

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 185**

51 Int. Cl.:

**C21B 7/04** (2006.01)

**C21B 9/06** (2006.01)

**F27D 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2017 E 17188998 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3450575**

54 Título: **Un método para detectar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario metalúrgico de un recipiente metalúrgico y un revestimiento refractario correspondiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.10.2020**

73 Titular/es:  
**REFRACTORY INTELLECTUAL PROPERTY  
GMBH & CO. KG (100.0%)  
Wienerbergstrasse 11  
1100 Wien, AT**

72 Inventor/es:  
**WAGNER, CHRISTOPH;  
LUIDOLD, STEFAN y  
KREUZER, DANIEL**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 788 185 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**

Un método para detectar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario metalúrgico de un recipiente metalúrgico y un revestimiento refractario correspondiente

5 La invención se refiere a un método para detectar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario en un recipiente metalúrgico, en el que un metal fundido se trata, y un revestimiento refractario correspondiente.

10 Para soportar las altas temperaturas de un metal fundido (frecuentemente a  $>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se sabe cómo proteger la cubierta exterior de un recipiente de tratamiento metalúrgico, en la mayoría de los casos, una construcción metálica, mediante un revestimiento refractario (resistente a elevada temperatura) en su interior.

15 Esto es cierto para los recipientes (como un cazo, artesa o similar) en el que se trata un metal ferroso como el acero, así como para aplicaciones de metales no ferrosos como en los convertidores Peirce-Smith, convertidores Teniente, u hornos de refinado de cobre en general, como se divulga en el documento CA2.760.352.

20 La corrosión del material revestimiento cerámico refractario en dichas operaciones pirometalúrgicas por el metal fundido y/o una correspondiente escoria no se puede evitar, y es una preocupación fundamental del operador del horno ya que el desgaste del material refractario o el fallo da como resultado, inevitablemente, una reducción en la eficacia de producción.

25 Se han realizado numerosos intentos para aumentar la vida útil del material refractario, pero incluso vidas útiles más largas dejan el problema de identificar un desgaste crítico del revestimiento refractario y la necesidad de una reparación o sustitución del revestimiento cerámico refractario.

30 Detectar y predecir la vida útil del material refractario es fundamental tener conocimiento de cualquier progreso de la corrosión durante la producción regular.

De acuerdo con la técnica anterior, la corrosión del material refractario se analiza por métodos visuales con la ayuda de orificios de inspección, mediante el cálculo de las transferencias de calor dentro del revestimiento remanente, así como por métodos ultrasónicos o electromagnéticos. Ninguno de estos métodos conocidos consigue resultados fiables sobre el desgaste del material de revestimiento refractario.

35 Por tanto, es un objetivo de la invención para proporcionar una alternativa para identificar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario en un recipiente metalúrgico, en particular, para identificar un revestimiento refractario para permitir un trabajo de reparación y/o sustitución adecuado del revestimiento refractario en un buen momento antes de que se pueda producir cualquier problema de funcionamiento grave.

40 Cada uno de los documentos CA 2.307.090 A1 y JP H11 217612 A divulgan un revestimiento refractario, que comprende ladrillos de detección, que contienen una sustancia de detección distribuida sobre el volumen de los ladrillos.

La invención se basa en las siguientes consideraciones:

45 La calidad (incluida el comportamiento de desgaste/resistencia al desgaste/resistencia a la corrosión) de los materiales cerámicos refractarios usados para revestir un recipiente metalúrgico se ha mejorado a lo largo de las últimas décadas. Incluso se puede mejorar adicionalmente, pero la vida útil (tiempo en servicio) de los elementos refractarios seguirá siendo finita.

50 En la medida que la invención no trata de las mejoras en la resistencia al desgaste de los materiales cerámicos refractarios, sino de hecho se centra en un nuevo concepto para diagnosticar su desgaste de forma fiable y está basado en los siguientes conocimientos:

- El desgaste se inicia en el denominado lado caliente de un revestimiento refractario, es decir, el lado interno del revestimiento, que se encuentra en contacto con el metal caliente y la correspondiente escoria.

55 - El desgaste se desarrolla desde el lado caliente hasta el lado frío del revestimiento, es decir, el lado externo del revestimiento, adyacente a la envoltura exterior del recipiente; en otras palabras: dependiendo del tiempo, el revestimiento se vuelve más fino. Dependiendo del material refractario y de la aplicación metalúrgica, el desgaste se puede desarrollar durante horas, días, meses o años hasta que alcanza un valor crítico. Se alcanza un  
60 desgaste crítico si el material refractario ya no puede cumplir con sus tareas de una forma fiable; en otras palabras: cuando el material de revestimiento haya alcanzado un espesor crítico remanente (profundidades).

- La invención permite identificar este espesor crítico integrando un indicador de desgaste (marcador) en el material cerámico refractario en ubicaciones predeterminadas, que se liberará desde el material cerámico y se descargará en un metal fundido y/o su escoria, cuando el revestimiento refractario se ha desgastado hasta una  
65 profundidad correspondiente.

- 5 - Los trazadores se definen como sustancias que normalmente no forman parte (como componente básico/normalizado) de la masa fundida y/o cualquier escoria correspondiente o que forman parte de la masa fundida/escoria en cantidades poco importantes (impurezas). Por tanto, estos trazadores pasan a formar parte del material cerámico del material de revestimiento refractario pero solamente en áreas del revestimiento, que están dispuestos a cierta distancia del lado caliente de un revestimiento nuevo, pero aún no utilizado.
- 10 - En consecuencia, cualquier desgaste del material de revestimiento refractario recientemente desarrollado no producirá ningún cambio en el comportamiento de desgaste en comparación con sistemas de la técnica anterior salvo que el desgaste haya reducido el espesor de este revestimiento hasta un grado predeterminado y los indicadores/trazadores mencionados se configurarán de forma libre y se moverán hacia el metal fundido y/o la correspondiente escoria, donde estos trazadores pueden identificarse mediante un análisis correspondiente (en particular, químico).
- 15 Esta enseñanza general es independiente de si el material refractario es un revestimiento monolítico, un revestimiento hecho de elementos conformados como ladrillos o una combinación de ambos. Siempre que el material refractario regular (normalizado) en el lado caliente del revestimiento se pierde/desgasta por corrosión o cualquier otro mecanismo de desgaste tal como un ataque metalúrgico, térmico, mecánico o químico, el efecto iguala las construcciones de la técnica anterior.
- 20 El efecto que se consigue mediante la invención solamente se inicia, cuando el material refractario se ha desgastado hasta una profundidad, donde el material de revestimiento refractario incluye estos ingredientes adicionales (trazadores). En ese caso, el desgaste adicional del material refractario produce el efecto de que estas sustancias extrañas se separen (liberen) del material cerámico refractario y transferirse al metal fundido y/o su escoria, cambiando de esta forma la composición química y/o las propiedades físicas de la masa fundida/escoria, que se puede detectar mediante las correspondientes pruebas (análisis) del metal fundido o escoria respectivamente. Por tanto, la invención incluye un revestimiento refractario con materiales trazadores integrados, así como un método para determinar un desgaste crítico de este revestimiento.
- 25 En su realización más general, la invención se refiere a un método para detectar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario en un recipiente metalúrgico, en el que un metal fundido se trata, en el que
- 30 - el revestimiento refractario se aplica a una o más capas del material cerámico refractario, dicha(s) capa(s) define(n) una superficie interior del revestimiento refractario, adyacente al metal fundido, y una superficie exterior del revestimiento refractario, adyacente a una envoltura exterior del recipiente metalúrgico, y
- 35 - el revestimiento refractario comprende, en áreas definidas y en cantidades definidas, al menos un trazador, que no es un componente básico del metal fundido o de una correspondiente escoria,
- 40 - analizar el metal fundido o la escoria o ambos al menos hasta que se identifique al menos un umbral predeterminado de dicho trazador en dicho metal fundido o dicha escoria, respectivamente, dicho umbral corresponde a un desgaste predeterminado del revestimiento refractario,
- 45 - solamente algunas secciones del revestimiento refractario comprende dicho al menos un trazador; y
- 50 - dichas secciones son espacios huecos comprendidos dentro de dicho revestimiento refractario.
- "Áreas definidas" son áreas dentro del revestimiento refractario (a una determinada distancia hasta la superficie caliente del nuevo revestimiento), que representan un desgaste del material de revestimiento hasta una cierto extensión (profundidad), donde el desgaste se va a detectar. "Cantidades definidas" son cantidades suficientes para detectarse (analizarse en forma de una masa fundida o componente de escoria una vez que el trazador se ha transferido a la masa fundida/escoria.
- 55 La invención comprende además un revestimiento refractario de un recipiente metalúrgico para el tratamiento de un metal fundido, en el que el revestimiento refractario
- 60 - está hecho de una o más capas de material cerámico refractario, dicha(s) capa(s) define(n) una superficie interior del revestimiento refractario, adyacente al metal fundido, y una superficie exterior del revestimiento refractario, adyacente a una envoltura exterior del recipiente metalúrgico, y comprende un indicador de desgaste, definido por al menos un trazador que está integrado en al menos una parte del material cerámico refractario a una distancia hasta la superficie interior de un revestimiento refractario, en la que dicha distancia corresponde a un desgaste predeterminado del revestimiento refractario a detectar;
- 65 - solamente algunas secciones del revestimiento refractario comprende dicho al menos un trazador; y
- dichas secciones son espacios huecos comprendidos dentro de dicho revestimiento refractario.
- El término "trazador" (=material trazador/sustancia trazadora/indicador) incluye metales detectores que reflejan un tipo importante de una sustancia, que se puede usar como "indicador de desgaste", ya que los metales trazadores se detectan con facilidad dentro del metal fundido, tratado dentro del recipiente metalúrgico, aunque se pueden usar otras sustancias también con este fin con la salvedad, que dichas sustancias deben ser detectables dentro del metal fundido y/o la correspondiente escoria, dentro del recipiente o una vez que la masa fundida/escoria se ha

descargado o vertido. Por tanto, se prefiere usar trazadores (sustancias) como metales u óxidos metálicos de detección, que no están presentes en el metal fundido o la escoria (o en cantidades poco importantes) y, por tanto, detectables incluso en muy pequeñas cantidades.

5 El beneficio de la invención es, que el desgaste del revestimiento refractario se puede detectar sin ningún orificio de inspección, sin ninguna medición de la transferencia de calor u otro equipo experimental. Por tanto, la invención también es aplicable a "construcciones de hornos cerrados" tales como un EAF (horno de arco eléctrico) sin ninguna abertura para inspecciones visuales.

10 Durante la producción industrial, siempre se realiza un análisis de los productos finales (en particular: el metal fundido tratado o la escoria (vertida) y por tanto la invención no requiere ningún gasto ni esfuerzo adicional salvo analizar un componente adicional (el trazador o trazadores en el metal fundido (aleación) o escoria.

15 El método también se puede usar como un indicador de emergencia, cuando se ha alcanzado un espesor mínimo del revestimiento refractario e impedir un lote fuera de normas.

20 Las zonas del revestimiento refractario "dopado" con dichos trazadores se puede extender a la totalidad del revestimiento o partes del mismo. A diferentes profundidades (distancias) hacia el lado interno caliente del revestimiento aún sin desgastar, se puede disponer diferentes trazadores o trazadores en diferentes concentraciones (cantidades) para permitir una detección escalonada del desgaste.

Como se ha mencionado, el tipo del revestimiento no es fundamental. El revestimiento refractario puede presentar

- 25
- una capa interior, que está hecha de ladrillos,
  - una capa exterior de ladrillos,
  - una capa exterior monolítica,
  - una capa interior monolítica,

30 o combinaciones de los mismos.

Normalmente, el indicador del desgaste (zona caracterizada por la presencia de uno o más trazadores) dentro del revestimiento refractario está dispuesto más cerca de su superficie exterior (el lado frío) que de su superficie interior (el lado caliente). En la totalidad de la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, la posición de los espacios huecos y de los trazadores se denomina como el "revestimiento nuevo", es decir, revestimiento aún no desgastado.

35 De acuerdo con una realización, el indicador del desgaste dentro del revestimiento refractario está organizada en una capa exterior del revestimiento refractario multicapa.

40 Los trazadores están distribuidos seccionalmente dentro del material cerámico refractario, lo que significa que solo determinadas secciones del revestimiento están dopadas con dichas sustancias trazadoras. Estas secciones son espacios huecos comprendidos dentro del material de revestimiento refractario, que se rellena, al menos parcialmente, con la una o más sustancias trazadoras. Estas secciones pueden ser secciones de mayor desgaste, por ejemplo, adyacentes a elementos de purga de gases, boquillas, etc. El trazador se puede preparar en forma de polvo, gránulos, aglomerados o similares.

45 Para evitar la sinterización del material trazador antes de su liberación en el metal fundido, se selecciona un material trazador con el correspondiente punto de fusión, por ejemplo, una sustancia trazadora basada en wolframio o circonio, con un punto de fusión de al menos cien grados por encima de la temperatura típica de un metal fundido.

50 En una aplicación en la que los trazadores están distribuidos seccionalmente dentro del material cerámico refractario, concretamente, a diferentes distancias en perpendicular a la superficie interior del (nuevo) revestimiento refractario y/o con una separación entre sí, la invención proporciona la posibilidad de proporcionar diferentes alertas para diferentes grados de desgaste, en particular, si se disponen diferentes indicadores (materiales trazadores) en diferentes posiciones (en particular, a diferentes profundidades) dentro del revestimiento refractario.

55 El tipo, cantidad y colocación de un trazador dentro del revestimiento cerámico refractario material se selecciona dependiendo de la indicación de desgaste deseada y dependiendo de la exactitud del método y del análisis para identificar el trazador en la masa fundida o escoria.

60 De acuerdo con una realización, el al menos un trazador comprende al menos un metal de detección y/o al menos una combinación/compuesto de metal de detección tal como un óxido de metal que no esté incluido en el metal fundido o escoria antes de que el al menos un trazador entra en contacto con el metal fundido y/o la escoria a detectar.

65 El uno o más trazadores del indicador de desgaste puede comprender al menos una sustancia del grupo: Aluminio (Al), Magnesio (Mg), Silicio (Si), Bario (Ba), Molibdeno (Mo) y Titanio (Ti), como metales, como óxidos o ambos.

Otros metales como Hf, V, Ni así como otros óxidos basados en -por ejemplo- La, Eu, Co, In etc. también son de utilidad.

5 El metal fundido puede ser un metal no ferroso fundido, tal como una masa fundida de cobre, o una masa fundida de acero.

La invención se describirá ahora con más detalle mediante un ejemplo y con referencia a la Figura adjunta que muestra de una forma esquemática:

una vista en sección de un revestimiento refractario de un convertidor Pierce-Smith

10 El convertidor Peirce-Smith que se muestra se utiliza para tratar un metal no ferroso fundido. Tiene un diámetro interno de 4 m y una longitud de 12 m, una capacidad de aproximadamente 300.000 kg de mata de cobre (alemán: Kupferstein) y un revestimiento refractario interior hecho de una capa interior 10 de ladrillo y una capa exterior 12 monolítica.

15 La capa 10 de ladrillo está hecha de ladrillos 10B de  $MgO-Cr_2O_3$ . Los ladrillos 10B son ladrillos ahusados convencionales de 150 mm de longitud, anchura de 78/65 mm (en ambos extremos) y 375 mm de altura, conformando así un volumen global de  $4020\text{ cm}^3$  por ladrillo.

20 La capa interior 10 de ladrillo va seguida por la capa exterior 12 refractaria monolítica adyacente a una cubierta exterior 14 metálica de dicho convertidor, en la que dicha capa 12 tiene un espesor de 20 mm (perpendicular a dicha envoltura 14).

25 La masa fundida de cobre y la correspondiente escoria (identificadas comúnmente como MS) están en contacto permanente con un lado caliente/superficie caliente 10H del revestimiento refractario, produciendo el desgaste del material de revestimiento. En la Fig. 1, diferentes grados de desgaste se identifican mediante las líneas W1 y W2, que se explicarán con mayor detalle a partir de ahora en el presente documento mediante ejemplos.

30 Se preparan espacios huecos H de un primer tipo dentro de algunos de los ladrillos 10B a una distancia "d" de la superficie caliente 10H de los ladrillos 10B aún no utilizados (nuevos) que se rellenan con un trazador T, concretamente, un polvo de BaO que tiene un tamaño del grano  $d_{50} < 100\ \mu\text{m}$ . La citada distancia "d" corresponde a un primer grado de desgaste, simbolizado por la línea W1. Como se muestra, esta "línea de desgaste" nunca es idealmente lineal, sino irregular, de acuerdo con el diferente desgaste en diferentes secciones. Por tanto, la disposición de los materiales trazadores siempre representa un comportamiento de desgaste promedio.

35 Si el desgaste ha llegado a uno o más de dichos espacios huecos H, el material trazador puede salir de dicho uno o más espacios huecos y fluir hacia el metal fundido y la escoria asociada, cambiando de esta forma la composición química de la escoria, correspondientemente.

40 Están dispuestos espacios huecos H\* adicionales en el extremo exterior (frío) de dichos ladrillos 10B, adyacentes a la capa exterior 12 monolítica, es decir, a una distancia "D\*" que es mayor que "d".

45 En el ejemplo mostrado, dichos espacios huecos 10H están distribuidos en las proximidades (no se muestra) de una zona de toberas (zona de purga de gas) del convertidor Peirce-Smith, es decir, en una parte del convertidor, que experimenta un elevado desgaste. Dichos espacios huecos H\* bien están distribuidos detrás de dichos espacios huecos H (como se muestra) en la zona de purga de gas y/o en otras partes del convertidor, que se caracterizan por un comportamiento de desgaste más moderado en comparación con las zonas de toberas.

50 Dichos espacios huecos H\* están rellenos con otro trazador, concretamente  $MoO_3$ , preparado como gránulos de  $MoO_3$ , 90 % de los cuales tienen un diámetro comprendido entre 0,1 y 1 mm.

55 En cuanto el desgaste llega a los espacios huecos H\* (véase la línea de desgaste W2, que corresponde aproximadamente a la distancia D) dicho trazador de  $MoO_3$  se liberará más o menos espontáneamente y después se puede analizar como parte de la escoria.

60 Las líneas de desgaste W1 y W2 -y, por tanto, la distribución de los espacios huecos H y H\*- se han establecido por el trabajador responsable para permitir identificar el correspondiente grado de desgaste que requiere reparación o sustitución del revestimiento refractario 10. En la práctica, los espacios huecos H y H\* se dispondrán en zonas diferentes, en una o más secciones y/o a una o más distancias hasta el lado caliente de un revestimiento refractario 10 nuevo. Cuanto más rápido sea el desgaste esperado, menor será la distancia "d/D" escogida para distribuir los espacios huecos, para poder realizar la correspondiente indicación del desgaste a su debido tiempo. Por tanto, la disposición presentada en la Figura solamente sirve para ilustrar el principio de la invención a modo de ejemplo.

65 Se asume ahora que una cantidad del trazado dentro de los huecos H se debe liberar (más o menos espontáneamente) desde el material refractario hasta la escoria de cobre. Los métodos de análisis y aparatos convencionales para escorias metálicas permiten un límite de detección para el bario de aproximadamente 50 ppm.

En correspondencia, una identificación fiable del desgaste requiere más que un límite de detección (umbral) de 50 ppm, por ejemplo 6 kg de BaO (liberado) en 100.000 kg de escoria, es decir, 60 ppm de BaO dentro de dicha escoria.

- 5 El BaO se escogió como un trazador adecuado porque, de forma típica, no hay bario en una escoria de cobre convencional, y el límite de detección del bario es bastante bajo. Un criterio adicional es que el BaO permanecerá durante mucho tiempo en la escoria.

- 10 El tamaño, número y distribución de los espacios huecos H o H\* respectivamente se selecciona dependiendo del desgaste esperado y la cantidad necesaria del trazador respectivo.

Durante el tratamiento de fusión dentro de dicho convertidor, la escoria se analiza químicamente después de determinados periodos.

- 15 Cuando el desgaste de la capa 10 de ladrillo ha alcanzado los espacios huecos H y el trazador BaO se libera desde dichos espacios huecos H en una cantidad que supera el límite de detección, solo se tardará un corto periodo de tiempo hasta que el trazador se pueda analizar como parte de la correspondiente escoria.

- 20 Debido a las características no nobles del trazador BaO (análogamente, por ejemplo al  $TiO_2$ ), en comparación con el hierro, dicho trazador se puede encontrar más o menos completamente en la fase de escoria siempre que no haya grandes cantidades de óxidos de hierro en dicha fase de escoria, y siempre que dichos óxidos de hierro no se reduzcan a hierro metálico. Disuelto en la fase de escoria, el trazador se puede detectar fácilmente con métodos de análisis convencionales.

- 25 Aunque  $TiO_2$  tiene un punto de fusión de 1855 °C, se disuelve en la escoria líquida en un contenido (porcentajes) moderado, y no forma ningún sólido ( $TiO_2$ ,  $FeTiO_3$ ,  $CaTiO_3$ ). Esto es comparable a los compuestos de escoria convencionales, que como sustancias puras muestran temperaturas de fusión significativamente más elevadas que las escorias convencionales ( $SiO_2$ : 1713 °C, CaO: 2580 °C, MgO: 2852 °C).

- 30 Esto es cierto, análogamente, en el caso de una escoria, aún no dopada por el trazador, que ya incluye BaO pero en una cantidad inferior al límite de detección de 50 ppm.

- 35 La detección del material trazador en la escoria como parte del método indica que el desgaste del ladrillo desgastado ha alcanzado los "espacios huecos H" o H\* y, por tanto, una profundidad "d" o "D" respectivamente. Cuando dicho desgaste "abre" esto(s) espacio(s), el trazador se libera en el metal fundido adyacente y desde allí a la correspondiente escoria. El correspondiente análisis químico proporciona al trabajador una indicación clara sobre el desgaste del ladrillo y de la vida útil residual del revestimiento refractario.

- 40 Un 3<sup>er</sup> grupo de espacios huecos H\*\* se distribuye por la capa exterior 12 en su superficie adyacente a los ladrillos 10B, y se rellena con un tercer tipo de trazador T\*\*. Resulta evidente que el desgaste del revestimiento hasta la correspondiente línea de desgaste W3 (=espacios H\*\*) representa una situación de emergencia, ya que los ladrillos 10B del revestimiento desgastado ya han desaparecido por completo y la seguridad del recipiente y del proceso metalúrgico ya solo depende del revestimiento permanente 12.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para detectar un desgaste predeterminado de un revestimiento refractario de un recipiente metalúrgico en el que se trata un metal fundido, en el que
- 5 a) el revestimiento refractario se aplica a una o más capas del material cerámico refractario, capa o capas que definen una superficie interior del revestimiento refractario, adyacente al metal fundido, y una superficie exterior del revestimiento refractario, adyacente a una envoltura exterior del recipiente metalúrgico, y
- 10 b) el revestimiento refractario comprende, en áreas definidas y en cantidades definidas, al menos un trazador, que no es un componente básico del metal fundido o de una correspondiente escoria,
- c) analizar el metal fundido o la escoria o ambos al menos hasta que se identifique al menos un umbral predeterminado de dicho trazador en dicho metal fundido o dicha escoria, respectivamente, umbral que corresponde a un desgaste predeterminado del revestimiento refractario;
- 15 d) solamente algunas secciones del revestimiento refractario comprenden dicho al menos un trazador; y
- e) dichas secciones son espacios huecos comprendidos dentro de dicho revestimiento refractario.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el análisis del metal fundido o de la escoria o de ambos se hace de forma continua.
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el análisis del metal fundido o de la escoria o de ambos se hace de forma periódica.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa un revestimiento refractario sin ningún trazador en una sección del revestimiento refractario adyacente a su superficie interior, en su estado primario.
- 25 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa un revestimiento refractario en el que el trazador se distribuye más cerca de la superficie exterior del revestimiento refractario que de su superficie interior.
- 30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa un revestimiento refractario en el que el trazador se distribuye en una capa exterior de un revestimiento refractario multicapa.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa un revestimiento refractario en el que el trazador se distribuye seccionalmente dentro del material cerámico refractario.
- 35 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa un revestimiento refractario en el que uno o más trazadores se distribuyen seccionalmente dentro del material cerámico refractario a diferentes distancias perpendiculares a la superficie interior del revestimiento refractario.
- 40 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que se usan diferentes trazadores en secciones de diferente distancia perpendicular a la superficie interior del revestimiento refractario.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que usa al menos un óxido de metal como trazador, óxido de metal que no es un componente de la escoria antes de que el trazador entre en contacto con la escoria a analizar.
- 45 11. Un revestimiento refractario (10) de un recipiente metalúrgico para el tratamiento de un metal fundido, en el que el revestimiento refractario (10)
- a) está hecho de una o más capas de material cerámico refractario, capa o capas que definen una superficie interior (10H) del revestimiento refractario (10), adyacente al metal fundido (MS), y una superficie exterior del revestimiento refractario (10), adyacente a una envoltura exterior (14) del recipiente metalúrgico, y
- 50 b) comprende un indicador de desgaste, definido por al menos un trazador (T) que está integrado en al menos una parte del material cerámico refractario a una distancia hasta la superficie interior (10H) del revestimiento refractario (10), en donde dicha distancia corresponde a un desgaste predeterminado (d) del revestimiento refractario (10) a detectar; **caracterizado por que**
- 55 c) solamente algunas secciones del revestimiento refractario comprenden dicho al menos un trazador; y
- d) dichas secciones son espacios huecos comprendidos dentro de dicho revestimiento refractario.

