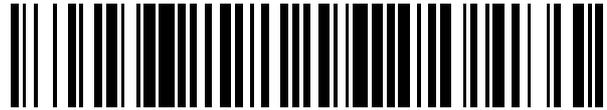


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 225**

51 Int. Cl.:

<b>F27D 3/16</b>	(2006.01)
<b>F27D 21/00</b>	(2006.01)
<b>F27D 99/00</b>	(2010.01)
<b>C21C 5/46</b>	(2006.01)
<b>C21C 5/34</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2015 PCT/IB2015/059904**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16103195**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2015 E 15831159 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3245465**

54 Título: **Sistema de reactor de inyección de lanza de soplado superior con un dispositivo de detección para determinar una condición operativa en un baño fundido**

30 Prioridad:  
**24.12.2014 AU 2014905265**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.11.2019**

73 Titular/es:  
**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)  
Rauhalanpuisto 9  
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:  
**MATUSEWICZ, ROBERT, WALTER**

74 Agente/Representante:  
**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 732 225 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

Sistema de reactor de inyección de lanza de soplado superior con un dispositivo de detección para determinar una condición operativa en un baño fundido

5 Antecedentes de la invención

10 La fundición de baño fundido u otras operaciones pirometalúrgicas que requieren una interacción entre el baño y una fuente de gas que contiene oxígeno utilizan varias disposiciones diferentes para el suministro del gas. En general, estas operaciones implican la inyección directa en el mate/metal fundido. Esto puede ser con toberas de soplado inferior como en un horno de tipo Bessemer o toberas de soplado lateral como en un convertidor de tipo Peirce-Smith. Como alternativa, la inyección de gas puede ser por medio de una lanza para proporcionar bien un soplado superior o bien una inyección sumergida. Los ejemplos de inyección de lanza de soplado superior son las plantas de fabricación de acero KALDO y BOP en las que se sopla oxígeno puro desde encima del baño para producir acero a partir de hierro fundido. Otro ejemplo de inyección de lanza de soplado superior es el proceso de cobre de Mitsubishi, en el que las lanzas causan chorros de gas que contiene oxígeno, como un aire enriquecido con oxígeno, para incidir y penetrar en la superficie superior del baño, respectivamente, para producir y convertir cobre mate. En el caso de inyección de lanza sumergida, el extremo inferior de la lanza está sumergido para que la inyección se produzca dentro de la capa de escoria del baño, en lugar de hacerlo por encima de esta, para proporcionar la inyección de lanza sumergida por la parte superior (TSL).

25 Tanto con el soplado superior como con la inyección TSL, la lanza se somete a intensas temperaturas de baño predominantes. El soplado superior en el proceso de cobre de Mitsubishi utiliza una serie de lanzas de acero relativamente pequeñas que tienen una tubería interior de unos 50 mm de diámetro y una tubería exterior de unos 100 mm de diámetro. La tubería interior termina aproximadamente al nivel del techo del horno, muy por encima de la zona de reacción. La tubería exterior, que es giratoria para evitar que se pegue a un collar refrigerado por agua en el techo del horno, se extiende hacia abajo por el espacio gaseoso del horno para colocar su extremo inferior a unos 500-800 mm por encima de la superficie superior del baño fundido. La alimentación de partículas arrastradas por el aire se sopla a través de la tubería interior, mientras que el aire enriquecido con oxígeno se sopla a través del anillo entre las tuberías. A pesar de la separación del extremo inferior de la tubería exterior por encima de la superficie del baño y del enfriamiento de la lanza por los gases que pasan a través de ella, la tubería exterior se quema unos 400 mm al día. La tubería exterior, por lo tanto, se baja lentamente y, cuando es necesario, las nuevas secciones se unen a la parte superior de la tubería exterior, consumible.

35 Las lanzas empleadas para la inyección de TSL son mucho más grandes que las de soplado superior, tal como en el proceso de Mitsubishi descrito anteriormente. Una lanza TSL generalmente tiene al menos una tubería interior y una exterior, como se supone en lo que sigue, pero puede tener al menos otra tubería concéntrica a la tubería interior y exterior. Las lanzas TSL a gran escala típicas tienen un diámetro de tubería exterior de 200 a 500 mm o más. Además, la lanza es mucho más larga y se extiende hacia abajo a través del techo de un reactor TSL, que puede tener de unos 10 a 15 m de altura, de manera que el extremo inferior de la tubería exterior se sumerja a una profundidad de unos 300 mm o más en una fase de escoria fundida del baño, pero está protegido por un revestimiento de escoria solidificada formada y mantenida en la superficie exterior de la tubería exterior por la acción de enfriamiento del flujo de gas inyectado por el interior. La tubería interior puede terminar aproximadamente al mismo nivel que la tubería exterior o en un nivel superior de hasta aproximadamente 1000 mm por encima del extremo inferior de la tubería exterior. De este modo, puede darse el caso de que solo el extremo inferior de la tubería exterior esté sumergido.

50 La tubería interior de una lanza TSL se puede utilizar para suministrar materiales de alimentación, como concentrado, flujos y reductor para inyectar en una capa de escoria del baño o se puede usar como combustible. Un gas que contiene oxígeno, tales como aire o aire enriquecido con oxígeno, se suministra a través del anillo entre las tuberías. Cuando comienza la inyección sumergida dentro de la capa de escoria del baño, el gas que contiene oxígeno y el combustible, como aceite combustible, carbón fino o gas de hidrocarburo, se suministran a la lanza y la mezcla de oxígeno/combustible resultante se enciende para generar un chorro de llama que incide en la escoria. Esto hace que la escoria se deslice dentro del baño, lo que da lugar a un movimiento significativo del baño. Este movimiento del baño, junto con la inyección de gases u otros materiales a través de la lanza, produce un movimiento de la lanza debido a las fuerzas inducidas. El intervalo de movimiento al que está sujeta una lanza sumergida por la parte superior tiene el potencial de proporcionar información importante con respecto a las operaciones del proceso que tienen lugar en el baño fundido.

60 Según la práctica convencional, la lanza es controlada por un operador que decide a qué nivel debe colocarse la punta de la lanza y lo controla subiendo o bajando la lanza en relación con el baño por medio de un aparato de elevación conectado a la lanza. Tal disposición puede incluir un soporte o guía para la lanza, denominado carro de lanza, conectándose el carro de lanza por un cable a un elevador, por lo que un sistema de control de motor permite colocar la punta de la lanza con respecto al baño fundido dentro del recipiente. Un indicador de altura de lanza, que puede controlarse desde un transmisor de cable deslizante accionado desde el tambor de lanza, se emplea para proporcionar una indicación de la posición del extremo inferior de la lanza dentro del reactor. Se instruye a los operadores para que hagan observaciones manuales con respecto al movimiento de la lanza y, con el tiempo, aprendan a reconocer

intuitivamente qué intervalo de movimiento de la lanza es indicativo de condiciones óptimas o subóptimas en el baño fundido. Por ejemplo, un operador puede colocar la lanza en el baño fundido controlando el movimiento de la lanza a ojo. La extensión del movimiento de la lanza puede ser utilizada por un operador con cierta experiencia, para estimar la profundidad a la que se sumerge la punta de la lanza en el baño fundido.

El análisis de los antecedentes de la invención incluidos en el presente documento, incluida la referencia a documentos, hechos, materiales, dispositivos, artículos y similares está destinado a explicar el contexto de la presente invención. Esto no debe tomarse como una admisión o sugerencia de que ninguno de los materiales mencionados estuviera publicado, fuera conocido o forme parte del conocimiento general común en el área de patentes a la fecha de prioridad de las reivindicaciones.

Sería deseable proporcionar uno o más sensores para supervisar una condición de funcionamiento en un baño de escoria fundida.

La publicación WO 2011/106023 presenta un sistema de predicción de desbordamiento de un horno y optimización de la lanza.

La publicación WO 2014/167532 presenta un aparato para medir la temperatura de un baño fundido en una instalación de lanza de inyección sumergida por la parte superior.

#### Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior que incluye: un baño fundido; una lanza movable entre una posición sumergida y una posición no sumergida, teniendo la lanza un extremo inferior y un extremo superior, estando el extremo inferior configurado para ser descendido dentro del baño fundido en la posición sumergida; y un dispositivo de detección montado en la lanza y configurado para detectar uno o más movimientos o fuerzas aplicadas a la lanza en la posición sumergida, en donde los movimientos o fuerzas detectados son indicativos de una condición operativa en el baño fundido.

Los ejemplos de dispositivos de detección adecuados incluyen sensores de orientación en general, y más específicamente, uno o más de un acelerómetro, un giroscopio y/o un magnetómetro. Un acelerómetro, por ejemplo, se puede utilizar para detectar la orientación de la lanza detectando la magnitud y la dirección de los movimientos de la lanza, la aceleración de la lanza en varias direcciones y/o las fuerzas  $g$  a las que está sujeta la lanza. Dichos sensores de orientación se pueden usar solos o en combinación para proporcionar la funcionalidad requerida al dispositivo de detección.

Dado que el deslizamiento del baño se considera típico de las condiciones operativas normales dentro del reactor, y el deslizamiento del baño generalmente causa un movimiento involuntario de la lanza, una evaluación de las condiciones operativas en el baño fundido puede basarse en los patrones de movimiento de la lanza. Por ejemplo, el movimiento de la lanza se ve afectado por condiciones variables que incluyen la posición de la lanza dentro del reactor, incluida la proximidad de la lanza al baño fundido; los niveles de escoria, las variaciones en la viscosidad de la escoria, la temperatura del baño fundido y similares. Donde un patrón de movimiento de lanza indica una condición operativa indeseable, de modo que la lanza quede sumergida demasiado profundamente en el baño fundido o no esté sumergida en absoluto o que la escoria sea demasiado viscosa, esta determinación se puede utilizar para realizar ajustes en las condiciones operativas dentro del sistema del reactor con el objetivo final de mejorar la eficiencia de la operación.

En una realización, el dispositivo de detección está montado distal al extremo inferior de la lanza. Esta configuración protege el dispositivo de detección de las condiciones en el baño fundido colocando el dispositivo de detección tan lejos como sea práctico del baño fundido, es decir, montando el dispositivo de detección hacia el extremo de la lanza que podría montarse en un aparato de elevación, como un carro de lanza y un elevador, en lugar de en el extremo inferior de la lanza que se sumergirá en el baño fundido durante el funcionamiento.

El dispositivo de detección puede estar acoplado de forma inalámbrica o por cables a un receptor al que se transmite una pluralidad de señales detectadas. El receptor puede incluir medios de procesamiento configurados para analizar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza. Como alternativa, parte o toda la funcionalidad de procesamiento puede incluirse en una estación base ubicada de forma remota.

Los medios de procesamiento pueden generar una salida para indicar visualmente a un operador del sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior, las condiciones de funcionamiento en el baño fundido en función de las señales detectadas. En una realización, la salida está en forma de una o más gráficas que proporcionan un indicador visual de cualquier desplazamiento de la lanza en al menos dos dimensiones. Preferentemente, el desplazamiento de la lanza se indica en tres dimensiones, es decir, en los planos X, Y y Z. La gráfica puede adoptar la forma de un mapa de movimiento o podría adoptar la forma de un gráfico de barras o similar.

En otras realizaciones, el indicador visual adopta la forma de una representación numérica o en color que un operador reconoce como indicador de condiciones deseables, indeseables o neutras en el baño, por ejemplo.

5 En una realización, la lanza está montada en un aparato elevador operable para colocar la lanza entre la posición sumergida y la posición no sumergida. La lanza se monta preferentemente en el aparato de elevación en un punto que es intermedio al extremo inferior de la lanza y un extremo superior de la lanza. Además, el dispositivo de detección está montado preferentemente próximo al extremo superior de la lanza para proteger al dispositivo de detección de la exposición a las condiciones en el baño fundido.

10 Los dispositivos de detección adecuados incluyen sensores de orientación en general y, más específicamente, uno o más de un acelerómetro, un giroscopio y/o un magnetómetro. En una realización particular, el dispositivo de detección es una unidad de medida inercial (IMU).

15 El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior puede incluir además un receptor configurado para recibir una pluralidad de señales detectadas transmitidas por el dispositivo de detección. El receptor puede incluir medios de procesamiento configurados para analizar las señales detectadas o, como alternativa, esta funcionalidad puede incluirse en un dispositivo remoto, como una estación base.

20 Los medios de procesamiento pueden generar una salida para indicar visualmente las condiciones operativas del baño fundido en función de las señales detectadas. En una realización particular, la salida generada por los medios de procesamiento puede comprender una o más gráficas para proporcionar un indicador visual del desplazamiento de la lanza en al menos dos dimensiones. Preferentemente, el desplazamiento de la lanza se traza con respecto a tres dimensiones.

25 De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, se proporciona un método para determinar una condición operativa en un baño fundido de un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior, incluyendo el método las siguientes etapas: proporcionar un dispositivo de detección montado en una lanza; bajar al menos un extremo inferior de una lanza en el baño fundido hacia una posición sumergida; generar una o más señales detectadas en respuesta a movimientos y/o fuerzas aplicadas a la lanza; y transmitir las señales detectadas a un receptor; procesar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza o una fuerza aplicada a la misma; en donde el movimiento o la fuerza aplicada a la lanza es indicativo de una condición operativa en el baño fundido.

30 En una forma del método, el receptor incluye medios de procesamiento que derivan datos con respecto a las condiciones de funcionamiento del baño fundido en función de las señales detectadas.

35 En otra forma del método, el receptor está acoplado comunicativamente a una estación base que tiene medios de procesamiento que derivan datos con respecto a las condiciones operativas del baño fundido en función de las señales detectadas.

40 La etapa de detectar uno o más movimientos de la lanza incluye preferentemente determinar un desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y y Z.

45 La etapa de detectar uno o más movimientos o fuerzas aplicadas a la lanza puede incluir uno o más de medir una aceleración de la lanza; medir un movimiento giratorio de la lanza; y/o medir vibraciones y/o tensión.

Breve descripción de los dibujos

50 La presente invención se describirá ahora en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Debe entenderse que las realizaciones mostradas son solo ejemplos y no deben tomarse como limitaciones del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

55 La Figura 1 es un esquema parcialmente recortado de un horno de fundición de baño fundido que incluye una lanza superior sumergida de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 2 es un esquema que muestra una lanza superior sumergida de acuerdo con la técnica anterior.

60 La Figura 3 es una ilustración esquemática que muestra una lanza de inyección sumergida por la parte superior equipada con el dispositivo de detección de la presente invención.

La Figura 4A es un esquema que muestra una lanza colocada fuera del baño fundido.

65 La Figura 4B es una gráfica correspondiente que indica el desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y y Z cuando la lanza se coloca fuera del baño fundido de acuerdo con el esquema que se muestra en la Figura 4A.

La Figura 5A es un esquema que muestra una lanza colocada justo por encima de la superficie de un baño fundido.

La Figura 5B es una gráfica correspondiente que indica el desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y y Z cuando la lanza se coloca justo por encima de la superficie del baño fundido de acuerdo con el esquema que se muestra en la Figura 5A.

5 La Figura 6A es un esquema que muestra una posición normal de funcionamiento de una lanza en relación con el baño fundido.

10 La Figura 6B es una gráfica correspondiente que indica el desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y y Z cuando la lanza está en una posición normal de funcionamiento en el baño fundido de acuerdo con el esquema que se muestra en la Figura 6A.

La Figura 7A es un esquema que muestra una lanza expuesta a una condición de funcionamiento anormal en el baño fundido.

15 La Figura 7B es una gráfica correspondiente que indica el desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y y Z cuando la lanza está expuesta a una condición de funcionamiento anormal en el baño fundido de acuerdo con el esquema que se muestra en la Figura 7A.

20 La Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar una condición operativa en un baño fundido de un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior de acuerdo con una realización de la presente invención.

#### Descripción detallada

25 En primer lugar, haciendo referencia a la Figura 1, se muestra un ejemplo de un sistema 100 de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior. El reactor 102 tiene una carcasa cilíndrica 104 cerrada por su extremo superior por un techo inclinado 106 desde el cual un conducto de salida 108 se proyecta hacia arriba hasta una caldera de descarga de gas/intercambiador de calor 110. En la Figura 1, se ha retirado una sección de la carcasa 104 para permitir la visualización del interior del reactor 102, aunque la carcasa 104 es circunferencialmente continua a todos los niveles de su altura, aparte de los agujeros de colada. El techo 106 tiene una entrada 112 hacia abajo a través de la cual se extiende una lanza de inyección sumergida por la parte superior 114, de manera que una porción de extremo inferior de la lanza 115 se sumerge en el baño fundido 116. El reactor 102 también tiene un puerto de alimentación 118 que se abre a través del techo 106 para permitir que las materias primas de una operación pirometalúrgica requerida se carguen en el baño 116, y un puerto de quemador 120 para permitir la inserción de un quemador 122, si es necesario, para calentar el reactor. La lanza 114 tiene conectores 124 que permiten la conexión de la lanza 114 a fuentes separadas de combustible/reductor y gas que contiene oxígeno, para permitir el paso separado de estos materiales hacia abajo a través de la lanza 114 y para mezclarse en el extremo de salida, inferior, de la lanza para alimentar una mezcla de combustión. La combustión de la mezcla de combustible y oxígeno genera una zona de combustión en el baño fundido 116 en el extremo de salida, inferior, de la lanza 115, así como una fuerte turbulencia en el baño fundido 116 que hace que las materias primas cargadas a través del puerto 118 se dispersen en el baño fundido para dar lugar a las reacciones pirometalúrgicas requeridas en el mismo.

45 La lanza 114, como se representa en la Figura 2, es una ilustración esquemática del extremo inferior de una forma ejemplar de la lanza de inyección sumergida por la parte superior 114 para ser equipada con el dispositivo de detección de la presente invención. La lanza 114 comprende una tubería exterior 202, una tubería interior 204 y, entre las tuberías 202 y 204, una tubería intermedia 206. Las tuberías 202, 204 y 206 son sustancialmente circulares en sección transversal y están sustancialmente dispuestas concéntricamente. Un paso anular 208 definido entre las tuberías 202 y 206 permite el suministro de aire, mientras que un paso 210 definido entre las tuberías 204 y 206 permite el suministro de oxígeno. El orificio 212 definido por la tubería 204 permite el suministro de combustible/reductor. Como se muestra, las tuberías 204 y 206 terminan a una corta distancia, con relación a la longitud total de la lanza 114, por encima del extremo inferior de la tubería 202 para proporcionar una cámara de mezcla 214 en la que el combustible/reductor, aire y oxígeno se mezclan para facilitar la combustión eficiente del combustible en el extremo inferior de la tubería 202. La lanza 114 puede tener una longitud de hasta aproximadamente 25 metros y un diámetro exterior de hasta aproximadamente 0,5 metros para un funcionamiento comercial. Una versión de la planta piloto de la lanza 114 puede tener solo unos 4 metros de largo y unos 0,075 metros de diámetro exterior.

60 Con referencia ahora a la Figura 3, una forma ejemplar del dispositivo de detección para determinar las condiciones operativas en un baño fundido se muestra en combinación con la lanza de la Figura 2. El dispositivo de detección 302, se muestra ampliado con relación al diámetro de la lanza 114. El dispositivo de detección 302 está montado en la lanza 114 y detecta el movimiento de la lanza y/o las fuerzas aplicadas a la lanza, tales como una aceleración de la fuerza g, en tres dimensiones, sustancialmente en el plano horizontal (eje X 312 y eje Y 314), y sustancialmente en el plano vertical (eje Z 316). Preferentemente, la detección se produce de manera continua durante el funcionamiento del sistema de reactor de inyección de lanza 100 (véase la Figura 1), aunque se prevé que la detección podría programarse para que se produzca a intervalos predeterminados para proporcionar una verificación o punto de comparación para futuras señales detectadas. Los movimientos detectados por el dispositivo de detección 302 son

indicativos de las condiciones operativas en el baño fundido 116 (véase la Figura 1) como se detallará en los siguientes párrafos.

5 Dado que el contenido de un inyector de lanza sumergida por la parte superior no es visible, puede ser muy difícil para un operador tener una apreciación real de las condiciones operativas en el baño fundido. Normalmente, un operador aprenderá por experiencia cómo responderá y se comportará la lanza en condiciones particulares. La inyección de gas que contiene oxígeno y combustible en el baño fundido hace que la escoria se deslice en el baño. El deslizamiento o movimiento del baño, junto con las fuerzas inducidas por gases u otros materiales inyectados a través de la propia lanza, causan diversos movimientos involuntarios de la lanza. La magnitud y dirección del movimiento, junto con la fuerza y/o la aceleración (referida como "G" en cada eje direccional en la Figura 3) de una lanza que está al menos parcialmente sumergida en el baño fundido es, por lo tanto, un indicador fiable de las condiciones operativas en el baño fundido.

15 Por ejemplo, tal y como se ilustra en la Figura 3, el dispositivo de detección 302 está montado distal al extremo inferior 304 de la lanza 114. Esta configuración aleja el dispositivo de detección 302 de la exposición a las condiciones en el baño fundido 116 (véase la Figura 1). Cualquier movimiento que ocurra en la punta 310 de la lanza, es decir, la extremidad del extremo inferior de la lanza 304, se traslada sustancialmente al extremo superior de la lanza 306. Por consiguiente, el dispositivo de detección 302 se puede montar distal al extremo inferior 304 de la lanza 114 que se sumerge en el baño fundido y aun así proporcionar una indicación útil en cuanto a las condiciones operativas en el baño fundido.

25 La lanza 114 está montada o fijada a un aparato de elevación (no mostrado) en un punto 308 en la lanza que es intermedio al extremo inferior 304 y al extremo superior 306 de la lanza. Dado que la posición de la lanza 114 solo es fija en este punto intermedio 308, cualquier movimiento inducido por fuerzas que actúen sobre la punta 310 de la lanza se trasladará por toda la longitud de la lanza. Mientras que el montaje de la lanza 114 en un aparato de elevación en sí mismo proporciona una fuente de restricción física que podría proporcionarse adicionalmente por medio de una restricción física separada conectada en otro lugar a la lanza 114, la traslación de un movimiento o fuerza aplicada a la punta 310 de la lanza se producirá en cualquier caso debido a las fuerzas significativas a las que se somete una lanza sumergida por la parte superior 114 durante el funcionamiento.

30 El intervalo de movimientos y/o fuerzas que puede medir el dispositivo de detección 302 incluye al menos: desplazamiento en hasta tres dimensiones, es decir, los planos X, Y y Z; fuerzas de aceleración; movimiento giratorio; y vibración o tensión. La medición del desplazamiento de la lanza en al menos dos dimensiones, por ejemplo, el desplazamiento en el plano X e Y es un indicador fiable del desplazamiento debido al deslizamiento del baño. La medición del desplazamiento en una tercera dimensión, por ejemplo, el movimiento en el plano Z causado por la inyección bajo una escoria de fluido normal es un indicador adicional de las condiciones operativas.

35 El intervalo propuesto de movimientos de lanza se puede detectar mediante un dispositivo de detección que incluye uno o más de una variedad de sensores independientes, como un sensor de orientación, un acelerómetro, un giroscopio o un magnetómetro. Como alternativa, la funcionalidad de una variedad de sensores puede proporcionarse en un solo dispositivo de detección en forma de una Unidad de Medición Inercial (IMU).

40 El dispositivo de detección está acoplado a un receptor configurado para recibir una pluralidad de señales detectadas, transmitidas desde el dispositivo de detección. Si el receptor incluye medios de procesamiento, las señales detectadas son analizadas por el receptor para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza. Como alternativa, si el receptor no incluye medios de procesamiento, esta funcionalidad puede incluirse en una estación base ubicada de forma remota. En cualquier caso, los medios de procesamiento analizan las señales detectadas y generan una salida para indicar visualmente las condiciones operativas del baño fundido. La salida está en una forma que puede ser fácilmente interpretada por un operador del reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior. Por ejemplo, la salida puede proporcionarse en forma de una o más gráficas que proporcionan un indicador visual del desplazamiento de la lanza en al menos dos dimensiones. A continuación, se describen ejemplos de dichas gráficas con referencia a las Figuras 4B, 5B, 6B y 7B.

45 Otras funcionalidades como la adquisición de datos, el almacenamiento y el procesamiento de la señal también pueden estar integradas en el receptor. Como alternativa, parte o la totalidad de estas funcionalidades pueden incluirse en un dispositivo remoto, como una estación base.

50 El receptor puede estar acoplado de forma inalámbrica a la estación base a través de una red inalámbrica como Bluetooth, Wifi, Zig-Bee o LAN inalámbrica, o WAN inalámbrica como redes 3G o 4G u otras redes inalámbricas que pueden estar disponibles de vez en cuando. Como alternativa, el receptor puede estar cableado al receptor o a la estación base remota. Idealmente, los datos transmitidos al receptor se procesan en tiempo real, aunque se contempla que los datos podrían obtenerse del receptor en lotes y posteriormente procesarse fuera de línea. El procesamiento en tiempo real de los datos detectados permite la supervisión en tiempo real y la adaptación de los procedimientos operativos para adaptarse a las condiciones operativas actuales.

Con referencia ahora a las Figuras 4A y 4B, se muestra un primer ejemplo de una condición operativa que puede detectarse usando el dispositivo de detección de la presente invención. Con referencia en primer lugar a la Figura 4A, la lanza está "fuera del baño", es decir, la punta 310 de la lanza no está sumergida en el baño fundido 116 y, por consiguiente, no se ejercerán fuerzas sobre ella por deslizamiento o movimiento del baño. En esta condición, como sería de esperar, la salida correspondiente o gráfica 400 que se muestra en la Figura 4B no muestra ningún desplazamiento de la lanza en los ejes X, Y o Z. Una condición "fuera del baño" es claramente indeseable, no solo porque los gases u otros materiales inyectados a través de la lanza 114 no se inyectan directamente en el baño fundido 116, sino también porque esto puede causar un desgaste adicional en la punta 310 de la lanza que no estará protegida por un recubrimiento de escoria solidificada que se forma en la punta de la lanza durante las condiciones operativas normales.

Con referencia ahora a la Figura 5A, se muestra esquemáticamente una condición de "chorro superior", donde la posición de la lanza 114 está justo a punto de sumergirse en el baño fundido 116. La punta 310 de la lanza se coloca justo por encima de la superficie del baño fundido 116. Esta condición es indeseable por razones similares a la condición "fuera del baño", es decir, los gases u otros materiales no se inyectan directamente en el baño fundido 116 y se hace que la punta 310 de la lanza se desgaste prematuramente. Una condición de "chorro superior" se indica mediante una gráfica 500 como se muestra, por ejemplo, en la Figura 5B. Esta gráfica 500 muestra un movimiento relativamente homogéneo de la lanza en los planos X, Y y Z con intervalos de movimiento similares de magnitud similar en tres dimensiones. Este patrón de movimiento resulta del impacto limitado del deslizamiento o movimiento del baño en la lanza.

Con referencia ahora a la Figura 6A, se muestra una condición de funcionamiento normal o deseable en donde la lanza 114 se sumerge en el baño fundido 116 a la profundidad óptima y la escoria en el baño fundido es fluida. En tales condiciones operativas deseables, el patrón de movimiento de la lanza 114 típicamente mostrará algunas irregularidades con respecto al desplazamiento de la lanza en los planos X, Y y Z como lo demuestra la gráfica 600 que se muestra en la Figura 6B. Este patrón irregular de desplazamientos de lanza de magnitudes similares se debe a un deslizamiento regular del baño facilitado por una escoria fluida con la punta de la lanza sumergida a una profundidad óptima.

Con referencia ahora a las Figuras 7A y 7B, se muestra un ejemplo de una condición de funcionamiento anormal, en donde la lanza 114 está sumergida demasiado profundamente en el baño fundido 116. La gráfica 700 resultante que se muestra en la Figura 7B indica un desplazamiento errático de la lanza en los planos X, Y y Z. Además, la magnitud de los desplazamientos es de naturaleza aleatoria. Otros factores que pueden resultar en gráficas similares incluyen cuando la escoria es demasiado viscosa, lo que resulta en un deslizamiento imprevisible del baño, lo que además puede ser indicativo de una temperatura del baño demasiado baja.

También se pueden medir las fuerzas de aceleración normales que surgirán de las interacciones con el baño fundido debido a un fenómeno como el movimiento de onda inducido o el deslizamiento del baño.

A través de la calibración del dispositivo de detección, las condiciones normales de funcionamiento pueden compararse de manera regular o continua con las condiciones calibradas, de manera que el operador puede ajustar los parámetros operativos del reactor en respuesta a las anomalías detectadas. Por ejemplo, el dispositivo puede estar configurado para generar una alerta visible, audible o táctil si se detectan condiciones de funcionamiento indeseables. Una alerta visible puede adoptar la forma de una gráfica como se describe con referencia a las Figuras. Por ejemplo, los anillos en las gráficas podrían estar codificados por colores para indicar más claramente a un operador que cuando el movimiento de la lanza en una dirección entra en una "zona roja", por ejemplo, esto indica una condición indeseable dentro del baño y que se deben tomar medidas reparadoras. En contraposición, si la gráfica se mantiene dentro de una "zona verde" por ejemplo, esto podría indicar que las condiciones dentro del baño son deseables, mientras que una "zona amarilla" podría indicar que las condiciones deben vigilarse estrechamente. Como alternativa, la alerta visible puede simplificarse en una representación numérica o codificada por colores, por ejemplo, una sola luz verde, amarilla o roja para indicar condiciones deseables, neutras o indeseables dentro del baño. Sea cual sea la forma que adopte la alerta, tiene la intención de alertar al operador sobre las condiciones indeseables en el reactor en tiempo real, lo que permite tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Con referencia ahora a la Figura 8, se muestra un diagrama de flujo que ilustra el método 800 para determinar una condición operativa en un baño fundido de un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior como se describió anteriormente. El método incluye en la etapa 810 proporcionar un dispositivo de detección montado en una lanza. Al menos un extremo inferior de la lanza se coloca o desciende en el baño fundido hacia una posición sumergida en la etapa 820. Las señales detectadas se generan en respuesta al movimiento de la lanza en la etapa 830 y se transmiten a un receptor en la etapa 840. En la etapa 850, las señales detectadas se procesan para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza. La magnitud y la dirección del movimiento de la lanza es indicativa de una o más condiciones de funcionamiento en el baño fundido en la etapa 860. El método es iterativo, de manera que las señales detectadas se generan continuamente o a intervalos regulares o incluso aleatorios para proporcionar una supervisión continua de las condiciones operativas en el baño fundido.

- 5 El dispositivo de detección de la presente invención confiere varias ventajas y beneficios al funcionamiento de los reactores de inyección de lanza sumergida por la parte superior. El funcionamiento de la propia lanza actúa como un sensor para indicar las condiciones en el baño fundido por medio del dispositivo de detección. Midiendo el movimiento de la lanza se obtienen varias características de funcionamiento del reactor y pueden medirse, registrarse y compararse con las condiciones de funcionamiento de la planta deseables u óptimas para permitir que se tomen acciones correctivas de manera oportuna en respuesta a las condiciones detectadas que son subóptimas. Por lo tanto, la eficiencia del reactor se puede optimizar.
- 10 Cuando los términos "comprenden", "comprende", "comprendido" o "que comprende" se utilizan en esta memoria descriptiva (incluidas las reivindicaciones) debe interpretarse que especifican la presencia de las características indicadas, elementos integrantes, etapas o componentes, pero no excluyen la presencia de una o más características distintas, elementos integrantes, etapas o componentes o grupo de los mismos.
- 15 Si bien la invención se ha descrito en conjunto con un número limitado de realizaciones, los expertos en la materia apreciarán que muchas alternativas, modificaciones y variaciones son posibles a la luz de la descripción anterior. Por consiguiente, la presente invención pretende abarcar todas estas alternativas, modificaciones y variaciones que pueden englobarse dentro de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) que incluye:
  - 5 un baño fundido (116);  
una lanza (114) que se puede mover entre una posición sumergida y una no sumergida, teniendo la lanza (114) un extremo inferior (304) y un extremo superior (306), estando el extremo inferior (304) configurado para bajarse al baño fundido (116) en la posición sumergida; y  
10 un dispositivo de detección (302) montado en la lanza (114) y configurado para detectar uno o más movimientos o fuerzas aplicadas a la lanza (114) en la posición sumergida, en donde los movimientos o fuerzas detectadas son indicativos de una condición operativa en el baño fundido (116).
  - 15 2. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la lanza (114) está montada en un aparato de elevación operable para colocar la lanza (114) entre la posición sumergida y la posición no sumergida, estando la lanza (114) montada en el aparato de elevación en un punto intermedio al extremo inferior (304) de la lanza (114) y a un extremo superior (306) de la lanza (114), en donde el dispositivo de detección (302) está montado proximal al extremo superior (306) de la lanza (114).
  - 20 3. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el dispositivo de detección (302) es un sensor de orientación.
  - 25 4. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el dispositivo de detección (302) incluye uno o más de un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro.
  - 30 5. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que incluye además un receptor configurado para recibir una pluralidad de señales detectadas.
  - 35 6. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el receptor incluye medios de procesamiento configurados para analizar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza.
  - 40 7. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el receptor está acoplado comunicativamente con una estación base ubicada de forma remota que incluye medios de procesamiento configurados para analizar señales para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza.
  - 45 8. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde los medios de procesamiento generan una salida para indicar visualmente la condición operativa del baño fundido (116) en función de las señales detectadas.
  9. El sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la salida está en forma de una o más gráficas para proporcionar un indicador visual del desplazamiento de la lanza (114) en al menos dos dimensiones.
  - 50 10. Un método para determinar una condición operativa en un baño fundido (116) de un sistema de reactor de inyección de lanza sumergida por la parte superior (100), incluyendo el método las siguientes etapas:
    - 50 proporcionar un dispositivo de detección (302) montado en una lanza (114);  
bajar al menos un extremo inferior (304) de una lanza (114) dentro del el baño fundido (116) hacia una posición sumergida;  
generar una o más señales detectadas en respuesta a movimientos y/o fuerzas aplicadas a la lanza (114) en la posición sumergida; y transmitir las señales detectadas a un receptor;
    - 55 procesar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza o una fuerza aplicada a la misma;  
en donde la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza o la fuerza aplicada a la lanza (114) es indicativa de una condición operativa en el baño fundido (116).
  - 60 11. El método para determinar una condición operativa en un baño fundido (116) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la etapa de procesar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza incluye determinar un desplazamiento de la lanza (114) en los ejes X, Y y Z.
  - 65 12. El método para determinar una condición operativa en un baño fundido (116) de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en donde procesar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza incluye determinar una aceleración de la lanza (114).

13. El método para determinar una condición operativa en un baño fundido (116) de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en donde el procesamiento de las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza incluye la determinación de un movimiento giratorio de la lanza (114).
- 5 14. El método para determinar una condición operativa en un baño fundido (116) de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en donde procesar las señales detectadas para determinar al menos la magnitud y la dirección del movimiento de la lanza incluye determinar la vibración.

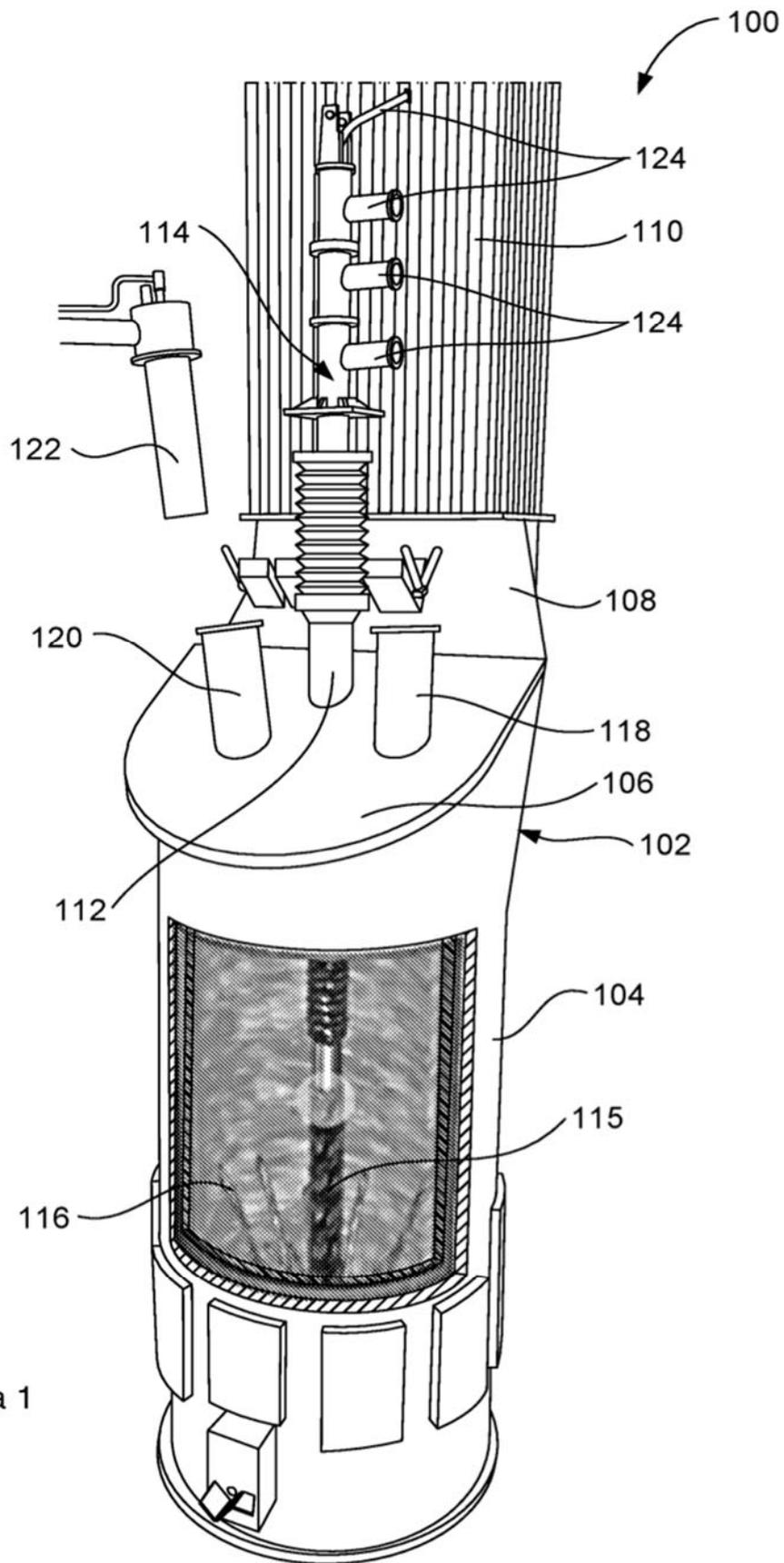
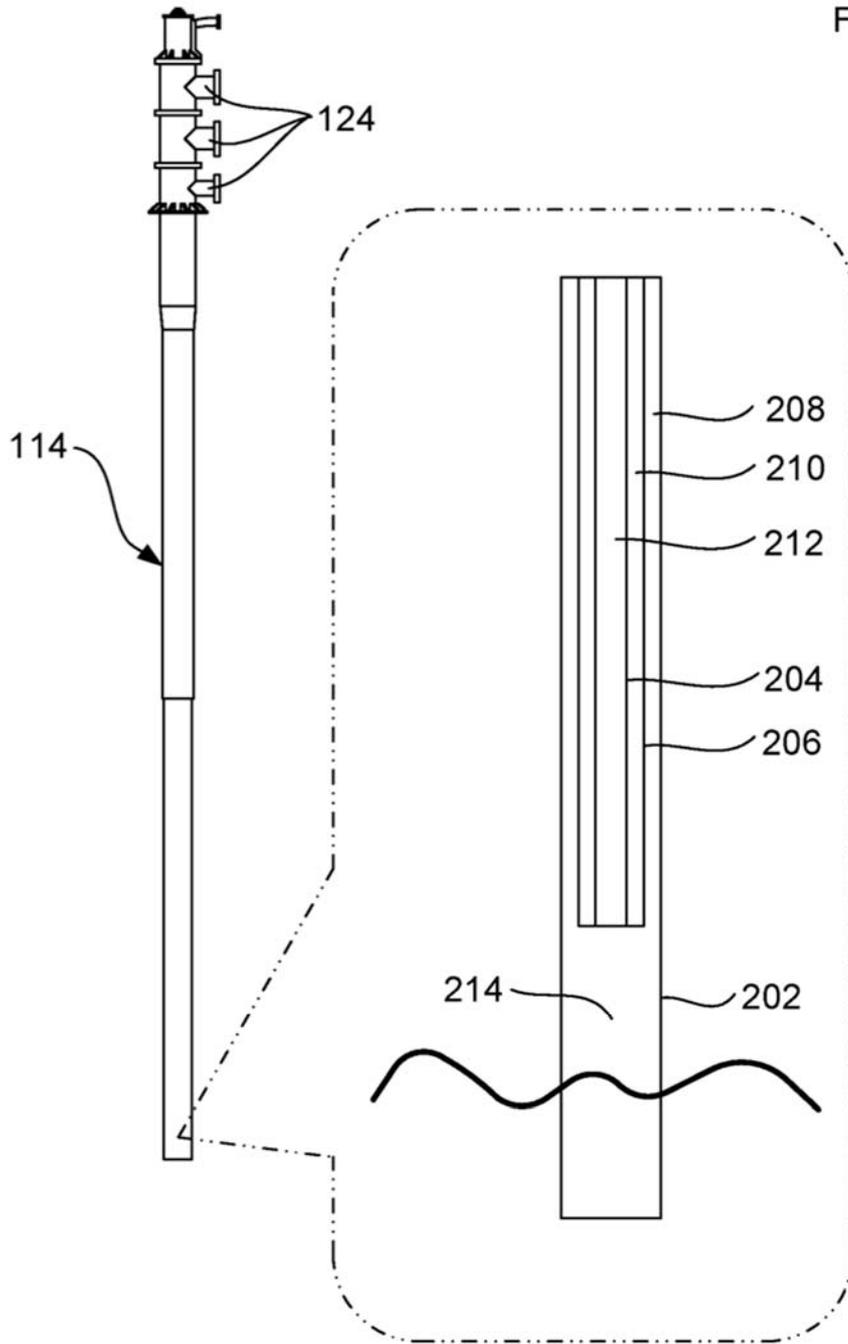


Figura 1

Figura 2



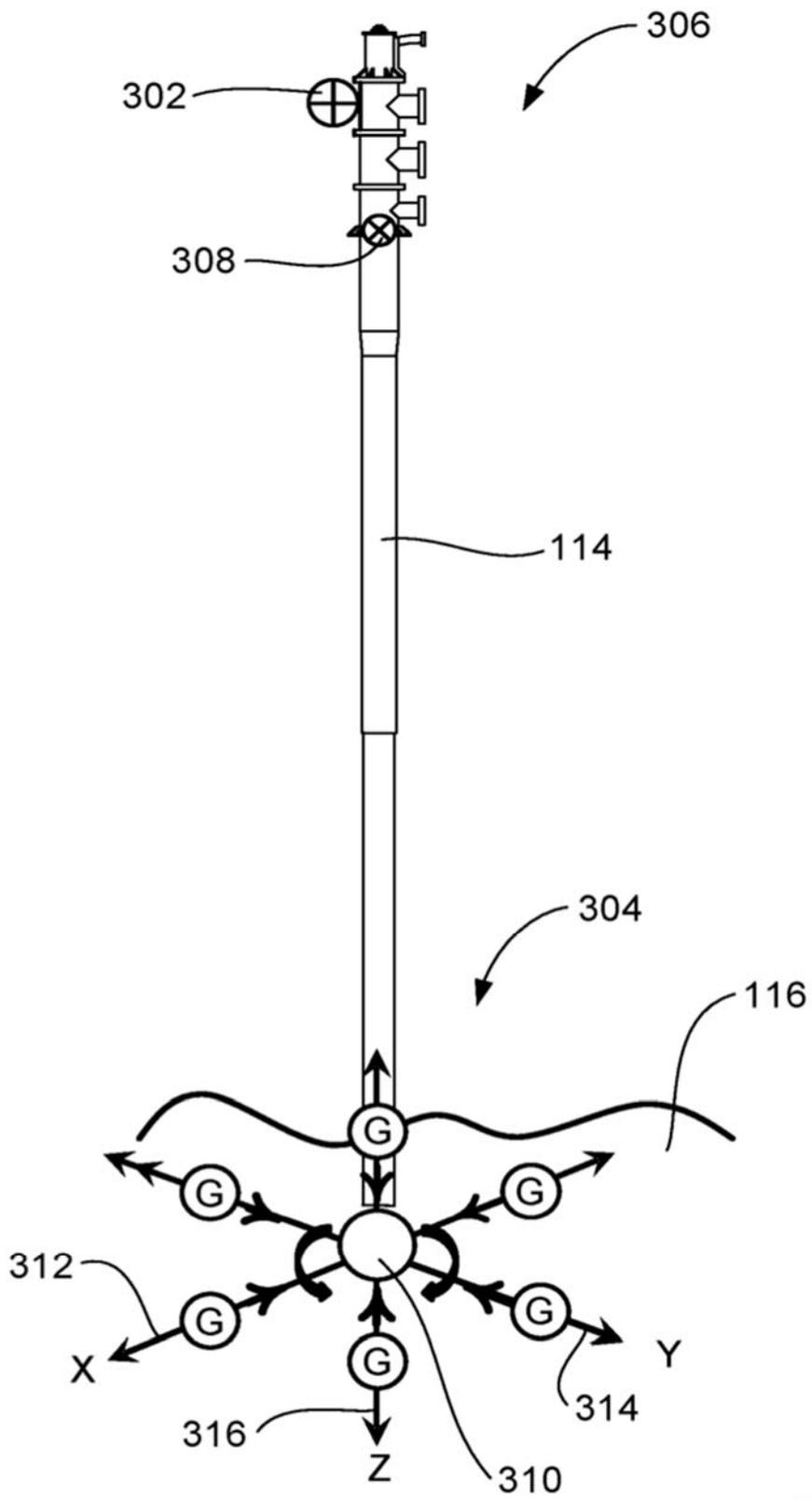


Figura 3

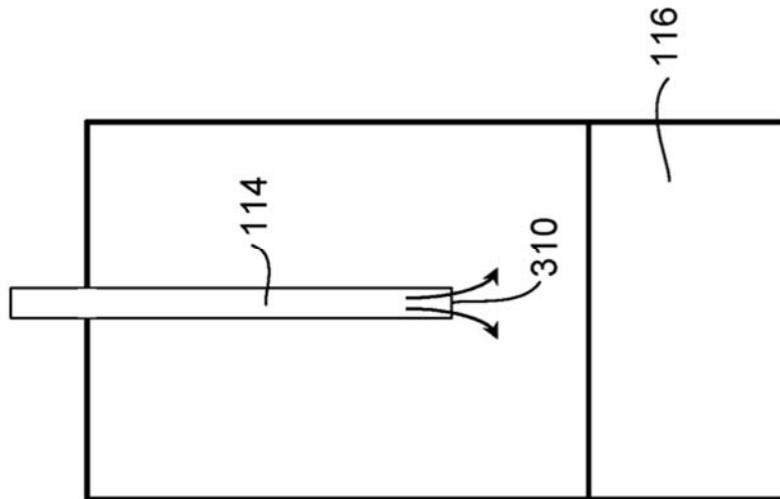


Figure 4A

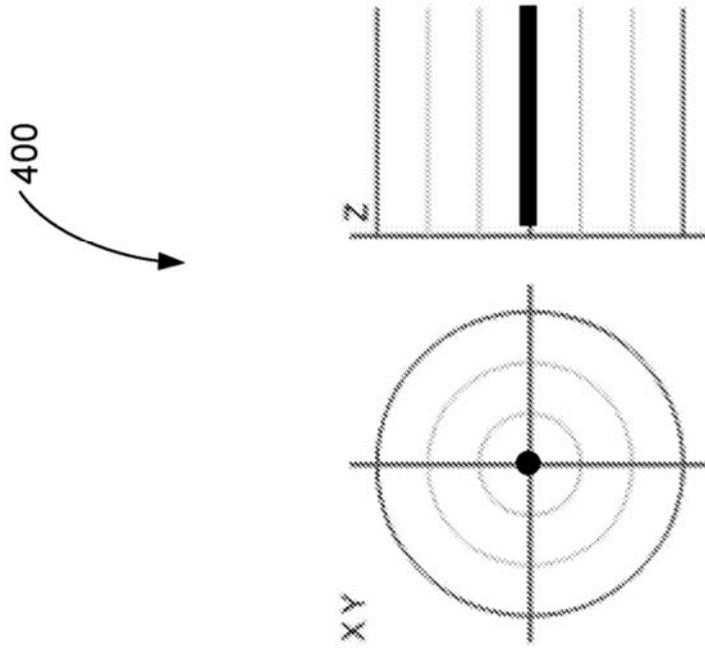


Figure 4B

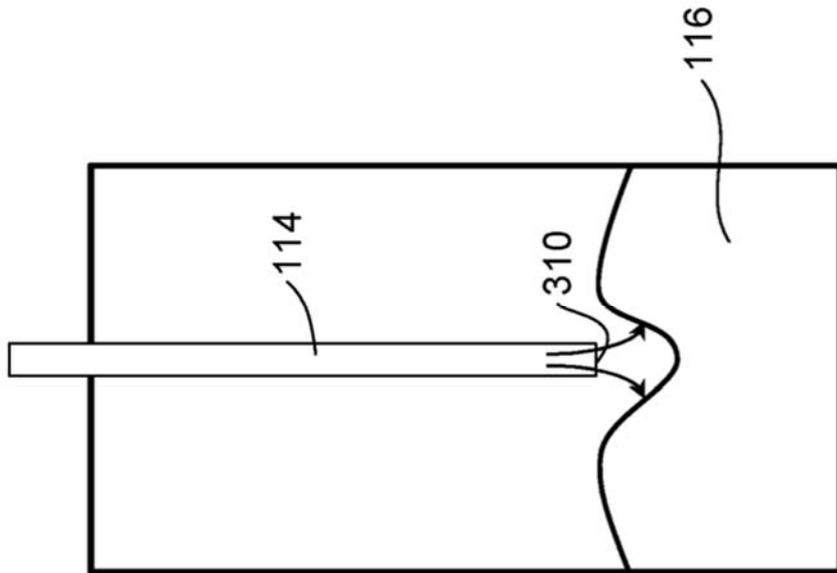


Figure 5A

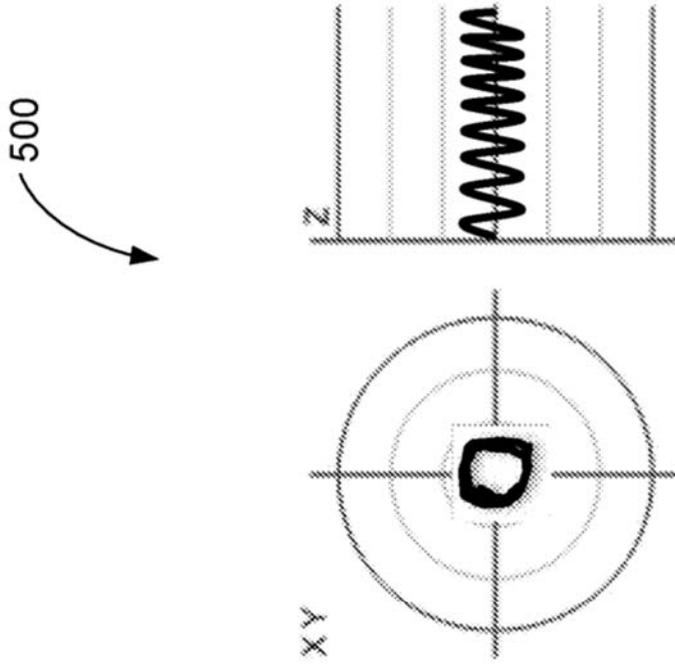


Figure 5B

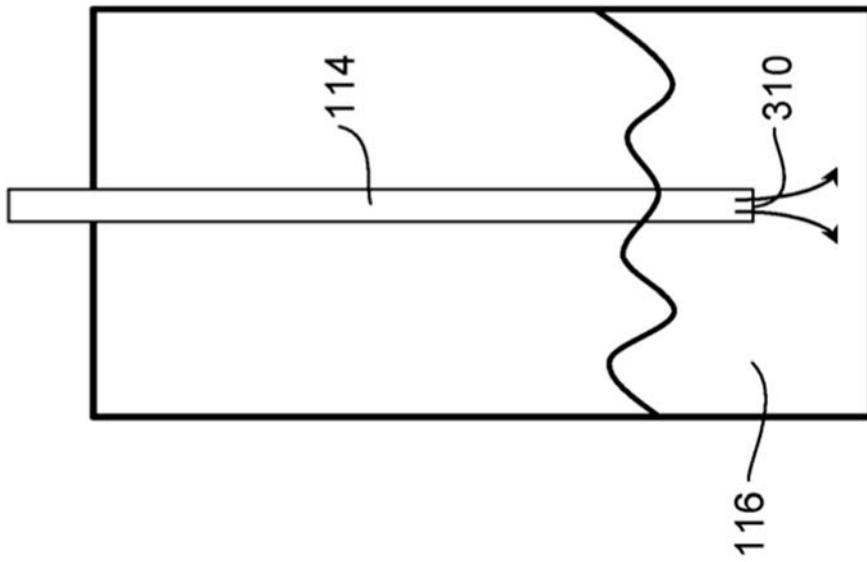


Figura 6A

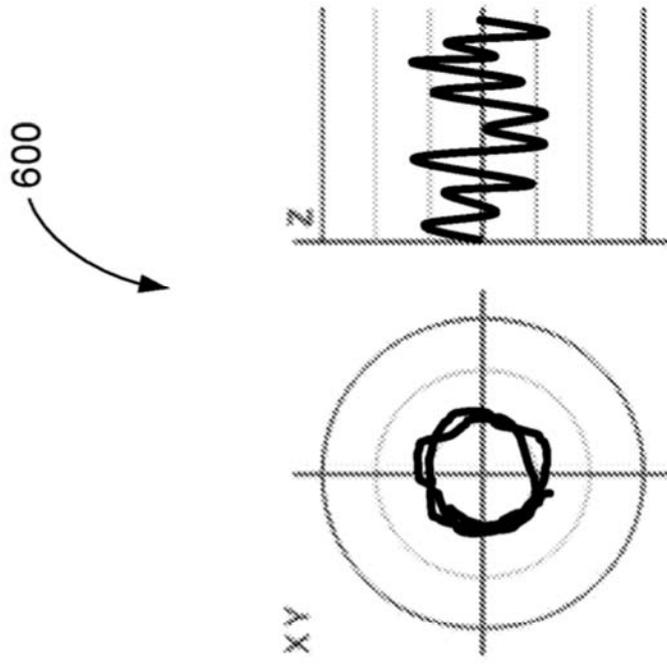


Figura 6B

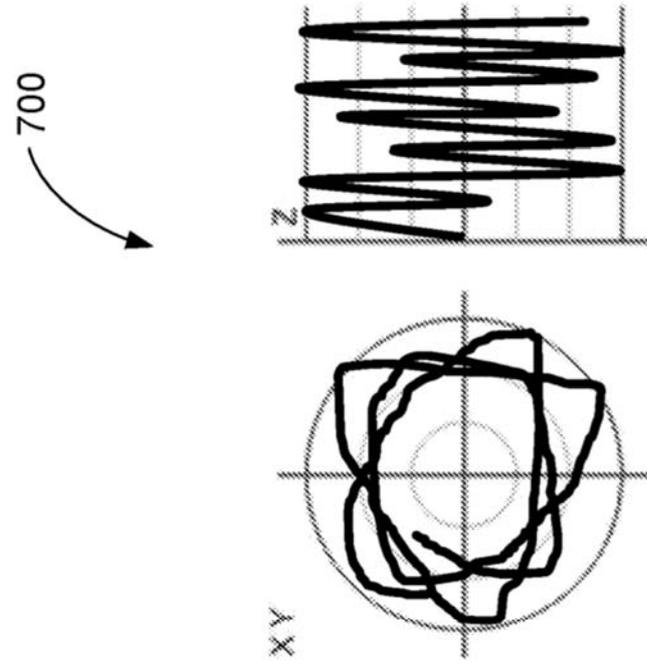


Figure 7A

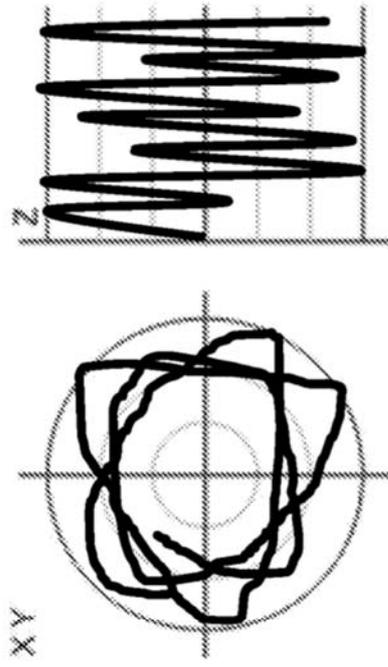


Figure 7B

700

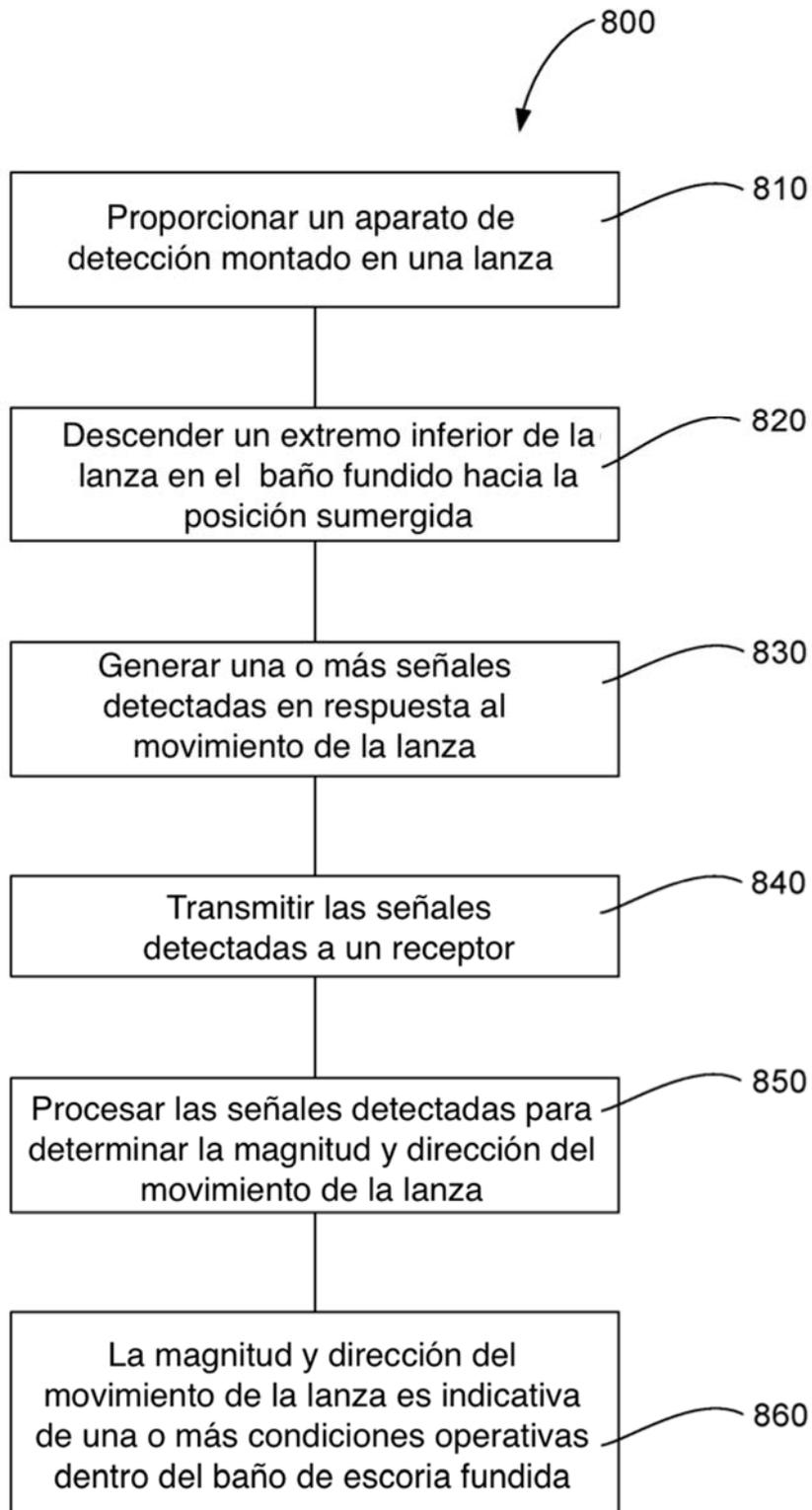


Figura 8