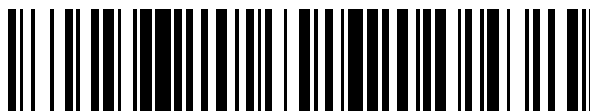


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 242**

51 Int. Cl.:

**C21C 5/46** (2006.01)

**F27B 3/28** (2006.01)

**F27D 21/00** (2006.01)

**C21C 5/52** (2006.01)

**F27D 19/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2014 PCT/IB2014/060638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167532**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2014 E 14721018 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2984189**

54 Título: **Aparato para mediciones de temperatura de un baño fundido, en una instalación de inyección por lanza sumergida desde arriba**

30 Prioridad:

**12.04.2013 AU 2013204818**

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

**05.10.2017**

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)  
Rauhalanpuisto 9  
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**MATUSEWICZ, ROBERT, W. y  
GRANT, JOHN, ROBIN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 636 242 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

Aparato para mediciones de temperatura de un baño fundido, en una instalación de inyección por lanza sumergida desde arriba

### Sector técnico

- 5 Esta invención se refiere a un aparato para la medición de la temperatura en el curso de una operación pirometalúrgica en baño fundido, conducida por un proceso de inyección por lanza sumergida desde arriba.

### Antecedentes de la invención

La fundición en baño fundido u otras operaciones pirometalúrgicas que requieren interacción entre el baño y una fuente de gas con contenido de oxígeno utilizan varias disposiciones diferentes para la alimentación del gas. En general, estas operaciones involucran la inyección directa en la mata/el metal fundido. Esto puede ser mediante toberas de soplado inferior, tal como en un horno tipo de Bessemer, o toberas de soplado lateral, tal como en un transportador de tipo Peirce-Smith. Alternativamente, la inyección de gas puede ser por medio de una lanza para proporcionar soplado superior o bien inyección sumergida. Son ejemplos de inyección por lanza de soplado superior las plantas de fabricación de acero KALDO y BOP/BOF, en las que se sopla oxígeno puro desde encima del baño para producir acero a partir de hierro fundido. Proporciona otro ejemplo el proceso de cobre Mitsubishi, en el que unas lanzas de inyección hacen que se proporcionen chorros que contienen oxígeno a las etapas de fundición y de mata, para incidir sobre la superficie superior del baño y penetrarla, respectivamente para producir y para transformar mata de cobre. En el caso de inyección por lanza sumergida, el extremo inferior de la lanza está sumergido, de tal modo que la inyección se produce desde dentro y no desde encima de una capa de escoria del baño, para proporcionar una inyección por lanza sumergida desde arriba, de la cual es un ejemplo bien conocido la tecnología de lanza sumergida desde arriba Outotec AUSMELT, que se aplica a una amplia gama de procesamiento de metales.

Con ambas formas de inyección desde arriba, es decir, con inyección de soplado superior y de lanza sumergida desde arriba, la lanza está sometida a las intensas temperaturas predominantes en el baño. El soplado desde arriba en el proceso de cobre Mitsubishi utiliza una serie de lanzas de acero relativamente pequeñas que tienen un tubo interior de aproximadamente 50 mm de diámetro y un tubo exterior de aproximadamente 100 mm de diámetro. El tubo interior termina aproximadamente al nivel del techo del horno, muy por encima de la zona de reacción. El tubo exterior es giratorio para impedir que se adhiera al cuello refrigerado por agua en el techo del horno, y se extiende hacia abajo al espacio de gases del horno para posicionar su extremo inferior aproximadamente 500-800 mm por encima de la superficie superior del baño fundido. Se sopla a través del tubo interior una alimentación de partículas arrastradas en aire, sopándose al mismo tiempo aire enriquecido en oxígeno a través del anillo entre los tubos. A pesar de la separación del extremo inferior del tubo exterior sobre la superficie del baño, y de cualquier refrigeración de la lanza mediante los gases que pasan a su través, se queman aproximadamente 400 mm del tubo exterior al día. Por lo tanto, el tubo exterior se baja lentamente y, cuando es necesario, se acoplan nuevas secciones a la parte superior del tubo exterior consumible.

Las lanzas para la inyección por lanza sumergida desde arriba son mucho más largas que las utilizadas para soplado desde arriba, tal como en el proceso Mitsubishi descrito anteriormente. Habitualmente, una lanza de inyección sumergida desde arriba tiene por lo menos un tubo interior y uno exterior, tal como se supone en adelante, pero puede tener por lo menos otro tubo concéntrico con los tubos interior y exterior. Las típicas lanzas de inyección sumergidas desde arriba de gran tamaño tienen un diámetro del tubo exterior de 200 a 500 mm, o mayor. Asimismo, la lanza es mucho más larga y se extiende hacia abajo a través del techo del reactor de lanza sumergida desde arriba, que puede tener aproximadamente de 10 a 15 m de altura, de tal modo que el extremo inferior del tubo exterior está sumergido a una profundidad de hasta aproximadamente 300 mm o más en una fase de escoria fundida del baño, pero está protegido por un recubrimiento de escoria solidificada, formada y mantenida sobre la superficie exterior del tubo exterior mediante la acción de refrigeración del flujo de gas inyectado en el interior. El tubo interior puede terminar aproximadamente al mismo nivel que el tubo exterior, o a un nivel superior hasta 1000 mm por encima del extremo inferior del tubo exterior. Por lo tanto, puede ser el caso que esté sumergido el extremo inferior de solamente el tubo exterior. En cualquier caso, una paleta helicoidal u otro dispositivo de conformación de flujo puede estar montada sobre la superficie exterior del tubo interior, abarcando el espacio anular entre los tubos interior y exterior. La paleta imparte una fuerte acción de remolino a un chorro enriquecido con aire o con oxígeno, a lo largo del anillo, y sirve para incrementar el efecto de refrigeración así como para asegurar que el gas se mezcla bien con combustible y material de alimentación suministrado a través del tubo interior, produciéndose la mezcla sustancialmente en una cámara de mezcla definida por el tubo exterior, por debajo del extremo inferior del tubo interior, donde el tubo interior termina a una distancia suficiente por encima del extremo inferior del tubo exterior.

55 El tubo exterior de la lanza de inyección sumergida desde arriba se desgasta y se quema en su extremo inferior, pero a una velocidad considerablemente reducida por el recubrimiento de escoria solidificada protectora, en comparación con el caso sin recubrimiento. No obstante, esto se controla en buena medida mediante el modo de funcionamiento de la tecnología de lanza sumergida desde arriba. Dicho modo de funcionamiento hace viable la tecnología a pesar de que el extremo inferior de la lanza está sumergido en el entorno extremadamente reactivo y

corrosivo del baño de escoria fundida. El tubo interior de una lanza de inyección sumergida desde arriba puede ser utilizado para suministrar materiales de alimentación, tales como concentrados, fundentes y reductores a inyectar en una capa de escoria del baño, o puede ser utilizado para combustible. Un gas que contiene oxígeno, tal como aire o aire enriquecido con oxígeno, es alimentado a través del anillo entre los tubos. Antes de que comience la inyección sumergida en el interior de la capa de escoria del baño, la lanza se posiciona con su extremo inferior, es decir, el extremo inferior del tubo exterior, separado a una distancia adecuada por encima de la superficie de la escoria. Gas con contenido de oxígeno y combustible, tal como fueloil, carbón fino o gas de hidrocarburos, se suministra a la lanza, y se quema una mezcla resultante de oxígeno/combustible para generar un chorro de llama que incide sobre la escoria. Esto hace que la escoria salpique para formar, sobre el tubo exterior de la lanza, la capa de escoria que se solidifica mediante el flujo de gas que pasa través de la lanza para proporcionar el recubrimiento de escoria sólida mencionado anteriormente. La lanza se puede bajar a continuación para conseguir la inyección dentro de la escoria, con el paso continuo del gas con contenido de oxígeno a través de la lanza manteniendo el tramo inferior de la lanza una temperatura a la que el recubrimiento de escoria solidificada se mantiene y protege el tubo exterior.

Normalmente, una nueva lanza de inyección sumergida desde arriba tiene posiciones relativas para los extremos inferiores de los tubos exterior e interior que son óptimas para una ventana de funcionamiento pirometalúrgica particular determinada durante el diseño. Las posiciones relativas pueden ser diferentes para utilizations diferentes de procesos de lanza sumergida desde arriba. Sin embargo, la longitud de cualquier cámara de mezcla formada entre el extremo inferior del tubo interior y el del tubo exterior cae progresivamente por debajo del óptimo para una operación pirometalúrgica determinada, dado que el extremo inferior del tubo exterior se desgasta y se quema lentamente. Análogamente, si no hay ningún margen entre los extremos inferiores de los tubos exterior e interior, el extremo inferior del tubo interior puede quedar expuesto a la escoria, y asimismo desgastarse y estar sujeto a combustión. A intervalos, es necesario cortar el extremo inferior de por lo menos el tubo exterior para proporcionar un borde limpio al que se suelda de una longitud de tubo del diámetro apropiado, con el fin de restablecer las posiciones relativas óptimas de los extremos inferiores del tubo para así optimizar las condiciones de la fundición.

Tanto con las lanzas de soplado desde arriba como con las lanzas de inyección sumergidas desde arriba, ha habido propuestas para refrigerar el fluido con el fin de proteger la lanza frente a las altas temperaturas que se encuentran en los procesos pirometalúrgicos. Se dan a conocer ejemplos de lanzas refrigeradas por fluido para soplado desde arriba en las patentes de EE.UU.:

- 3.223.398, de Bertram y otros,.
- 30 3.269.829, de Belkin,
- 3.321.139, de De Saint Martin,
- 3.338.570, de Zimmer,
- 3.411.716, de Stephan y otros,
- 3.488.044, de Shepherd,
- 35 3.730.505, de Ramacciotti y otros,
- 3.802.681, de Pfeifer,
- 3.828.850, de McMinn y otros,
- 3.876.190, de Johnstone y otros,
- 3.889.933, de Jaquay,
- 40 4.097.030, de Desaar,
- 4.396.182, de Schaffar y otros,
- 4.541.617, de Okane y otros; y
- 6.565.800, de Dunne.

Todas estas referencias, con la excepción de 3.223.398 de Bertram y otros, y de 3.269.829 a Belkin, utilizan los tubos concéntricos más exteriores dispuestos para habilitar el flujo de fluido hasta la punta de salida de la lanza a lo largo de un paso de alimentación y de vuelta a la punta a lo largo de un paso de retorno, aunque Bertram y otros utilizan una variante en la que dicho flujo está limitado a una parte de tobera de la lanza. Aunque Belkin proporciona agua de refrigeración, ésta pasa a través de salidas a lo largo de la longitud de un tubo interior para mezclarse con oxígeno alimentado a lo largo de un paso anular entre el tubo interior y el tubo exterior, para ser inyectada como vapor con el oxígeno. El calentamiento y la evaporación del agua proporcionan la refrigeración de la lanza de Belkin, indicándose al mismo tiempo que el vapor generado e inyectado devuelve calor al baño.

Las patentes de EE.UU. 3.521.872 de Themelis, 4.023.676 de Bennett y otros, y 4.326.701 de Hayden, Jr. y otros, afirman dar a conocer lanzas para inyección sumergida. La propuesta de Themelis es similar a la de la memoria US 3.269.829 de Belkin. Cada una utiliza una lanza refrigerada añadiendo agua al flujo de gas y se basa en la evaporación hacia el vapor inyectado, una disposición que no es igual que refrigerar la lanza con agua mediante transferencia de calor en un sistema cerrado. Sin embargo, la disposición de Themelis no tiene un tubo interior, y el gas y el agua son alimentados a lo largo de un único tubo en el que se evapora el agua. La propuesta de Bennett y otros, aunque es denominada lanza, se parece más a una tobera dado que inyecta, por debajo de la superficie del metal ferroso fundido, a través de la pared periférica de un horno en el que está contenido el metal fundido. En la propuesta de Bennett y otros, unos tubos concéntricos para inyección se extienden en el interior de un manguito cerámico mientras se hace circular agua de refrigeración a través de unos tubos encapsulados en la cerámica. En el caso de Hayden, Jr. y otros, la disposición de fluido de refrigeración se realiza solamente en una extensión superior de la lanza, mientras que la extensión inferior hasta el extremo de salida sumergible comprende un único tubo encapsulado en cemento refractario.

Las limitaciones de las propuestas de la técnica anterior han sido destacadas por Themelis. La discusión se refiere al refinamiento de cobre mediante inyección de oxígeno. Aunque el cobre tiene un punto de fusión de aproximadamente 1085 °C, Themelis señala que la refinación se realiza a una temperatura sobrecalentada desde aproximadamente 1140 °C hasta 1195 °C. A dichas temperaturas, las lanzas del mejor acero inoxidable o de las mejores aleaciones de acero tienen que ser muy resistentes. Por lo tanto, incluso las lanzas de soplado desde arriba utilizan habitualmente refrigeración por fluido circulante o, en el caso de las lanzas sumergidas de Bennett y Hayden, Jr. y otros, un recubrimiento refractario o cerámico. El avance de US 3.269.829 de Belkin, y la mejora sobre Belkin proporcionada por Themelis, consiste en utilizar la potente refrigeración que se puede conseguir mediante la evaporación de agua mezclada dentro del gas inyectado. En cada caso, la evaporación se tiene que conseguir dentro de la lanza, y para refrigerarla. La mejora de Themelis sobre Belkin está en la atomización del agua refrigerante antes de su alimentación a la lanza, evitando los riesgos de fallo estructural de la lanza y de una explosión provocada por la inyección de agua líquida en el interior del metal fundido.

La patente de EE.UU. 6.565.800 de Dunne da a conocer una lanza de inyección de sólidos para inyectar material de partículas sólidas en un material fundido, utilizando un soporte no reactivo. Es decir, la lanza se utiliza simplemente para transportar el material en partículas a la masa fundida, y no como un dispositivo que habilite el mezclado y la combustión de materiales. La lanza tiene un tubo interno central a cuyo través se sopla el material en partículas y, en contacto térmico directo con la superficie exterior del tubo central, una camisa de doble pared a través de la cual se puede hacer circular un refrigerante, tal como agua. La camisa se extiende a lo largo de una parte de la longitud del tubo central, dejando a la vista un tramo sobresaliente del tubo central en el extremo de salida de la lanza. La lanza tiene una longitud de por lo menos 1,5 metros y, a partir de dibujos realistas, es evidente que el diámetro exterior de la camisa es del orden de aproximadamente 12 cm, siendo el diámetro interior del tubo central del orden de aproximadamente 4 cm. La camisa comprende tramos sucesivos soldados entre sí, siendo los tramos principales de acero y la sección extrema próxima al extremo de salida de la lanza siendo de cobre o de una aleación de cobre. El extremo de salida sobresaliente del tubo interior es de acero inoxidable que, para facilitar su sustitución, está conectado al tramo principal del tubo interior mediante un acoplamiento a rosca de tornillo.

Se indica que la lanza del documento US 6.565.800 de Dunne es adecuada para su utilización en el proceso Hismelt para la fabricación de material ferroso fundido, habilitando la lanza la inyección de material de alimentación de óxido de hierro y de un reductor carbonoso. En este contexto, la lanza está expuesta a condiciones hostiles, incluyendo temperaturas de funcionamiento del orden de 1400 °C. Sin embargo, tal como se ha indicado anteriormente haciendo referencia a Themelis, el cobre tiene un punto de fusión de 1085 °C, e incluso a temperaturas de aproximadamente 1140 °C a 1195 °C, los aceros inoxidables tienen muy poca resistencia. Quizás la propuesta de Dunne es adecuada para su utilización en el contexto del proceso Hismelt, dadas la elevada relación de aproximadamente 8:1 de la sección transversal de la camisa de refrigeración frente a la sección transversal del tubo central, y las pequeñas secciones transversales globales involucradas. La lanza de Dunne no es una lanza de inyección sumergida desde arriba, ni es adecuada para su utilización en tecnología de lanza sumergida desde arriba.

Se dan a conocer ejemplos de lanzas para utilización en procesos pirometalúrgicos basados en tecnología de lanza sumergida desde arriba en las patentes de EE.UU. 4.251.271 y 5.251.879, ambas de Floyd, y 5.308.043 de Floyd y otros. Tal como se ha detallado anteriormente, inicialmente se salpica escoria utilizando la lanza antes de iniciar una operación pirometalúrgica, para un periodo de soplado desde arriba sobre una capa de escoria fundida. El soplado desde arriba hace que salpique escoria para formar un recubrimiento de escoria sobre la extensión inferior de la lanza, siendo solidificado el recubrimiento de escoria mediante un gas soplado a alta velocidad desde arriba que genera las salpicaduras, para conseguir un recubrimiento protector de escoria sólida sobre la lanza. El recubrimiento de escoria sólida se mantiene durante la inyección sumergida desde arriba en el interior de la escoria, a pesar de que la lanza se baja para sumergir el extremo inferior de salida en la capa de escoria con el fin de habilitar la requerida inyección por lanza sumergida desde arriba en el interior de la escoria. Las lanzas de las patentes de EE.UU. 4.251.271 y 5.251.879, ambas de Floyd, funcionan de este modo con la refrigeración manteniendo la capa de escoria sólida exclusivamente mediante gas inyectado, en el caso de la patente de EE.UU. 4.251.271, y mediante gas más gas soplado a través de un tubo de cubierta, en el caso de la patente de EE.UU. 5.251.879. Sin embargo, con la patente de EE.UU. 5.308.043 de Floyd y otros, se proporciona refrigeración, además de la proporcionada por

el gas inyectado y el gas soplado a través de un tubo de cubierta, mediante un fluido de refrigeración que circula a través de pasos anulares definidos por los tres tubos exteriores de la lanza. Esto se hace posible mediante la disposición de una punta anular de acero sólido de aleación que, en el extremo de salida de la lanza, une el más exterior y el más interior de dichos tres tubos alrededor de la circunferencia de la lanza. La punta anular se refrigera mediante gas inyectado y asimismo mediante fluido refrigerante que fluye a través de una cara extrema superior de la punta. La forma sólida de la punta anular, y su fabricación de una aleación de acero, tiene como resultado que la punta tiene un buen nivel de resistencia al desgaste y a la combustión. La disposición es tal que se puede conseguir una vida útil práctica con la lanza antes de que sea necesario sustituir la punta para proteger contra un riesgo de fallo de la lanza que permita que se descargue el fluido refrigerante en el interior del baño fundido.

Se dan a conocer otros ejemplos de lanzas para su utilización en tecnología de lanza sumergida desde arriba en las solicitudes en tramitación con la presente WO2013/000.017, WO2013/029.092 y PCT/IB2012/056.714. La invención de WO2013/000.017 se refiere a una lanza de inyección sumergida desde arriba que tiene por lo menos tubos interior y exterior sustancialmente concéntricos, siendo las posiciones relativas del tubo exterior y de un siguiente tubo más interior ajustables longitudinalmente para permitir mantener una cámara de mezcla, en sus extremos de salida inferiores, en una configuración deseada durante un periodo de utilización con el fin de compensar el desgaste y la combustión del extremo inferior del tubo exterior. La invención de WO2013/029.092 se refiere a una lanza de inyección sumergida desde arriba que tiene por lo menos tubos interior y exterior, una cubierta alrededor del tubo exterior y separada del mismo, estando la cubierta ajustada longitudinalmente con respecto al tubo exterior de la lanza para permitir el mantenimiento, o la variación de una separación longitudinal entre los extremos de salida de la cubierta y el tubo exterior. La solicitud PCT/IB2012/056.714 da a conocer una lanza de inyección sumergida desde arriba que tiene una disposición para la circulación de un fluido refrigerante, en la que un estrechamiento en el extremo inferior de la lanza provoca un aumento en la velocidad del flujo del fluido entre una pared extrema para un flujo de retorno de fluido refrigerante a lo largo del tubo más exterior de la lanza.

Las operaciones pirometalúrgicas conducidas tanto con inyección por soplado desde arriba como con inyección por lanza sumergida desde arriba generan temperaturas del baño muy elevadas, llegando hasta aproximadamente 1650 °C en casos extremos posibilitados por la tecnología de lanza sumergida desde arriba. Sin embargo, la determinación precisa de la temperatura en los procesos de fundición en baño fundido es crítica para el control del proceso y el funcionamiento óptimo. En algunos casos, es necesario que la temperatura del baño se mantenga dentro de un intervalo relativamente estrecho, mientras que otras operaciones tienen que poder pasar de un nivel de temperatura del baño a otro, en cambios entre etapas del proceso. En cualquier caso, un funcionamiento a la mínima temperatura practicable proporciona el funcionamiento más eficiente en términos de coste e impacto medioambiental.

Tradicionalmente las temperaturas del baño se han medido, o como mínimo se han deducido, mediante procedimientos que involucran la utilización de:

- (i) termopares que están montados en una pared lateral de un reactor, e incorporados en, o bien sobresaliendo a través de un revestimiento refractario de la vasija del reactor;
- (ii) termopares que están situados en arquetas de descarga o vertederos;
- (iii) un examen del grosor de los recubrimientos del baño solidificados sobre varillas de inmersión frías; y/o
- (iv) pirómetros montados en orificios o en el techo.

Sin embargo, otros procedimientos más recientes proponen incluir tubos térmicos, fibras ópticas y técnicas de infrarrojos.

Los procedimientos tradicionales han acusado problemas de unos elevados costes fijos y de mantenimiento, de fiabilidad, imprecisión e interferencia, tal como por gases emitidos y humos, aunque la pirometría mediante pirómetros montados en el techo o en orificios ha demostrado ser útil solamente en algunas circunstancias. Los procedimientos más recientes tienen aún que demostrar que son fiables o comercialmente viables.

Se ha utilizado de diversas maneras termometría óptica basada en técnicas de infrarrojos. Un documento titulado "The Benefits of Fixed Thermal Imaging", de Kresch, publicado en 2010 en Process Heating Magazine, señala que la cantidad de energía radiada desde un objeto es una función de la emisividad y de la temperatura de los objetos. Kresch indica que una cámara de formación de imágenes térmicas puede identificar puntos fríos o calientes midiendo variaciones en la temperatura superficial, para permitir el ajuste de parámetros del proceso para una productividad y una capacidad mayores. En cambio, se dice que los sensores de puntos IR son capaces solamente de una lectura de temperatura de un solo punto. Kresch contempla la aplicación de cámaras térmicas instaladas en puntos adecuados en una incineradora, para permitir la prevención de grandes incendios provocados por basura quemada no detectada. Muchas otras partes han propuesto o utilizado cámaras térmicas para monitorizar un flujo de acero durante su vertido, para permitir la finalización del vertido en cuanto se detecta escoria en el flujo.

Un documento titulado "Incredible Infrared" de Canfield y otros, publicado en Process Heating Magazine en enero de 2009, se refiere a la utilización de sensores IR que miden asimismo la energía IR emitida desde un cuerpo, en

función de la temperatura y la emisividad del cuerpo. Sin embargo, a diferencia de la transformación de energía radiada detectada en una imagen que puede ser presentada en una pantalla, utilizando una cámara térmica, los sensores IR focalizan la energía emitida sobre un detector que genera una señal eléctrica que puede ser amplificada y presentada como una lectura de temperatura. Igual que las cámaras térmicas, los sensores pueden ser utilizados en objetos o cuerpos, tanto fijos como móviles. Canfield y otros se refieren a la medición de la temperatura de un recubrimiento aplicado a una lámina continua y que se cura sobre la misma. Se indica que los sensores IR pueden recibir energía emitida desde una gran superficie o un punto pequeño en un objeto. Un artículo similar de Starrh, titulado "Spectral Manoeuvres" y publicado en junio/julio de 2007 en Industrial Automation Asia, páginas 53-54, al describir termómetros o sensores IR, discute la importancia del tamaño del blanco en relación con el tamaño del punto o del campo de visión de los sensores. Se indica que los sensores tienen una relación entre la distancia del sensor al blanco y el diámetro del punto que puede variar desde modelos de 2:1 hasta un modelo más costoso de 300:1. El artículo de Starrh se ilustra asimismo haciendo referencia a un recubrimiento aplicado a una banda y curándose sobre la misma, en este caso formando un material laminado. Asimismo, la página web de Raytek en [www.raytek.com](http://www.raytek.com) detalla, en "Success Story 64", la utilización de un sensor IR para medir la temperatura de una aleación de metal fundido en vacío y que se tiene que mantener a una temperatura estable para moldear con precisión. Se utilizan dos sensores para permitir la comparación de sus salidas, y se indica que estos reducen el número de sondas de inversión que necesita utilizar un operador para verificar la temperatura cada cierto tiempo.

Estas aplicaciones de cámaras de formación de imágenes térmicas por IR y de termómetros o sensores IR no se han considerado adecuadas para su utilización en la medición de la temperatura de un baño fundido en un proceso pirometalúrgico controlado por tecnología de lanza sumergida desde arriba. Y ello a pesar del hecho de que los documentos de Kresch, Canfield y otros, y Starrh y Success Story 64 se refieren a mediciones de temperatura que varían desde aproximadamente 685 °F (aproximadamente 365 °C) in Canfield y otros hasta aproximadamente 2730 °F (aproximadamente 1500 °C) en Success Story 64. Como mínimo en el extremo superior, este intervalo es aplicable a operaciones pirometalúrgicas.

El documento "A Steel Project Fact Sheet", publicado por Office of Industrial Technologies, Energy Efficiency and Renewable Energy, US Department of Energy, en febrero de 2001, propone sensores ópticos y controles para operaciones en un horno de oxígeno básico (BOF, basic oxygen furnace) mejorado. La propuesta consiste en montar un sensor óptico en la punta de una lanza mediante la que se sopla oxígeno hacia abajo a velocidad supersónica, desde encima de un baño fundido de arrabio y escoria. El sensor montado en la lanza permite la determinación de una temperatura global del baño a partir de la temperatura de la escoria, utilizando técnicas basadas en imágenes ópticas, mientras no se está soplando oxígeno. Asimismo, el sensor permite monitorizar, durante el soplado de oxígeno, la emisión de puntos calientes desde el hierro, donde el oxígeno supersónico desplaza la escoria para dejar al descubierto la zona superficial del hierro. Se dice que la disposición sirve adicionalmente para la medición de la altura del baño para una práctica operativa de la lanza mejorada durante el soplado, así como para permitir la visualización del interior del horno para la evaluación del desgaste y de las salpicaduras de escoria.

Otros han propuesto la utilización de sensores ópticos de infrarrojos para mediciones de temperatura en hornos de fundición por arco sumergido, tal como para la fabricación de escorias titaníferas, así como de aleaciones de hierro-silicio y de hierro-cromo. Sin embargo, esta utilización se ha centrado principalmente en la determinación de perfiles de temperatura para electrodos formados en el horno durante la fundición. Ver, por ejemplo, los documentos de Farina y otros, titulado "Measurement of temperature profiles in electrodes for silicon metal production", IAS'2004, Seattle, 2004, páginas 195-199, y de Laohasongkram y otros, titulado "Application of Thermal Detector by Infrared for Electrical Arch Furnaces Transformer", ICCAS, 17 a 20 de octubre, 2007, en Seul, Korea.

La memoria US 6.558.614, de Fritz, presenta un procedimiento para producir una fusión de metal y una correspondiente lanza multifuncional. Se hace referencia asimismo al documento de Jensen S T y otros "Lance-based sensing end vision systems", Iron & Steel Technology, AIST, Warrendale, PA, U.S.A., volumen 1, número 1, 1 de enero de 2004 (01/01/2004), páginas 69-73, XP001196316, ISSS: 1547-0423. La publicación EP 2 290 310 presenta un procedimiento para la regulación dinámica de como mínimo un quemador compuesto de por lo menos una unidad, y de un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento. La publicación WO/1997/022859 presenta un procedimiento y un dispositivo para la medición de ondas electromagnéticas emanadas de una masa fundida.

La presente invención se refiere a un aparato de medición de temperatura mejorado para su utilización en la medición de la temperatura de un baño fundido de una instalación de lanza sumergida desde arriba, en el curso de la realización de una operación pirometalúrgica en la instalación de lanza sumergida desde arriba.

### Compendio de la invención

De acuerdo con la presente invención, se da a conocer un aparato de medición de temperatura para una instalación de lanza sumergida desde arriba, para su utilización en la medición de la temperatura de un baño fundido que incluye una fase de escoria, durante una operación pirometalúrgica realizada en un reactor de la instalación. El aparato incluye una lanza de inyección sumergida desde arriba que tiene por lo menos un tubo exterior y un tubo interior, con un orificio definido por el tubo interior y un paso anular definido en parte mediante una superficie interior del tubo exterior. El aparato incluye además un dispositivo de pirómetro, del que por lo menos una unidad de

recepción está montada en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba, pudiendo funcionar la unidad de recepción para recibir energía infrarroja que pasa longitudinalmente por el interior de la lanza desde un extremo de salida de la lanza, y pudiendo funcionar el dispositivo de pirómetro para generar, a partir de la energía infrarroja recibida, una señal de salida o visualización indicativa de la temperatura de un baño fundido en el que está sumergida la parte del extremo de salida de la lanza y desde el que se recibe la energía infrarroja.

La lanza de inyección sumergida desde arriba del aparato puede ser una que, durante su utilización, está refrigerada y mantiene por lo tanto un recubrimiento de escoria protectora exclusivamente como consecuencia de gas o gases inyectados a través de la lanza. Alternativamente, la lanza puede estar refrigerada adicionalmente mediante la circulación de fluido refrigerante, tal como desde el extremo de entrada hasta el extremo de salida y de nuevo de vuelta al extremo de entrada. Para la refrigeración por medio de fluido refrigerante en circulación, la lanza puede tener un tubo exterior de doble pared, con un manguito dispuesto entre las paredes interior y exterior del tubo exterior para separar los flujos de refrigerante entrante y saliente.

Durante la utilización del aparato de medición de temperatura, la parte del extremo de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba tiene una longitud tal que, cuando se sumerge en la fase de escoria de un baño fundido, la inyección sumergida de un gas con contenido de oxígeno ocurre a una profundidad requerida dentro de la escoria, y la combustión del combustible genera una llama que proporciona una zona de combustión dentro de la fase de escoria. Adicionalmente, la inyección sumergida genera una fuerte turbulencia dentro de la escoria, y salpicaduras desde la superficie superior de la escoria. Antes de ser sumergida, la lanza de inyección sumergida desde arriba se suspende a una distancia corta sobre la superficie de la escoria, y se quema una mezcla de combustible y oxígeno emitida desde la salida de la lanza, para generar un fuerte chorro de llama que incide sobre la superficie de la escoria con el fin de provocar salpicaduras de la escoria y el recubrimiento de un tramo inferior de la lanza. El recubrimiento se solidifica mediante el efecto de refrigeración del gas que pasa a través de la lanza de inyección sumergida desde arriba, y el recubrimiento de escoria solidificada se puede retener y protege la lanza después de que la parte del extremo de salida se sumerja en la escoria fundida. La fuerte llama impide que la escoria u otro material del baño se levante en el interior de la parte del extremo de salida sumergido de la lanza de inyección sumergida desde arriba, y mantiene a través del extremo de salida de la lanza y junto al mismo un área superficial sumergida en el interior del baño. Dicha área superficial sumergida en el interior del baño, denominada en la presente memoria una superficie de emisión de infrarrojos, proporciona una superficie desde la que la energía infrarroja es emitida y pasa longitudinalmente por el interior de la lanza. Por lo menos una parte de la superficie de emisión de infrarrojos queda dentro del campo de visión de la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro, y es la energía infrarroja emitida dentro del campo de visión la que permite la determinación de la temperatura del baño en la superficie de emisión de infrarrojos. La superficie de emisión de infrarrojos es normalmente una superficie de escoria pero, a pesar de que la inyección sumergida está en el interior de la fase de escoria, la llama se puede extender a una fase que está por debajo de la escoria, de tal modo que es la fase bajo la escoria la que define la superficie de emisión de infrarrojos, tal como resultará evidente más abajo al hacer referencia a la patente de US 5.888.270, de Edwards y otros.

En el aparato, por lo menos la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro está montada en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba dentro de la periferia de por lo menos el tubo exterior de la lanza, tal como dentro del paso anular entre los tubos interior y exterior, para una lanza que tenga solamente dos tubos. Cuando la lanza de inyección sumergida desde arriba incluye por lo menos un tubo intermedio entre los tubos exterior e interior, por lo menos la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro puede estar dentro de la periferia del tubo exterior, y entre el tubo exterior y el siguiente tubo más interior; o entre dos tubos intermedios; o entre el tubo interior y el siguiente tubo más exterior. Por lo menos la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro puede no obstante estar dentro de la periferia del tubo interior, sometida a un combustible/reductor que sea de un tipo adecuado, tal como gas de hidrocarburos, que no dificulte el funcionamiento del dispositivo. Sin embargo, independientemente del número de tubos que comprenda la lanza de inyección sumergida desde arriba, por lo menos la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro está preferentemente dentro de la periferia del tubo interior. La unidad de recepción puede ser adyacente a un extremo de entrada de la lanza de inyección sumergida desde arriba, aunque la unidad de recepción está preferentemente separada de cada uno de los extremos de entrada y de salida de la lanza. La unidad de recepción del dispositivo de pirómetro puede estar más cerca del extremo de salida que del extremo de entrada de la lanza. En el caso más preferente, la unidad de recepción está separada del extremo de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba por una pequeña parte de la longitud de la lanza. En cada caso, la unidad de recepción puede estar situada en el interior de la lanza de inyección sumergida desde arriba, según se determine mediante el ángulo de cono dentro del cual la unidad de recepción puede recibir la energía infrarroja que pasa desde el extremo de salida de la lanza, y mediante el requisito de que la unidad de recepción reciba energía infrarroja desde un punto o zona de la superficie de emisión de infrarrojos que sea de un diámetro que permita una determinación fiable de la temperatura. La posición de la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro tiene preferentemente como resultado que el campo de visión de la unidad de recepción es de un diámetro suficiente, llenándose sustancialmente el campo de visión con el área del punto o de la zona. El campo de visión se puede llenar sustancialmente mediante la superficie de emisión de infrarrojos, de tal modo que el punto o la zona correspondan sustancialmente a la superficie de emisión de infrarrojos.

A lo largo de esta memoria descriptiva, la denominación de los extremos de la lanza de inyección sumergida desde arriba como un extremo de entrada y un extremo de salida es relativa a la dirección a lo largo de la lanza por la que

pasa el combustible/reductor y el gas con contenido de oxígeno al ser inyectados en la fase de escoria del baño fundido, al realizar una operación pirometalúrgica. Durante la utilización en una operación pirometalúrgica por lanza sumergida desde arriba, los extremos de entrada y de salida corresponden por lo tanto a los extremos superior e inferior, respectivamente, de la lanza de inyección sumergida desde arriba. Asimismo, en cuanto a terminología, la referencia a un combustible/reductor indica por lo menos un material adecuado para utilizar como combustible para quemar, para producir una llama de combustión mediante la ignición de una mezcla de combustible/reductor y gas con contenido de oxígeno formada en el extremo de salida de la lanza mediante la inyección en el interior de la escoria, y para utilizar como un reductor que se pueda dispersar dentro de la escoria, más allá del extremo de salida de la lanza. Las proporciones del material que funciona como combustible y como reductor se pueden ajustar según convenga para generar condiciones de oxidación o reducción adecuadas para optimizar una determinada operación pirometalúrgica, ajustando la relación de oxígeno frente a combustible/reductor inyectado mediante la lanza, y determinando de ese modo el grado de combustión del material como combustible.

La unidad de recepción del dispositivo de pirómetro está orientada preferentemente de tal modo que tiene un eje de cono sustancialmente paralelo a un eje longitudinal de la lanza de inyección sumergida desde arriba. Esta orientación permite que la energía infrarroja se reciba desde un punto o zona de forma sustancialmente totalmente circular, aunque es aceptable que el punto o zona sean de forma elíptica. Cuando la unidad de recepción se posiciona en un paso anular entre dos de los tubos de la lanza de inyección sumergida desde arriba, el punto o zona tendrán generalmente un diámetro menor de lo que sería posible para la unidad de recepción si estuviera posicionada en el interior del tubo interior. Es decir, el campo de visión es menor cuando la unidad de recepción está en un paso anular entre tubos, requiriendo la utilización de una unidad de recepción con un ángulo de cono relativamente pequeño y/o el posicionamiento de la unidad de recepción a una distancia menor desde el extremo de salida de la lanza. En cada caso, el punto o zona está en la superficie de emisión de infrarrojos que está definida por el baño y dentro del mismo, por debajo de la superficie superior de la fase de escoria, y que es adyacente, y se extiende a través del extremo de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba, pero está ligeramente separado del extremo de salida mediante la llama de combustión resultante de la combustión del componente de combustible del combustible/reductor. En casi todas las operaciones pirometalúrgicas por lanza sumergida desde arriba, la superficie será una superficie de escoria. Sin embargo, cuando la inyección sumergida tiene como resultado una llama que penetra en la mata o la fase metálica por debajo de la escoria, tal como en la patente US 5.888.270 de Edwards y otros, en la que se recoge cobre ampollado por debajo de la fase de escoria, la superficie está definida por debajo de la escoria, mediante una mata o fase metálica. Se puede entender razonablemente que Edwards y otros sugieren que incluso el extremo de salida de una lanza de inyección sumergida desde arriba puede estar dentro de la fase de cobre y, si bien esto es posible con la lanza de inyección sumergida desde arriba del aparato de la presente invención, no es deseable dado que generalmente no es necesario y tiene asimismo como resultado una vida útil significativamente reducida para la lanza antes de que ésta tenga que ser sustituida y, si es práctico, reparada.

Con el aparato de medición de temperatura según la invención, la unidad de recepción del dispositivo de pirómetro puede funcionar para recibir energía infrarroja emitida desde el punto o zona de la superficie definida por el baño fundido, y transportarla hacia la unidad de recepción dentro del ángulo de cono al que está ajustada la unidad de recepción. El dispositivo de pirómetro puede incluir una unidad de lente que recibe y focaliza la energía infrarroja, y una unidad de detección a la que la unidad de lente pasa la energía focalizada. La unidad de detección genera una señal eléctrica indicativa de la temperatura del baño en el punto o zona de la superficie del baño. La señal de la unidad de detección se puede pasar a una unidad de amplificación del dispositivo de pirómetro, y una señal amplificada generada por la unidad de amplificación se pasa a una unidad de visualización situada externamente respecto de la lanza de inyección sumergida desde arriba, y que puede funcionar para visualizar la temperatura del baño medida en el punto o zona. La unidad de detección requiere habitualmente datos sobre la emisividad del baño en el punto o la zona, y esto se puede medir mediante el dispositivo de pirómetro, o proporcionar como datos de entrada al dispositivo a partir de datos de emisividad publicados para el material del baño que genera la energía infrarroja emitida que está siendo procesada por el dispositivo de pirómetro. Con un dispositivo de pirómetro que funcione sobre termometría de una sola longitud de onda, es habitual proporcionar la emisividad como datos de entrada suministrados al dispositivo. Sin embargo, con un dispositivo que funcione sobre termometría de longitud de onda doble o múltiple, la determinación de la temperatura se puede basar en la relación entre la energía espectral en dos diferentes longitudes de onda de la energía infrarroja recibida, si la emisividad es sustancialmente la misma en cada una de las longitudes de onda.

La unidad de recepción puede incluir una unidad de lente, una unidad de detección y un amplificador del dispositivo de pirómetro contenidos en un receptáculo común mediante el que el dispositivo está montado en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba. Sin embargo, esto puede requerir, y generalmente requerirá la alimentación de fluido refrigerante al dispositivo con el fin de mantener el dispositivo a una temperatura ambiente que evite el sobrecalentamiento de los componentes del dispositivo. No obstante, una alternativa generalmente deseable consiste en tener la unidad de detección y el amplificador alojados externamente respecto de la lanza de inyección sumergida desde arriba, con un receptáculo independiente de la unidad de recepción, que contiene la unidad de recepción y preferentemente la unidad de lente, estando el receptáculo de la unidad de recepción montado en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba. En este último caso, la unidad de recepción y su receptáculo comprenden un conjunto de cabezal remoto, que está en conexión de comunicación con unidades



de detección y de amplificación mediante una línea o cable, tal como un cable de fibra óptica, que pasa desde la unidad de recepción, hacia arriba en la lanza para pasar a través del extremo de salida de la lanza hasta la unidad de detección. La conexión de comunicación entre las dos puede estar adecuadamente protegida y ser capaz de funcionar a temperaturas elevadas. Alternativamente, cuando la unidad de recepción, la unidad de detección y posiblemente también el amplificador están en un receptáculo común, un cable o línea eléctrica se puede extender hacia arriba en la lanza hasta un dispositivo de visualización externo.

Tal como se indica en el documento "The Estimation of Slag Properties", publicado por Mills of Imperial College, Londres, como un curso presentado el 7 de marzo de 2011 en South African Pyro-Metallurgy, el valor predominante de la emisividad depende de la superficie y no del volumen, como la tensión superficial. En una escoria que no sea una estructura bien conocida, relativamente simple, puede ser preferible que el dispositivo de pirómetro pueda funcionar para generar una determinación de la emisividad del baño en el punto o zona desde el que el dispositivo de pirómetro recibe la energía infrarroja. Mills señala además que las escorias son semitransparentes a la radiación infrarroja, con el resultado de una emisividad variable con la profundidad de la escoria. Se considera que una escoria está en un estado ópticamente denso si el producto del coeficiente de absorción de la escoria por la profundidad de la escoria en metros es mayor de 3 (es decir, si  $\alpha \cdot d > 3$ , donde " $\alpha$ " es el coeficiente de absorción y "d" es la profundidad en metros). No obstante, la profundidad de la escoria en las operaciones de lanza sumergida desde arriba será generalmente suficiente para satisfacer esta relación y permitir basarse en valores de emisividad publicados, cuando estén disponibles. Esto se debe a que la inyección sumergida desde arriba está dentro de una zona superior de la fase de escoria en muchos casos, permitiendo que exista una profundidad sustancial de escoria por debajo del extremo de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba y, más particularmente, por debajo de la superficie de emisión de infrarrojos. Asimismo, la medición de temperatura habilitada por el aparato de la invención, aunque se toma en un plano en el interior de la fase de escoria, es esencialmente una medida de la temperatura de la fase de escoria en su conjunto. Esto se debe a que la superficie en el plano cuya temperatura se mide, es decir, la superficie de emisión de infrarrojos en la que está situado el campo de visión del dispositivo de pirómetro, es una superficie mantenida a una profundidad en el interior de la fase de escoria turbulenta como un conjunto. Esto es muy diferente a medir la temperatura de una zona superficial superior de una fase de escoria, incluso si la fase de escoria no está sometida a la turbulencia generada por la inyección sumergida desde arriba, dado que la temperatura en dicha superficie superior puede diferir significativamente de la temperatura de la escoria en el interior de la escoria. La temperatura superficial en la parte superior de la escoria puede ser significativamente mayor o menor que la temperatura en el interior de la escoria, dependiendo de si se lleva a cabo o no sobre la escoria una combustión posterior de gases emitidos por el proceso.

En el aparato de la invención, un conjunto de cabezal de la unidad de recepción, o de la unidad de recepción y una lente, o del dispositivo de pirómetro completo, puede estar montado de varias maneras diferentes en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba. El conjunto de cabezal se puede fijar por lo menos a uno de los tubos mediante un elemento de montaje, tal como un armazón o un soporte, unido a dicho por lo menos un tubo, sin que el elemento de montaje impida el flujo, a través de la lanza de inyección sumergida desde arriba, de combustible/reductor, gas con contenido de oxígeno o material en bruto que es necesario administrar a la capa de escoria para conseguir la fundición o las condiciones de fundición necesarias. Alternativamente, el conjunto de cabezal o el dispositivo de pirómetro puede estar montado en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba, estando acoplado a una varilla o conducto alargado que se extiende longitudinalmente en el interior de la lanza hacia abajo desde el extremo de entrada de la lanza, estando un soporte dispuesto preferentemente entre el dispositivo de pirómetro y la superficie del tubo adyacente de la lanza para asegurar el dispositivo de pirómetro y retenerlo en una posición requerida en la lanza. La utilización de un sistema de conductos, con líneas de alimentación y de retorno de fluido refrigerante, se puede utilizar si el dispositivo de pirómetro requiere la circulación de un fluido refrigerante a través de una carcasa para el dispositivo de pirómetro con el fin de mantener el dispositivo a una temperatura ambiente adecuada para impedir daños por calor en sus componentes operativos. Sin embargo, no se requiere refrigerante para componentes del dispositivo de pirómetro que funcionen a temperaturas ambiente suficientemente elevadas. La utilización de una varilla o conducto para suspender el dispositivo de pirómetro en el interior de la lanza de inyección sumergida desde arriba tiene el beneficio de permitir que el dispositivo sea extraído de la lanza, tal como para mantenimiento o sustitución. Adicionalmente, la varilla o conducto permite ajustar el dispositivo de pirómetro longitudinalmente en el interior de la lanza de inyección sumergida desde arriba, tal como se requiere en caso de que sea necesario subir o bajar la lanza en su conjunto, o sea necesario ajustar la posición longitudinal relativa de por lo menos un tubo de la lanza con respecto a por lo menos otro tubo, en el curso de una operación pirometalúrgica, o para tener en cuenta el desgaste y la combustión del tubo exterior en el extremo de salida de la lanza.

La unidad de amplificación del dispositivo de pirómetro puede estar incorporada en el interior de un receptáculo común que contiene asimismo la lente de la unidad de recepción o la unidad de detección. Alternativamente, la unidad de amplificación puede estar alojada independientemente, tal como en el exterior de la lanza de inyección sumergida desde arriba. La salida del detector es no lineal y puede ser solamente de aproximadamente 100 a 1000  $\mu\text{V}$ . Si la señal de salida procedente de la unidad de detección se tiene que pasar a una unidad de amplificación que es externa a la lanza, es preferible que la señal de salida se transforme a un formato que permita su transmisión a la unidad de amplificación externa por medio de cables de fibra óptica, con el fin de minimizar la degradación de la señal de salida. Alternativamente, con solamente la unidad de recepción montada en relación con la lanza de

inyección sumergida desde arriba, la energía infrarroja recibida se puede comunicar al detector mediante un cable de fibra óptica, esencialmente sin riesgo de degradación.

Varios dispositivos de pirómetro disponibles comercialmente pueden ser utilizados en el aparato de medición de temperatura de la invención. Un requisito principal para el dispositivo de pirómetro es la capacidad de funcionar de manera fiable en temperaturas de medición por encima de 1000 °C, llegando hasta unos 2000 °C. Asimismo, aunque el dispositivo de pirómetro puede estar refrigerado, es deseable que pueda funcionar de manera fiable a temperaturas ambiente de hasta aproximadamente 450 °C a las que puede estar expuesto, incluso si solamente en el caso de fallo de un sistema se proporciona un flujo de fluido refrigerante al dispositivo. El dispositivo de pirómetro puede ser uno que funcione sobre termometría de una sola, doble o múltiple longitudes de onda, siendo el coste y la disponibilidad de los datos de emisividad para la fase de escoria para un baño fundido dado, el determinante principal para la elección entre estas alternativas. Ejemplos de dispositivos de pirómetro adecuados para utilizar en el aparato de medición de temperatura de la invención incluyen el modelo de pirómetro M668 disponible en la firma Mikron Infrared Inc., el pirómetro NEWPORT iR2 de Newport Electronics, Inc. y el pirómetro PYROSPOT DSRF 11 N de Dias Infrared GmbH.

La lanza de inyección sumergida desde arriba puede ser de cualquiera de los tipos conocidos. Por lo tanto, la lanza de inyección sumergida desde arriba puede ser acorde con cualquiera de las formas dadas a conocer en cualquiera de las patentes US 4.251.271 y 5.251.879 ambas de Floyd, 5.308.043 de Floyd y otros, o en cualquiera de las solicitudes de patente en tramitación con la presente WO2013/000.017, WO2013/029.092 y PCT/IB2012/0.567.714.

Que una buena medición de la temperatura de la fase de escoria de un baño fundido sea posible con el aparato de medición de temperatura de la presente invención, en el curso de un proceso pirometalúrgico conducido con la lanza del aparato, es muy sorprendente. Los intentos de medir la temperatura de un chorro de llama generado con una lanza de inyección sumergida desde arriba, después de quemar una mezcla de combustible y oxígeno, sin la parte del extremo de salida de la lanza sumergida en un baño fundido, han sido insatisfactorios. La energía infrarroja generada por la llama fue recibida longitudinalmente en la lanza desde el extremo de salida, y parecía que un pirómetro mediría solamente la temperatura de la llama y no proporcionaría información útil sobre la temperatura del baño fundido. Es decir, los indicios eran que los resultados con la parte del extremo de salida de la lanza sumergida en la fase de escoria de un baño fundido tampoco proporcionarían una medida útil de la temperatura de la fase de escoria, particularmente dado el alto grado de turbulencia en el interior de la escoria como resultado de la inyección sumergida. Asimismo, en una operación de lanza sumergida desde arriba, la escoria es el medio de reacción en el que los materiales en bruto se dispersan y se ponen en circulación, y en el que son sometidos a reacciones de reducción u oxidación facilitadas por las condiciones elegidas de la inyección sumergida desde arriba. La composición de la fase de escoria con material en bruto y productos de reacción dispersados es muy diferente a la de solamente la escoria. Por lo tanto, la situación es muy diferente a la que se obtiene en la utilización de termometría por infrarrojos con un sólido, incluso si está en movimiento, o con un vapor fluyente de un líquido tal como acero fundido, o en la medición de la temperatura en un horno básico de oxígeno para refinar arrabio. En el último caso, el oxígeno soplado desde arriba hace que la escoria se desplace para dejar al descubierto el hierro fundido para la medición de temperatura. Asimismo, no hay combustión del combustible en la punta de salida de dicha lanza de soplado desde arriba. El hierro presenta una superficie de composición relativamente constante, siendo la temperatura del hierro la que se requiere, no la de la escoria. Asimismo, tal como en las operaciones de lanza sumergida desde arriba, la escoria BOF está en un estado turbulento y no proporciona una forma superficial estable factible para la medición de la temperatura. La superficie de la escoria en una operación de lanza sumergida desde arriba se rompe constantemente, siendo expulsadas grandes cantidades de escoria hacia el espacio del reactor por encima del baño y volviendo a caer después. Dicha escoria expulsada se enfría por debajo de la temperatura de la capa de escoria o bien, más habitualmente, con la combustión posterior de gases emitidos evolucionados, tales como monóxido de carbono e hidrógeno, la escoria expulsada se calienta por encima de la temperatura de la capa de escoria con el propósito de recuperar la energía térmica para el baño. Cada uno de estos factores sugiere que la temperatura del baño no se podría medir de manera fiable mediante la utilización del aparato de la invención.

A pesar de la experiencia con otros usos de termometría de infrarrojos, y con ensayos iniciales con lanzas de inyección sumergidas desde arriba quemadas, realizados sin la inmersión de la parte del extremo de salida de la lanza de del aparato de la invención, sorprendentemente se ha descubierto que es posible una medición de temperatura excelente con la parte del extremo de salida de una lanza de inyección sumergida desde arriba del aparato de la invención sumergido, tal como se requiere para llevar a cabo una operación pirometalúrgica. En particular, el aparato de la invención habilita una medición excelente de la temperatura de la fase de escoria de un baño fundido en una operación de lanza sumergida desde arriba y, dado que la fase de escoria es el medio de reacción para las reacciones para una operación determinada de lanza sumergida desde arriba, esta medición es de importancia crítica. En otros procesos, tales como fundición por arco sumergido, la medida requerida es la temperatura de la fase metálica bajo la escoria o la mezcla de reacción, pero la fase metálica no es accesible directamente y se realiza una medición de compromiso de la escoria o la mezcla de reacción generalmente más frías.

El aparato de medición de temperatura de la invención puede incluir un dispositivos de pirómetro. En ese caso, cada uno de los dispositivos puede tener por lo menos una unidad de recepción montada en relación con la lanza de

inyección sumergida desde arriba y que puede funcionar para recibir la energía infrarroja que pasa longitudinalmente por el interior de la lanza desde dicho extremo de salida, pudiendo funcionar cada uno para focalizar la energía infrarroja que recibe y habilitar la generación de una respectiva señal de salida. Cada uno de los dispositivos de pirómetro puede estar montado en el interior de un orificio definido por el tubo interior. Alternativa o adicionalmente, los dispositivos de pirómetro pueden incluir por lo menos un dispositivo de pirómetro montado en el interior de un paso anular definido entre por lo menos uno de los tubos interior y exterior, y un tubo intermedio entre los tubos interior y exterior.

### Breve descripción de los dibujos

Para que la invención se pueda comprender de manera más completa, se hace referencia a continuación a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una ilustración en respectiva, recortada parcialmente, de un reactor de lanza sumergida desde arriba;

la figura 2 muestra una representación de un tipo de aparato de medición de temperatura según la invención, cuyo extremo inferior se muestra a escala aumentada y en sección;

la figura 3 es una vista en sección parcial de componentes de una parte inferior de otro tipo de aparato de medición de temperatura según la invención;

la figura 4 muestra un detalle en relación con los componentes de una parte superior del aparato de la figura 3; y

la figura 5 muestra la variación de la temperatura con el tiempo, medida durante ensayos de planta piloto realizados con el aparato de medición de temperatura de la invención.

### Descripción detallada

El reactor 10 mostrado en la figura 1 no es sino un ejemplo de una posible disposición de reactor de lanza sumergida desde arriba y lanza. El reactor 10 tiene una carcasa cilíndrica 12 cerrada en su extremo superior mediante un techo inclinado 14 desde el que sobresale hacia arriba una chimenea de salida 16 hasta un intercambiador de calor/caldera de gases emitidos 18. En la ilustración de la figura 1, se ha eliminado una parte rectangular de la carcasa 12 para permitir visualizar el interior, aunque la carcasa 12 es continua circunferencialmente en todos los niveles de su altura, salvo por los agujeros de salida. El techo 14 tiene una entrada 20 a cuyo través se extiende descendiendo una lanza de inyección sumergida desde arriba 22 de tal modo que, después de que se haya formado y solidificado un recubrimiento de escoria protectora 24 en una sección inferior de la lanza 22, una parte de extremo inferior de la lanza 22 es sumergida en una fase de escoria superior 28 de un baño fundido 26. El reactor 10 tiene asimismo un orificio de alimentación 29 que se abre a través del techo 14 para permitir cargar materiales en bruto para una operación pirometalúrgica requerida en la escoria 28 del baño 26, y un orificio 30 del quemador para permitir la introducción de un quemador 31 si es necesario para calentar el reactor. La lanza 22 tiene conectores 34 que permiten la conexión de la lanza 22 a fuentes independientes de combustible/reductor y de gas con contenido de oxígeno, para habilitar el paso por separado de estos materiales descendiendo a través de la lanza 22 y para mezclarlos en el extremo de salida inferior de la lanza 22 para alimentar una mezcla de combustión. La combustión de la mezcla de combustible y oxígeno genera una zona de combustión en la escoria 28 en el extremo de salida inferior de la lanza 22, así como una fuerte turbulencia en la escoria 28 que provoca que los materiales en bruto cargados a través del orificio 29 se dispersen en la escoria 28, dando lugar a las reacciones pirometalúrgicas requeridas en el interior de la escoria 28.

La lanza 22, tal como se representa en la figura 2, es una ilustración esquemática del extremo inferior de una forma de lanza de inyección sumergida desde arriba que tiene un aparato de medición de la temperatura. La lanza 22 comprende un tubo exterior 38, un tubo interior 40 y, entre los tubos 38 y 40, un tubo intermedio 42. Los tubos 38, 40 y 42 son sustancialmente circulares en sección transversal y están dispuestos de manera sustancialmente concéntrica. Un paso anular 44 definido entre los tubos 38 y 42 permite la alimentación de aire, mientras que un paso 46 definido entre los tubos 40 y 42 permite la alimentación de oxígeno. El orificio 48 definido por el tubo 40 permite la alimentación de combustible/reductor. Tal como se muestra, los tubos 40 y 42 terminan a poca distancia, con respecto a la longitud global de la lanza 22, por encima del extremo inferior del tubo 38 para proporcionar una cámara de mezcla 50 en la que el combustible/reductor, el aire y el oxígeno se mezclan para facilitar la combustión eficiente del combustible en el extremo inferior del tubo 38. La lanza 22 puede tener una longitud de hasta 25 metros y un diámetro exterior de hasta aproximadamente 0,5 metros para un funcionamiento comercial. Una versión de planta piloto de la lanza 22 puede tener solamente aproximadamente 4 metros de longitud y aproximadamente 0,075 metros de diámetro externo.

En la figura 2 se muestra un tipo de aparato de medición de temperatura según la invención, e incluye la lanza 22 en combinación con un dispositivo de pirómetro 52. El dispositivo 52, que se muestra muy ampliado en relación con el diámetro del tubo interior 40, comprende un cabezal sensor que, en la ilustración mostrada, consiste en un receptáculo 56 que contiene una unidad de lente o de sensor 54 y un cable de fibra óptica 60 que tiene un extremo en comunicación con la unidad de lente. El cabezal sensor 54 está montado en el interior de la extensión inferior del tubo interior 40, en el que está soportado mediante un armazón o soporte adecuado (no mostrado) que proporciona

la mínima obstrucción al flujo de combustible/reductor descendente a través del tubo 40. El cabezal sensor 54 está posicionado para poder recibir y focalizar energía infrarroja recibida hacia arriba a través del extremo inferior, y longitudinalmente a lo largo de la lanza 22. La disposición puede ser tal que la unidad de lente 58 recibe energía infrarroja dentro de un cono representado por líneas 62, tal como desde una superficie formada dentro de la capa de escoria 28 como consecuencia de la inyección sumergida desde arriba mediante la lanza 22, tal como se representa esquemáticamente mediante la línea 64. El ángulo de cono representado por las líneas 62 es el máximo para la distancia de la unidad de lente 58 desde el extremo de salida de la lanza 22, dado que un ángulo de cono mayor tendría como resultado interferencias al cruzarse el cono por lo menos con uno de los tubos 38 y 40. Un ángulo de cono menor puede ser apropiado, dado que la separación de la unidad de lente 58 respecto de la superficie en la línea 64 en la que se emite la energía infrarroja recibida tiene que corresponder sustancialmente a la longitud focal de la lente de la unidad de lente 58. Por ejemplo PYROSPOT DSRF 11N, disponible en la firma Dias Infrared GmbH, tiene una longitud focal ajustable. Sin embargo, la disposición mostrada proporciona el campo de visión máximo sobre la superficie de emisión de la energía infrarroja, habilitando de ese modo una determinación más precisa de la temperatura.

En la disposición de la figura 2, el cable de fibra óptica 60 pasa hacia arriba desde el cabezal sensor 58 en el interior del tubo 40 y sale desde el extremo de entrada de la lanza 22, hasta un receptáculo externo 66 que contiene una unidad de detección 68, una unidad de ampliación 70 y un dispositivo de visualización 72. La energía infrarroja que se recibe en el cabezal sensor 54 se focaliza mediante la unidad de lente 58, de tal modo que la energía infrarroja focalizada pasa a lo largo del cable 60 al receptáculo 66. Esta energía es recibida por la unidad de detección 68, mediante la cual es transformada en una señal eléctrica de salida que es amplificada por la unidad de ampliación 70 y se pasa a la pantalla 72, en la que se visualiza una lectura de la temperatura de la escoria.

Si es necesario, la extensión del cable 60 en el interior del tubo 40 puede estar dentro de un conducto a través del cual puede circular fluido refrigerante para controlar la temperatura ambiente del cabezal sensor 54 y, en particular, de la unidad de lente 58 en el interior del receptáculo 56.

Aunque el aparato de medición de temperatura de las figuras 1 y 2 muestra solamente un único dispositivo de pirómetro 52 en la lanza 22, puede haber más de un dispositivo 52 en una lanza 22, tal como hasta 4 dispositivos 52. Los dispositivos pueden estar todos en el interior del tubo 40, o por lo menos uno puede estar entre el tubo 40 y el tubo 42 y/o entre el tubo 38 y el tubo 42.

La disposición de las figuras 3 y 4 se comprenderá en gran medida a partir de la descripción de las figuras 1 y 2. En las figuras 3 y 4, los componentes correspondientes a dichas figuras 1 y 2 tienen el mismo número de referencia más 100. La lanza 122 tiene un tubo intermedio 142 y, tal como se ve en un contorno en línea discontinua de la figura 4, un tubo interior 140. Los respectivos tubos 142 y 140 se denominan asimismo el tubo de aire/oxígeno interior y el tubo de combustible gaseoso. Sin embargo, el tubo 142 puede alimentar oxígeno u oxígeno enriquecido con aire a lo largo del paso 146 definido entre los tubos 140 y 142, mientras que el tubo 140 puede alimentar carbón en partículas finas arrastradas en un gas portador, o fueloil o gas a lo largo del orificio 148 definido por el tubo 140. Asimismo, aunque no se muestra, la lanza 122 tiene un tubo exterior correspondiente al tubo 38 de la lanza 22, alimentándose aire a través de un paso anular, correspondiente al paso 44 de la lanza 22, entre tubo exterior y el tubo 142, para permitir la alimentación de aire para refrigerar el tubo exterior y mantener un recubrimiento protector de escoria solidificada sobre una parte suficiente de la extensión inferior de la lanza 122.

Tal como se ve en la figura 4, el extremo superior o de entrada de la lanza 122 tiene un dispositivo de acoplamiento 80 fijado al tubo 142 y sobresaliendo por encima del mismo, para permitir que la lanza 122 se suba y se baje mediante un sistema de elevación aéreo. Asimismo, la lanza 122 tiene un conector de entrada 82 que comunica con el tubo 140 para permitir la alimentación de gas natural (u otro combustible/reductor adecuado para un funcionamiento con lanza sumergida desde arriba) desde una fuente de alimentación, para el flujo de combustible/reductor descendente a través del orificio 148 del tubo 140. El conector 82 pasa a través del tabique de una parte superior separable 142a del tubo 142 para comunicar con el tubo 140. La parte 142a del tubo 142 está acoplada extremo a extremo con la extensión principal 142b del tubo 142 mediante un acoplamiento 142c sellado con brida doble. A un nivel por debajo del conector 82 y del acoplamiento 142c, la lanza 122 tiene un conector 84 que comunica a través del tubo 142 para permitir la alimentación de gas con contenido de oxígeno, tal como aire enriquecido en oxígeno, desde una fuente de alimentación, para fluir bajando a través del paso 146.

Aunque no se muestra, el extremo superior del tubo exterior termina poca distancia por debajo del conector 84. Otra conexión (no mostrada) comunica a través del extremo superior del tubo exterior para permitir la alimentación de aire, desde una fuente de alimentación, para fluir bajando a través del paso anular entre el tubo exterior y el tubo 142. El flujo de aire es tal que la escoria salpicada sobre la superficie exterior del tubo exterior se enfría para formar un recubrimiento protector de escoria solidificada que se puede mantener, incluso sobre la extensión inferior de la lanza 122 cuando se sumerge en la fase de escoria.

La disposición resultante del otro conector para el tubo exterior y los conectores 82 y 84 es tal que el gas inyectado que baja por la lanza 122, tanto desde el paso 146 como desde el paso entre el tubo exterior y el tubo 142, se mezcla en el extremo inferior de la lanza 122 con combustible/reductor procedente del orificio 148. Por lo tanto, se puede formar una mezcla combustible en el extremo inferior de la lanza 122 y, cuando se quema, la mezcla genera

una llama de combustión que proporciona la combustión del componente de combustible del combustible/reductor. Con dicho extremo inferior sumergido en el interior de la fase de escoria para la inyección sumergida desde arriba, la llama de combustión produce una zona de combustión con generación de calor en el interior de la fase de escoria durante el periodo en que se lleva a cabo la inyección sumergida. Si el contenido de oxígeno de la mezcla es igual o mayor que el requisito estequiométrico para la combustión de la totalidad del combustible/reductor como combustible, se generarán condiciones neutras o de oxidación en el interior de la fase de escoria, dependiendo del nivel de exceso de oxígeno. Alternativamente, con oxígeno insuficiente en la mezcla para la combustión de todo el combustible/reductor, parte del combustible/reductor no se quemará y por lo tanto estará disponible como reductor, de tal modo que prevalecerán las condiciones de reducción en el interior de la escoria. El tubo 140, pero preferentemente también el tubo 142, puede terminar con su extremo inferior a relativamente poca distancia sobre el extremo inferior del tubo exterior, de tal modo que se forma una cámara de mezcla (no mostrada) en el interior del extremo inferior del tubo exterior, de manera similar a la cámara 50 de la lanza 22.

La lanza 122 incluye además un dispositivo de pirómetro del que se muestra una parte inferior 152a en la figura 3, mostrándose una parte superior 152b en la figura 4. La parte inferior 152a está montada en el paso 146 contra la superficie exterior del tubo 140, e incluye un cabezal sensor 154 montado en el extremo inferior de un cable óptico 160, en una zona inferior de la lanza 122, junto a un generador de turbulencia 96 que tiene una serie de paletas 98. El cable 160 pasa hacia arriba dentro del paso 146. Tal como se muestra en la figura 4, el extremo superior del cable 160 forma parte de la parte superior 152b del dispositivo de pirómetro 152 y pasa hacia arriba en el paso 146 al extremo superior de la lanza 122 hasta una posición en la que sale a través de un medio de cierre en la parte 142a del tubo 142. La energía infrarroja recibida por el cabezal sensor 154 y focalizada puede pasar a lo largo del cable óptico 160 a la unidad de detección 168. La energía infrarroja es transformada por la unidad de detección 168 en una señal eléctrica. Un cable de alimentación y señal 92 puede enviar la señal eléctrica a una caja de conexiones eléctricas (no mostrada), y un dispositivo de visualización de señal o grabador (tampoco mostrado) permite la monitorización de la temperatura de la escoria fundida que está sometida a inyección sumergida desde arriba para una operación pirometalúrgica requerida.

Tal como se puede apreciar por las figuras 3 y 4, el dispositivo de pirómetro 152 de la lanza 122 está dispuesto entre el tubo interior 140 y el tubo intermedio 142, en el paso de oxígeno 146 entre dichos tubos 140, 142. Esto contrasta con la disposición de la figura 2, en la que el dispositivo 52 está en el interior del orificio 48 del tubo interior 40. En la figura 2, el dispositivo 52 es adyacente al extremo superior de la cámara de mezcla 50, y la lanza 122 tiene preferentemente una cámara de mezcla, estando asimismo el dispositivo 152 situado junto al extremo superior de la cámara de mezcla. La disposición de la figura 2 es adecuada para una planta piloto o un reactor de lanza sumergida desde arriba de pequeña capacidad, mientras que la disposición de las figuras 3 y 4 es preferible, particularmente para reactores mayores.

La figura 5 da a conocer resultados obtenidos en tres ensayos de planta piloto, monitorizando la variación con el tiempo en la temperatura de la escoria durante una operación pirometalúrgica utilizando inyección sumergida desde arriba. La planta utilizada fue similar a la mostrada en la figura 1, con una lanza acorde con las figuras 3 y 4. La lanza se montó con un dispositivo de pirómetro Pyrospot 44N disponible en la firma DIAS Infrared Systems de Dresde, Alemania. La temperatura de la escoria pudo ser monitorizada para proporcionar la línea continua mostrada para cada uno de los ensayos. Para esto, la radiación infrarroja detectada se transformó en una señal eléctrica, pasándose dicha señal a un dispositivo grabador. Para cada ensayo, la temperatura de la escoria se midió asimismo utilizando dispositivos individuales de medición desechables, manuales, en sucesivos intervalos de tiempo, para generar las mediciones en forma de rombo mostradas para cada ensayo, verificando estas mediciones el alto grado de precisión obtenido con el aparato de la invención.

Finalmente, se debe entender que se pueden introducir diversas alteraciones, modificaciones y/o adiciones a la construcción y disposiciones de piezas descritas anteriormente, sin apartarse del alcance de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de medición de temperatura para una instalación de inyección sumergida desde arriba, para su utilización en la medición de la temperatura de un baño fundido que incluye una fase de escoria, durante una operación pirometalúrgica conducida en un reactor (10) de la instalación, en el que el aparato incluye una lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) que tiene por lo menos un tubo exterior (38) y un tubo interior (40; 140), con un orificio (48; 148) definido mediante el tubo interior (40; 140) y un paso anular (44) definido en parte mediante una superficie interior del tubo exterior (38), la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) configurada para inyectar combustible/reductor y gas que contiene oxígeno en el baño fundido provocando la combustión del extremo de salida de la lanza (22; 122), y en el que el aparato incluye además un dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) del que por lo menos una parte de cabezal sensor (54; 154) está montada en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) y puede funcionar tanto para recibir energía infrarroja que pasa longitudinalmente por el interior de la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) desde el extremo de salida de la lanza (22; 122), como para focalizar la energía infrarroja recibida con el fin de habilitar la generación de una señal de salida o visualización indicativa de la temperatura de un baño fundido en el que está sumergida una parte del extremo de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122), y desde el que se recibe la energía infrarroja.
2. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 1, en la que el dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) incluye una unidad de detección (68; 168) que puede funcionar para recibir del cabezal sensor (54; 154) la energía infrarroja focalizada y generar una correspondiente señal de salida eléctrica.
3. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 2, en el que la unidad de detección (68; 168) está acoplada al cabezal sensor (54; 154) y recibe la energía infrarroja focalizada directamente desde el cabezal sensor (54; 154).
4. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación, en el que la unidad de detección (68; 168) es externa a la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) y está en comunicación con el cabezal sensor (54; 154) mediante un cable de fibra óptica (60).
5. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que el dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) incluye una unidad de amplificación (70) que puede funcionar para recibir la señal de salida desde la unidad de detección (68; 168) y para generar una señal de salida amplificada.
6. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 5, en el que la unidad de amplificación (70) está acoplada a un dispositivo de visualización (72) que puede funcionar para proporcionar una visualización indicativa de la temperatura del baño fundido desde el que se recibe la energía infrarroja mediante la unidad de sensor.
7. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que por lo menos el cabezal sensor (54; 154) del dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) está montado en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) dentro de la periferia de por lo menos el tubo exterior (38) de la lanza (22; 122).
8. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 7, en el que por lo menos el cabezal sensor (54; 154) está dentro de un paso anular (44) entre los tubos exterior e interior (38 y 40; 140).
9. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 7, en el que la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) incluye por lo menos un tubo intermedio (42; 142) entre los tubos exterior e interior (38 y 40; 140) y el cabezal sensor (54; 154) está entre el tubo exterior (38) y un siguiente tubo más interior, o entre dos tubos intermedios (42; 142), o entre el tubo interior (40; 140) y un siguiente tubo más exterior.
10. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 7, en el que el cabezal sensor (54; 154) está dentro de la periferia del tubo interior (40; 140).
11. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que por lo menos el cabezal sensor (54; 154) del dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) está separado de cada uno de los extremos de entrada y de salida de la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122).
12. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 11, en el que por lo menos el cabezal sensor (54; 154) está separado del extremo de salida de la lanza (22; 122) mediante una parte pequeña de la longitud de la lanza (22; 122).
13. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que por lo menos el cabezal sensor (54; 154) está orientado de tal modo que el cabezal sensor (54; 154) tiene un eje de cono sustancialmente paralelo al eje longitudinal de la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122).
14. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el tubo interior (40; 140), y opcionalmente cualquier tubo intermedio (42; 142), termina cerca del extremo del tubo exterior (38) en el extremo de salida de la lanza (22; 122) para definir una cámara de mezcla (50) en el interior de la parte del extremo de salida de la lanza (22; 122), y el dispositivo de pirómetro óptico (52; 152) está montado en relación con la lanza

(22; 122) en o junto al extremo del tubo interior (40; 140) más próximo al extremo de salida de la lanza (22; 122), tal como en el interior del orificio (48, 148).

5 15. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el aparato incluye por lo menos dos mencionados dispositivos de pirómetro óptico (52; 152) que tienen cada uno por lo menos una parte de cabezal sensor (54; 154) montada en relación con la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) y pueden funcionar para recibir energía infrarroja que pasa longitudinalmente por el interior de la lanza (22; 122) desde dicho extremo de salida, y pueden funcionar cada uno para focalizar la energía infrarroja que recibe y habilitar la generación de una respectiva mencionada señal de salida.

10 16. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 15, en el que dichos por lo menos dos dispositivos de pirómetro óptico (52; 152) están montados en el interior del orificio (48; 148) definido por el tubo interior (40; 140).

15 17. El aparato de medición de temperatura según la reivindicación 15, en el que por lo menos uno de dichos por lo menos dos dispositivos de pirómetro óptico (52; 152) está montado en el interior de un paso anular (44) definido entre por lo menos uno de los tubos interior y exterior (38 y 40; 140) y un tubo intermedio (42) entre los tubos interior y exterior (38 y 40; 140).

18. El aparato de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) está adaptada de tal modo que, durante su utilización, está refrigerada y mantiene de ese modo un recubrimiento de escoria sólida protectora, exclusivamente como consecuencia de uno o varios gases inyectados a través de la lanza (22; 122).

20 19. El dispositivo de medición de temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que la lanza de inyección sumergida desde arriba (22; 122) está adaptada de tal modo que, durante su utilización, está refrigerada y mantiene de ese modo un recubrimiento de escoria sólida protectora como consecuencia del efecto refrigerante de uno o varios gases inyectados a través de la lanza (22; 122) y mediante la circulación de fluido refrigerante.

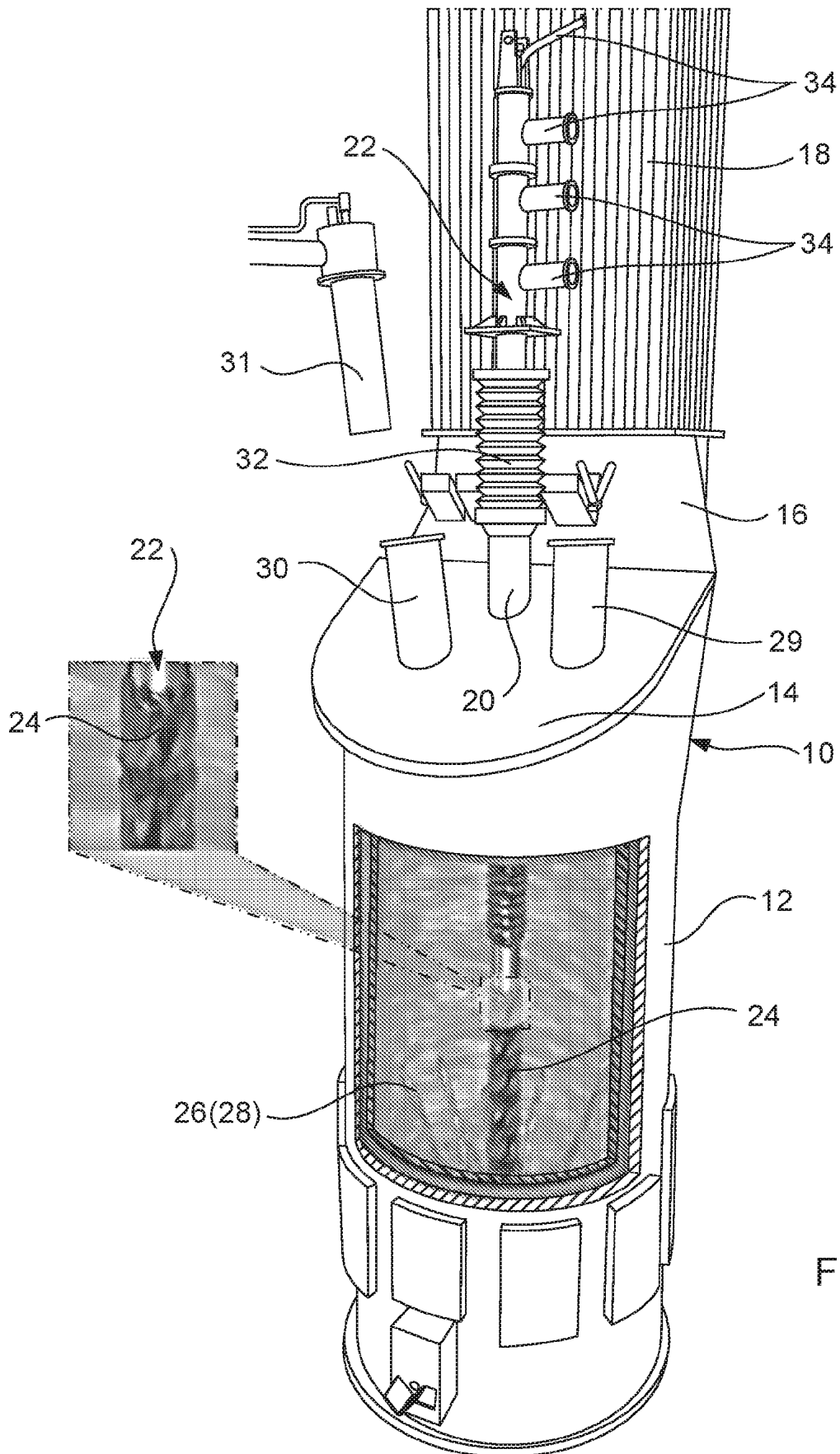


FIG 1



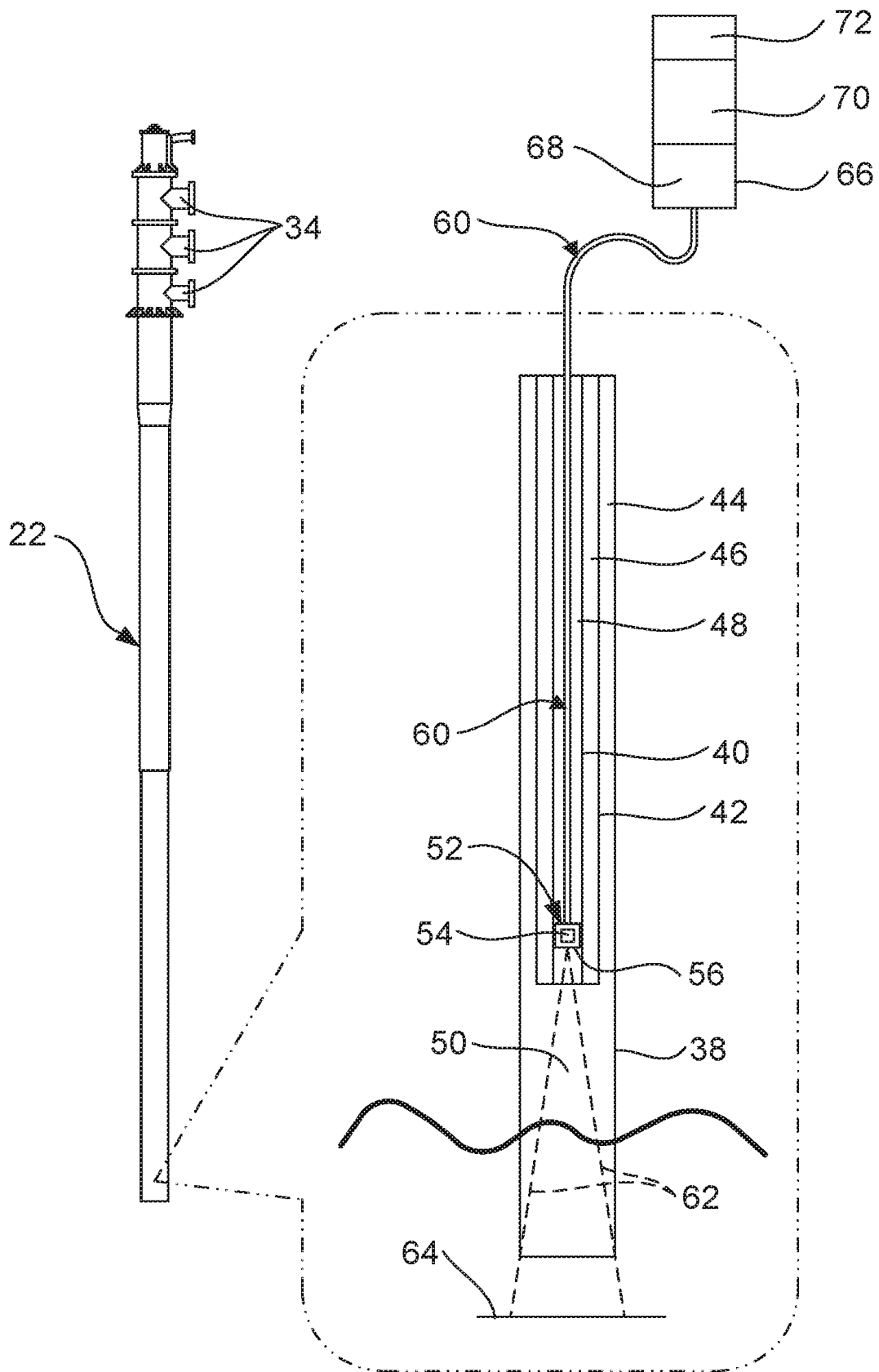


FIG 2

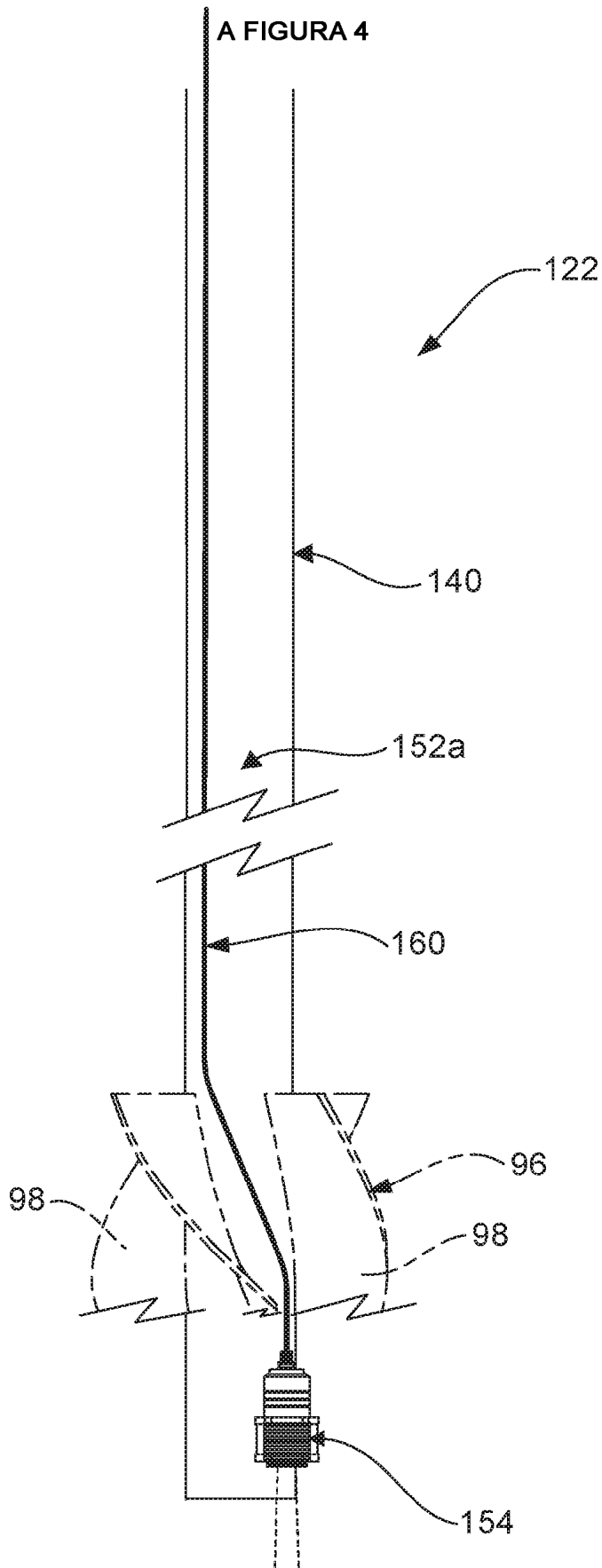


FIG 3

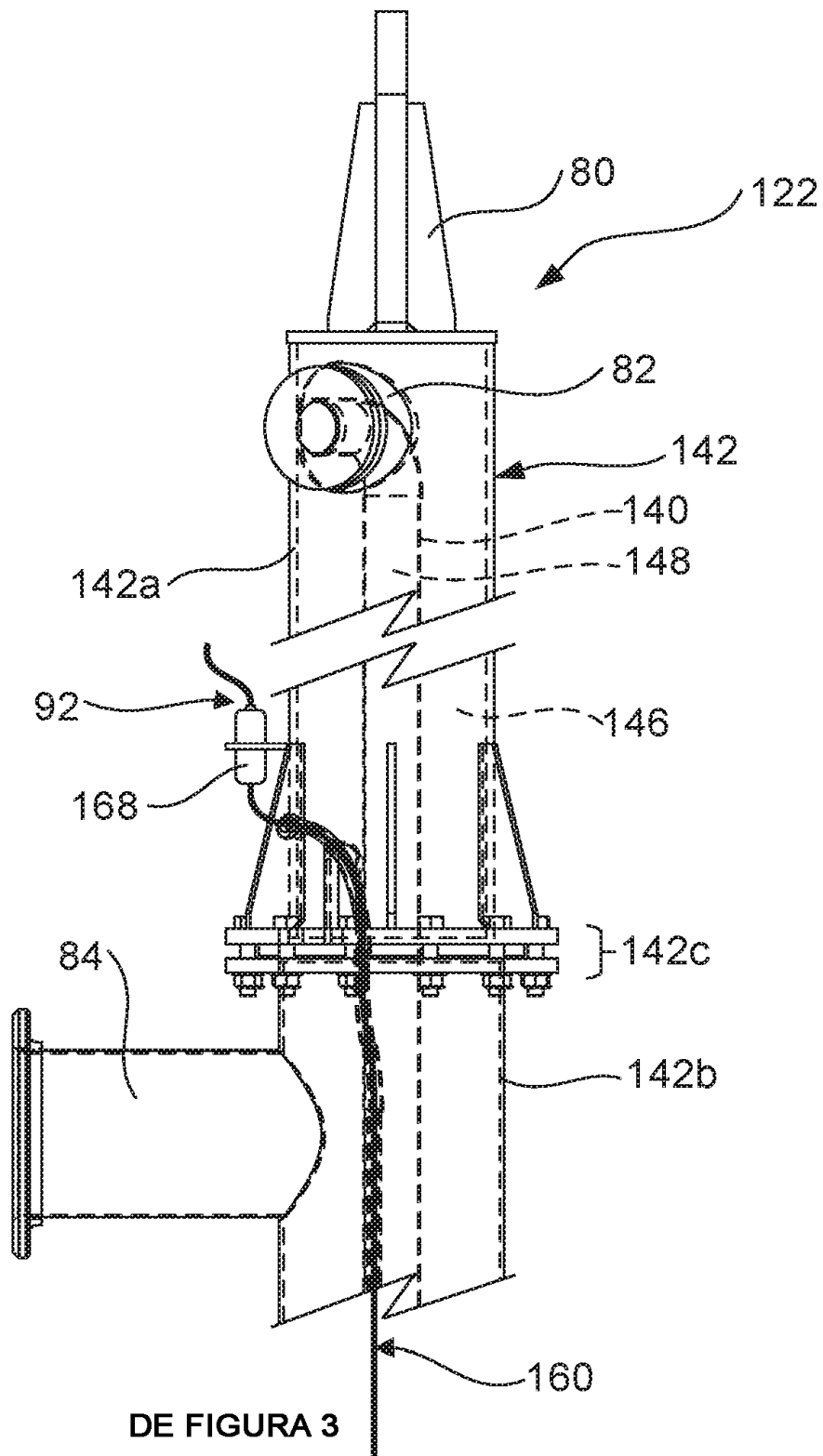


FIG 4

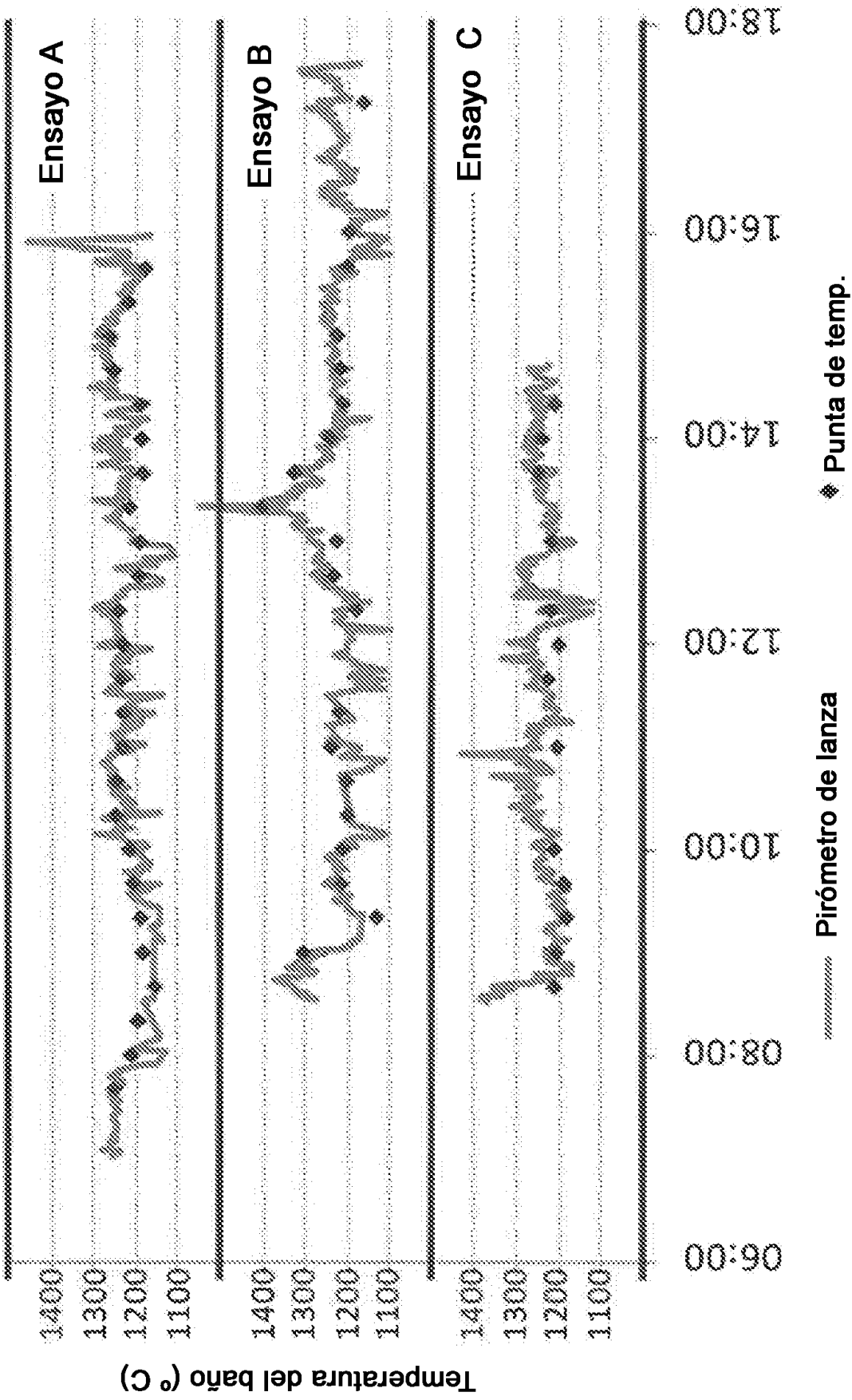


FIG 5