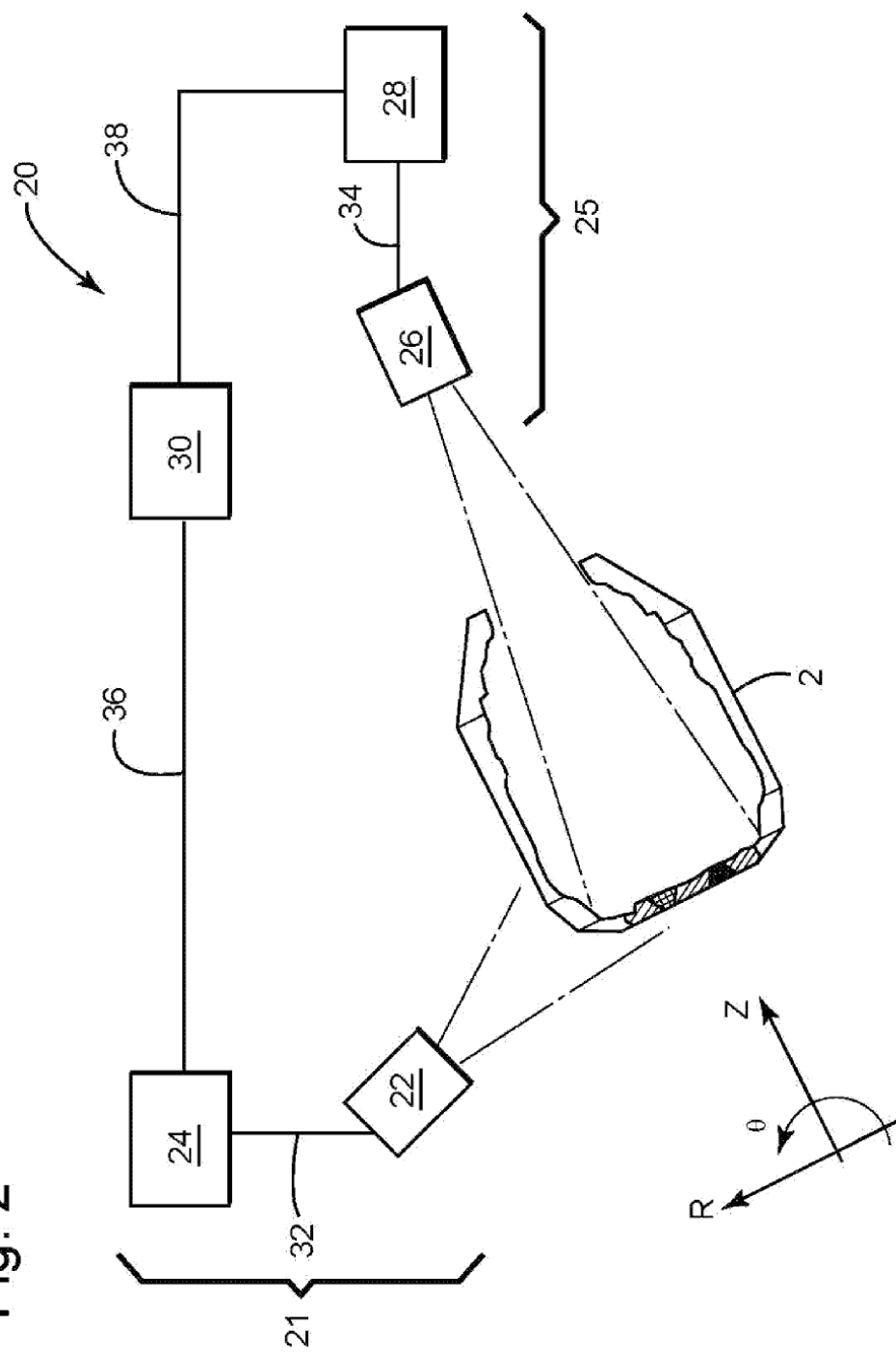


Fig. 2



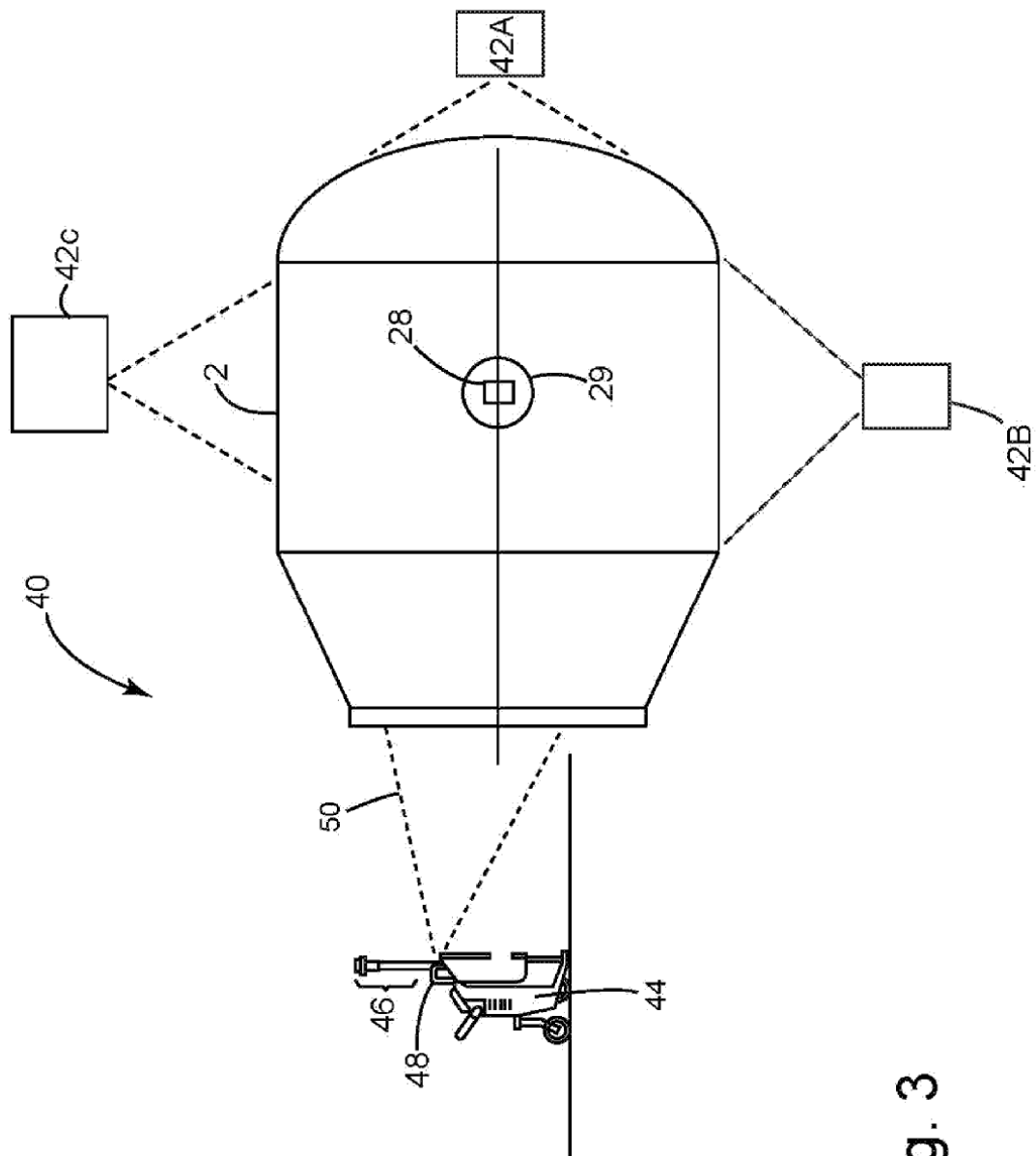


Fig. 3

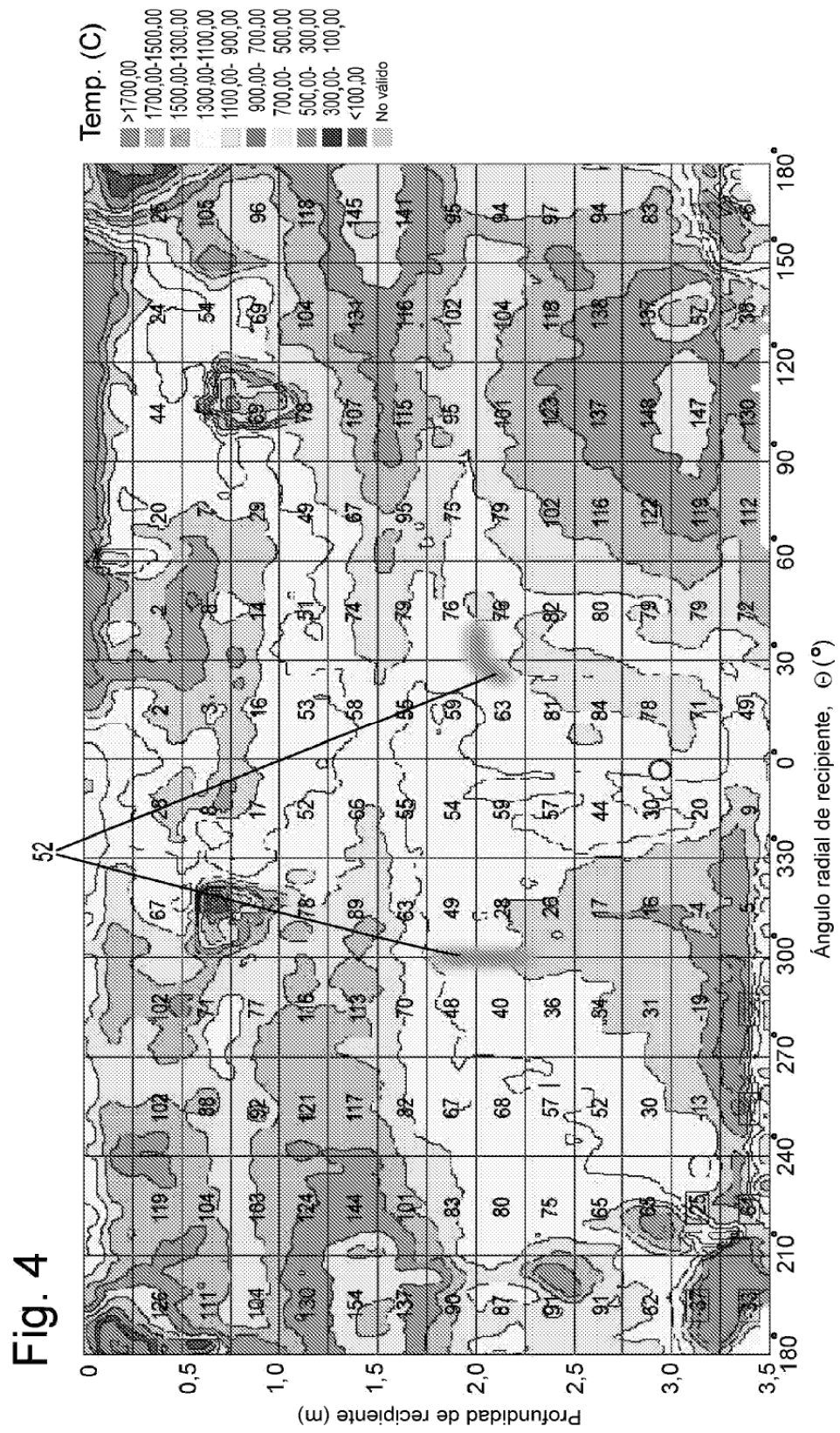


Figura 5

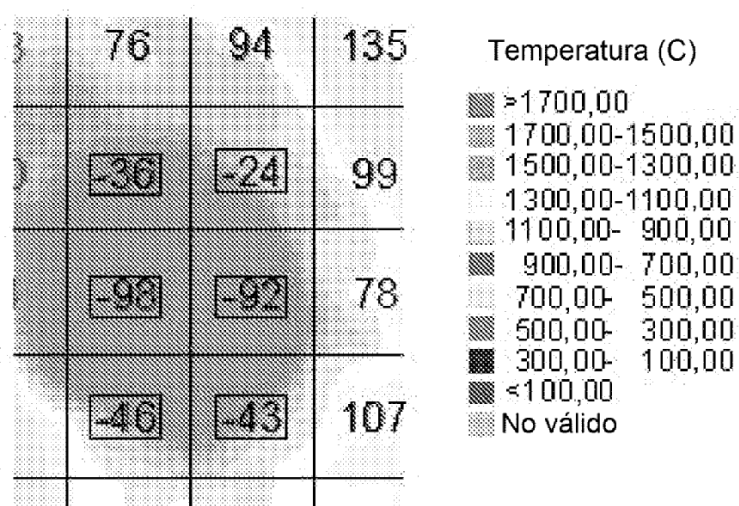


Figura 6

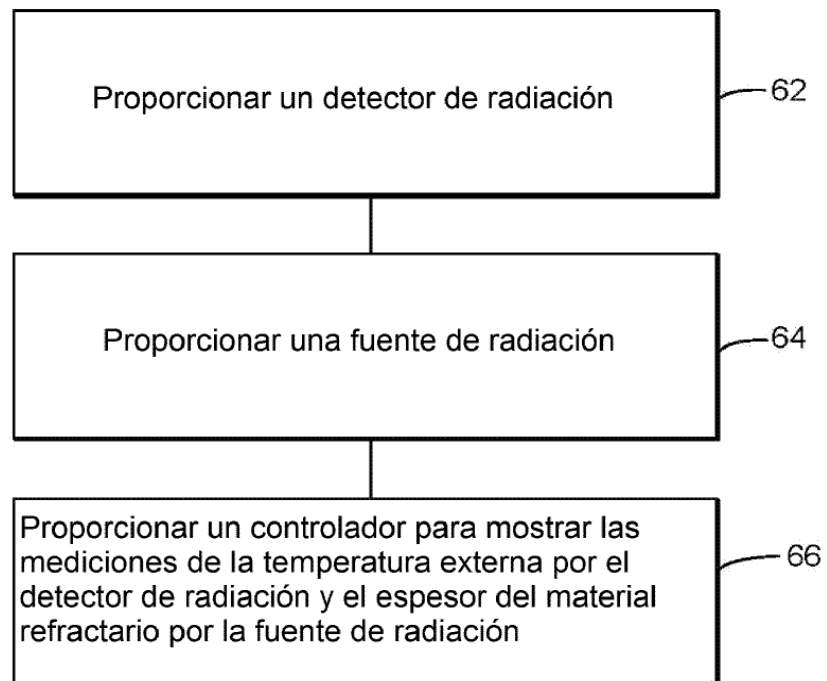


Figura 7

