

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 835 702**

51 Int. Cl.:

**G01F 23/28** (2006.01)

**G01B 15/02** (2006.01)

**G01B 7/06** (2006.01)

**G01F 23/284** (2006.01)

**G01N 22/00** (2006.01)

**G01N 23/00** (2006.01)

**G01N 27/74** (2006.01)

**F27D 21/00** (2006.01)

**B22D 2/00** (2006.01)

**G01F 23/288** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2010 PCT/CA2010/000256**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.08.2010 WO10094139**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2010 E 10743384 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020 EP 2399101**

54 Título: **Medición electromagnética del nivel de un baño para hornos pirometalúrgicos**

30 Prioridad:

**23.02.2009 US 154448 P**

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

**23.06.2021**

73 Titular/es:

**HATCH LTD. (100.0%)  
Sheridan Science & Technology Park 2800  
Speakman Drive  
Mississauga, Ontario L5K 2R7, CA**

72 Inventor/es:

**SADRI, AFSHIN;  
SHAMELI, EHSAN;  
WASMUND, BERT O. y  
VOERMANN, NILS W.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 835 702 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

Medición electromagnética del nivel de un baño para hornos pirometalúrgicos

### Campo

- 5 Las realizaciones descritas se refieren a la medición del nivel de un baño electromagnético. Más específicamente, las realizaciones descritas se refieren a la medición del nivel del baño electromagnético de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductoras contenida dentro de un vaso.

### Antecedentes

- 10 La producción de metales como hierro, níquel, cobre, aluminio, plomo, cobalto y platino se realiza normalmente mediante la fundición de concentrados en varios procesos de fundición y purificación. Los gránulos impuros y de bajo contenido de mineral que se introducen en el horno pirometalúrgico se denominan comúnmente concentrados. El mineral contenido en los concentrados a menudo se oxida y se mezcla con silicatos, otros metales y otras impurezas. Cuando los concentrados se exponen a altas temperaturas durante la fundición, estas impurezas se separan de la fase metálica fundida deseada y se pueden eliminar por extracción o por otras técnicas.

- 15 La fase metálica fundida deseada se conoce como fase metálica o de mata, mientras que las impurezas forman una fase de escoria. La densidad de la fase de mata es generalmente mayor que la fase de escoria. Esta diferencia de densidad permite la separación de las fases de escoria y mata, ya que la escoria tiende a flotar sobre la fase de mata fundida. El límite entre la fase de mata fundida y la escoria se denomina comúnmente interfaz mata/escoria.

- 20 Tanto desde el punto de vista productivo como económico, es deseable determinar la posición del nivel de la interfaz mata/escoria. La velocidad y la economía de la producción se ven afectadas por el conocimiento preciso de los volúmenes y niveles de mata y escoria en un horno, ya que la decisión de extraer la escoria y la mata se basa en los niveles de cada fase dentro del horno. Los volúmenes y niveles fiables y precisos en un horno, como la decisión para extraer la escoria y la mata, se basan en los niveles de cada fase dentro del horno. La medición fiable y precisa del nivel de la interfaz mata/escoria contribuye a un mejor control global del proceso de fundición. Además, el conocimiento del nivel de la interfaz es importante para la integridad estructural del horno y contribuye al proceso de diseño.

- 25 Actualmente, están disponibles varias técnicas para medir los niveles de las fases de mata y de escoria en un horno. Estas técnicas incluyen el uso de barras de sonido, predictores del nivel del baño y sensores de microondas.

- 30 El uso de una barra de sonido es una técnica bien conocida e implica sumergir una varilla de acero directamente en el baño del horno. Las diferencias en la forma en que reaccionan las fases de mata y de escoria con la varilla se utilizan para estimar la posición de la interfaz escoria/mata. Esta técnica adolece de problemas de precisión y repetibilidad y es propensa a errores humanos.

Un predictor de nivel de baño utiliza información de proceso tal como la velocidad de alimentación, la producción de metal e información de extracción para estimar los niveles dentro del horno según un algoritmo matemático. Esta es una medición indirecta y depende de la información precisa del proceso, así como de una calibración regular.

- 35 Otro método conocido usa un sistema de microondas para estimar el grosor de la fase de escoria usando un transmisor y un receptor ubicados en el techo o superficie superior del horno. Las señales de microondas se transmiten desde arriba y se reflejan desde la fase de escoria y la fase de mata. Sin embargo, en la práctica, la alta conductividad de la fase de escoria evita la penetración efectiva de las señales de microondas en la interfaz de escoria/mata desde arriba. Las señales de microondas devueltas al detector desde la interfaz de escoria/mata tienden a atenuarse significativamente y, como resultado, es difícil lograr mediciones precisas del nivel de la interfaz.

- 40 La patente US 4833918 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema según la reivindicación 4.

Según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema según la reivindicación 13.

### Resumen

- 45 En un primer aspecto, la presente invención da a conocer un método para medir el nivel de una fase de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductoras dentro de un vaso. El método incluye: disponer un vaso que contiene una mezcla conductora o semiconductoras que incluye una pluralidad de fases, comprendiendo el vaso una pared lateral; transmitir al menos una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas a la pared lateral del vaso en una pluralidad de niveles diferentes de modo que cada una de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas incida sobre la mezcla conductora o semiconductoras sustancialmente al mismo nivel, en el que cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas se transmite, estimulando al menos una correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada; recibir la al menos una correspondiente

señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada; y procesar la al menos una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor dentro del vaso.

5 En algunas realizaciones, una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas se transmiten de manera sustancialmente simultánea y las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas se reciben de manera sustancialmente simultánea.

10 En algunas realizaciones, cuando una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas es transmitida por al menos una antena, la correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada es recibida por la al menos una antena antes de que se transmitan cualesquiera otras señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas mediante la al menos una antena.

En algunas realizaciones, las señales son del tipo de corrientes parásitas.

En algunas realizaciones, las señales son de tipo electromagnético.

En algunas realizaciones solo se utilizan señales de corrientes parásitas.

En algunas realizaciones solo se utilizan señales electromagnéticas.

15 En algunas realizaciones se usa una combinación de señales electromagnéticas y de corrientes parásitas.

En algunas realizaciones, las señales electromagnéticas están en el intervalo de radiofrecuencia.

En algunas realizaciones, las señales electromagnéticas están en el intervalo de frecuencia de microondas.

En algunas realizaciones, las señales electromagnéticas tienen un intervalo de frecuencia de 0,5 a 3,0 GHz.

20 En algunas realizaciones, la frecuencia de las señales electromagnéticas generadas por el módulo transmisor es constante con respecto al tiempo.

En algunas realizaciones, la frecuencia de las señales electromagnéticas generadas por el módulo transmisor es variable con respecto al tiempo.

En algunas realizaciones, las señales electromagnéticas reflejadas se procesan para determinar el grosor de la pared lateral del vaso.

25 En algunas realizaciones, las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas se procesan: determinando una cantidad de atenuación para cada una de una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, con respecto a las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas; y determinar al menos una propiedad de al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor, en parte a partir de la cantidad de atenuación de la pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas.

30 En algunas realizaciones, la al menos una propiedad de la al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor es la conductividad con respecto a al menos otra fase de la mezcla conductora o semiconductor.

35 El método incluye además: disponer una capa de acreción del proceso entre la pared lateral del vaso y la mezcla conductora o semiconductor; transmitir un conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas; recibir un primer conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes que se originan en la interfaz entre la pared lateral del vaso y la capa de acreción del proceso; recibir un segundo conjunto de correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas que se originan en la interfaz entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor; y procesar el primer y segundo conjuntos de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes para determinar el grosor de la capa de acreción del proceso.

40 En otro aspecto, la presente invención da a conocer un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor contenida dentro de un vaso, teniendo el vaso una pared lateral con una superficie interior y una superficie exterior, comprendiendo el sistema: una pluralidad de antenas situadas en una pluralidad de niveles diferentes a lo largo de una zona no conductora de la superficie exterior de la pared lateral del vaso, donde cada antena en la pluralidad de antenas está configurada para transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a través de la pared lateral del vaso no conductor para incidir sobre al menos una fase de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor dentro del vaso y para recibir las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas de al menos una fase de la pluralidad de fases en mezcla conductora o semiconductor; un módulo transmisor, el módulo transmisor está en comunicación con al menos una antena en la pluralidad de antenas, genera las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas y envía las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a la al menos una antena; un módulo receptor, el módulo receptor está en comunicación con al menos una antena en la pluralidad de antenas y recibe las señales

- 5 electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas desde la al menos una antena; un módulo de control en comunicación con el módulo transmisor y el módulo receptor configurado para controlar el funcionamiento del módulo transmisor y el módulo receptor; y un módulo de análisis de señales en comunicación con el módulo receptor configurado para procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductora dentro del vaso.
- En algunas realizaciones, el módulo transmisor comprende un solo transmisor y la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas generada se envía a al menos una parte de la pluralidad de antenas.
- En algunas realizaciones, el módulo transmisor comprende una pluralidad de transmisores.
- 10 En algunas realizaciones, cada uno de la pluralidad de transmisores está en comunicación con una antena correspondiente de la pluralidad de antenas, y cada transmisor envía una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas a su antena correspondiente.
- En algunas realizaciones, el módulo receptor comprende una pluralidad de receptores, cada uno de la pluralidad de receptores está en comunicación con, y recibe una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas de una antena correspondiente de la pluralidad de antenas.
- 15 En algunas realizaciones, la pluralidad de antenas transmite y recibe señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas en el intervalo de radiofrecuencia.
- En algunas realizaciones, la pluralidad de antenas transmite y recibe señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas en el intervalo de frecuencia de microondas.
- 20 En algunas realizaciones, la pluralidad de antenas transmite y recibe señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas que tienen una frecuencia en el intervalo de 0,5 a 3,0 GHz.
- En algunas realizaciones, al menos una parte de la pluralidad de antenas está dispuesta en una red de antenas.
- En algunas realizaciones, la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es constante con respecto al tiempo.
- 25 En algunas realizaciones, la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es variable con respecto al tiempo.
- En algunas realizaciones, la red de antenas está conectada a la pared lateral del vaso en una orientación vertical.
- En algunas realizaciones, el sistema incluye una pluralidad de redes de antenas, cada red de antenas situada en una ubicación diferente en la superficie exterior de la pared lateral del vaso.
- En algunas realizaciones, el sistema incluye al menos 3 redes de antenas situadas alrededor del perímetro del vaso.
- 30 En algunas realizaciones, el módulo de análisis de señales determina el grosor de la pared lateral del vaso.
- En algunas realizaciones, el módulo de análisis de señales está configurado para procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas: determinando una cantidad de atenuación para al menos una de una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, con respecto a las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas; y determinar al menos una propiedad de al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductora, al menos en parte de la cantidad de atenuación de la pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas.
- 35 En algunas realizaciones, la al menos una propiedad de la al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductora es la conductividad con respecto a al menos otra fase de la mezcla conductora.
- 40 El vaso comprende además una capa de acreción del proceso entre la superficie interior de la pared lateral del vaso y la mezcla conductora o semiconductora; las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas estimulan un primer conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes en la interfaz entre la pared lateral y la capa de acreción del proceso y un segundo conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes en la interfaz entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductora; la pluralidad de antenas y el módulo receptor reciben el primer y
- 45 segundo conjuntos de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes; y el módulo de análisis de señales determina el grosor de la capa de acreción del proceso.
- En otro aspecto, la presente invención da a conocer un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora contenida dentro de un vaso, teniendo el vaso una pared lateral con una superficie interior y una superficie exterior, comprendiendo el sistema: al menos una antena, en el que la antena está
- 50 adaptada para transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a través de una zona no conductora de la pared lateral del vaso no conductor para incidir sobre la pluralidad de fases en la mezcla conductora o

semiconductora contenida dentro del vaso, y recibir las señales reflejadas correspondientes de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductora, la antena situada junto a la superficie exterior de la pared lateral del vaso; un soporte ajustable en comunicación con el módulo de control y conectado a la al menos una antena, el soporte ajustable desplaza la al menos una antena entre una primera y una segunda posición con respecto a la superficie exterior de la pared lateral del vaso en respuesta a una señal de control desde el módulo de control; un módulo transmisor, el módulo transmisor está en comunicación con la al menos una antena, genera señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas y envía las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a la al menos una antena; un módulo receptor, el módulo receptor está en comunicación con la al menos una antena y recibe las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas de la al menos una antena; un módulo de control en comunicación con el módulo transmisor y el módulo receptor configurado para controlar el funcionamiento del módulo transmisor y el módulo receptor; y un módulo de análisis de señales en comunicación con el módulo receptor configurado para procesar las señales reflejadas para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductora dentro del vaso no conductor.

### Breve descripción de los dibujos

Se describirán a continuación varias realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos, en los que:

La figura 1 es una representación en sección parcial de una realización a modo de ejemplo de un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 2 es una vista en sección tomada a lo largo de A-A y una sección transversal horizontal de una realización de un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 3A es una representación en sección parcial de un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 3B es una representación en sección parcial de otra realización a modo de ejemplo de un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 4 es una representación esquemática de la trayectoria de una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas.

La figura 5 es una representación en sección parcial de otro ejemplo de realización de un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 6 es un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductora en un vaso.

### Descripción de realizaciones a modo de ejemplo

La siguiente descripción se refiere a un sistema y un método para determinar la altura de la interfaz de transición, o nivel, entre dos materiales contenidos dentro de un vaso de metal fundido, tal como un horno pirometalúrgico. Ejemplos de hornos adecuados incluyen hornos eléctricos, hornos flash, altos hornos, hornos de limpieza de escoria y similares, tal como entienden los expertos en la técnica. Para mayor claridad, en toda la descripción, el término "vaso" se usará para describir en general un recipiente de metal fundido y se entiende que incluye al menos los ejemplos dados a conocer anteriormente, a menos que se indique expresamente lo contrario.

Un ejemplo de una interfaz de transición que se puede ubicar usando el sistema y el método descritos en este documento es el límite de fase de escoria/fase de mata dentro del horno. Otro ejemplo de una interfaz de transición es el límite de la fase de escoria/aire dentro del vaso. La interfaz de transición entre fases también puede describirse en el presente documento como el "nivel" o la "altura" de la fase. En este contexto, el nivel o la altura de la fase de mata puede entenderse como la distancia desde el fondo del vaso a la interfaz de escoria/mata. De manera similar, el nivel de la fase de escoria puede entenderse como la distancia desde el fondo del vaso hasta la interfaz aire/escoria. Sin embargo, el uso de estos términos no tiene la intención de ser limitativo, y se entiende que la altura de la interfaz de transición podría determinarse en relación con cualquier otro dato adecuado, incluyendo la parte superior del horno, la ubicación de un orificio de extracción, el nivel del suelo y el nivel del mar.

A lo largo de la descripción, los materiales se han clasificado a grandes rasgos en función de su conductividad eléctrica relativa en tres clases generales: conductores (alta conductividad eléctrica), semiconductores y no conductores (muy baja o nula conductividad eléctrica). Los expertos en la técnica entienden la naturaleza relativa de estos términos, y se entiende que un material no conductor es un material que tiene una conductividad eléctrica que no es útil en la práctica, y que dicho material típicamente tendrá una conductividad medible o una impedancia finita medible.

En primer lugar, se hace referencia a la figura 1, que ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema para medir el nivel de al menos una interfaz de transición de una mezcla conductora o semiconductora

contenida en un vaso 110. Se entiende que el vaso 110 puede ser un horno tal como se ha descrito anteriormente.

El sistema 100 comprende el vaso 110, una pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, un módulo transmisor 160, un módulo receptor 162, un módulo de control 164 y un módulo de análisis de señales 166. Cada aspecto del sistema 100 se explicará en mayor detalle a continuación.

- 5 En varias realizaciones, un vaso puede ser enfriado por varios elementos de enfriamiento, tales como enfriadores de gofre, enfriadores de placa, enfriadores de seno, etc. o que tengan bloques de extracción de enfriamiento de cobre.

En esta realización, el vaso 110, u horno, tiene una capa metálica exterior 118, una primera capa refractaria 116, una capa de acreción del proceso 122, un orificio de extracción de escoria 180 y un orificio de extracción de mata 182. El vaso 110 tiene una superficie interior 112 que está en contacto directo con la mezcla conductora o  
10 semiconductora 102. Por consistencia, el término superficie interior 112 se utilizará en esta descripción para describir la superficie más interna del vaso 110, incluida la capa de acreción 122, que está en contacto directo con la mezcla 102. En la figura 1, la superficie interior 112 se muestra como una parte de la capa de acreción 122. Sin embargo, se entiende que el término superficie interior 112 podría describir una parte de la primera, o subsiguiente, capa refractaria 116 en realizaciones del sistema 100 que no comprenden una capa 122 de acreción del proceso.

15 **Capa metálica exterior**

La capa metálica exterior 118 generalmente sirve como una cubierta exterior del vaso 110. Es decir, la capa metálica 118 puede ayudar a soportar y contener el material refractario dentro del vaso 110, tal como la primera capa refractaria 116, y puede servir para proteger la primera capa refractaria 116 de impactos externos u otros daños físicos. La capa metálica exterior 118 puede estar fabricada de acero, o de cualquier otro metal con un punto de  
20 fusión adecuado y propiedades mecánicas adecuadas, tal como entienden los expertos en la técnica. Dependiendo de la naturaleza del metal seleccionado, la capa metálica exterior 118 puede ser conductora o semiconductora tal como se ha descrito anteriormente. Aunque en algunos casos la capa metálica exterior 118 puede ser conductora, las partes restantes de un vaso, tal como la primera capa refractaria 116, pueden ser generalmente no conductoras.

Por tanto, un vaso 110 que tiene una capa metálica exterior conductora o semiconductora 118 puede tener una pluralidad de zonas a lo largo de su superficie exterior en las que la capa metálica exterior 118 se ha modificado o eliminado para exponer el material refractario subyacente. Estas zonas expuestas pueden tender a tener una conductividad que es significativamente menor que la conductividad de la capa metálica exterior 118 y, por lo tanto, pueden considerarse zonas no conductoras. El rendimiento del sistema 100 puede mejorarse si la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C se colocan en las zonas no conductoras a lo largo de la superficie del vaso 110, pero se  
25 entiende que el sistema 100 puede ser funcional si parte o la totalidad de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C están situadas fuera de las zonas no conductoras del vaso 110.

Los expertos en la técnica también entenderán que aunque el vaso 110 se muestra con una capa metálica exterior 118, algunas realizaciones de un vaso 110 pueden no incluir una capa metálica exterior 118.

35 En algunas realizaciones, el vaso puede incluir enfriadores de cobre dentro del revestimiento refractario. En tal realización, la red de antenas puede instalarse junto a la cara caliente de los enfriadores de cobre.

**Primera capa refractaria**

Dentro de la capa metálica exterior 118 del vaso 100 está la primera capa refractaria 116. La primera capa refractaria 116 comprende un material refractario con una constante dieléctrica alta, de modo que este es sustancialmente transparente a las señales electromagnéticas que se describen a continuación. En otras palabras,  
40 el material refractario puede considerarse no conductor. Ejemplos de materiales refractarios adecuados conocidos por los expertos en la técnica incluyen algunos óxidos de magnesio o calcio y arcilla refractaria, entre otros. Un experto en la técnica apreciará que la elección del material refractario se basa en muchos factores que incluyen la composición química de la mezcla 102, la temperatura de funcionamiento dentro del vaso 110 y la transparencia del material a las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas, en la forma señales de microondas o RF (radio) o de corrientes parásitas, por ejemplo. En general, es preferible evitar materiales refractarios conductores o semiconductores que tienden a absorber completa o casi completamente las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas, de modo que las señales no se puedan medir después de viajar a través del material refractario. Por ejemplo, los materiales refractarios tales como grafito, semigrafito y ladrillos de carbono pueden ser indeseables porque, cuando se usan solos, pueden absorber sustancialmente las señales electromagnéticas y/o de  
45 corrientes parásitas. En algunas realizaciones de la invención, tales materiales refractarios altamente conductores pueden combinarse con materiales menos conductores a través de los cuales pueden viajar señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas.

55 Cuando se construye inicialmente, el vaso 110 puede no comprender una capa de acreción del proceso 122 que cubra la superficie interior de la primera capa refractaria 116, tal como se muestra en la figura 1. Sin embargo, durante el funcionamiento del vaso 110, partes de la mezcla 102 se depositan y acumulan sobre las superficies de la primera capa refractaria 116. Esta acumulación se conoce como la capa de acreción del proceso 122. Debido a que la capa de acreción del proceso 112 puede ser un resultado del funcionamiento del vaso 110, en algunos casos la

capa de acreción del proceso 122 puede continuar acumulándose y volverse más gruesa con el tiempo.

5 Generalmente, la capa de acreción 122 tiende a ser de mayor grosor en la fase de escoria 102 que en la fase de mata 104. Dependiendo de la composición de la capa de acreción del proceso 122, esta puede tender a ser más o menos conductora que las partes líquidas de la mezcla 102. Si la capa de acreción del proceso 122 es conductora y relativamente gruesa, puede absorber señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas de una cierta frecuencia; por lo tanto, en tales casos se puede usar una señal de frecuencia de barrido, tal como se describe a continuación.

10 Se entiende que el sistema 100 descrito en este documento se puede configurar para funcionar en ausencia de una capa 122 de acreción del proceso, con una capa 122 de acreción del proceso fija, con una capa 122 de acreción del proceso de grosor variable a lo largo de la altura del vaso 110 o con una capa de acreción del proceso 122 de grosor variable en el tiempo. A continuación se incluyen ejemplos de tales operaciones del sistema 100.

#### Mezcla conductora o semiconductor

15 Contenida dentro del vaso 110 durante el uso, y en contacto con la superficie interior 112, está la mezcla conductora o semiconductor 102. La mezcla 102 generalmente comprende una pluralidad de fases que incluyen al menos una fase de escoria 104 y una fase metálica o de mata 106. Típicamente, la fase de escoria 104 puede ser menos densa que la fase de mata 106 y, por lo tanto, flotante en relación con esta. Esto generalmente tiene como resultado una capa de la fase de escoria 104 flotando sobre la capa de la fase de mata 106, tal como se muestra en la figura 1. Aunque se muestra con sólo dos fases, se entiende que la mezcla conductora o semiconductor 102 también puede comprender fases adicionales.

20 Durante el funcionamiento, la mezcla 102 se puede retirar del vaso 110 en un proceso generalmente denominado extracción. Construidos en las paredes del vaso 110 hay conductos llamados orificios de extracción que se pueden abrir para permitir que la mezcla 102 fundida drene desde el vaso 110. En la realización mostrada en la figura 1, el vaso 110 comprende un orificio 180 de extracción de escoria y un orificio de extracción de mata 182. Los expertos en la técnica entienden la operación de extracción, y no se explicará en detalle.

#### Orificios de extracción

25 Como sugiere su nombre, el orificio de extracción de escoria 180 se usa principalmente para drenar la fase de escoria 104, y el orificio de extracción de mata 182 se usa principalmente para drenar del vaso la fase de mata 106. Cuando se abre el orificio de extracción 180 o 182, cualquier parte de la mezcla 102 que esté por encima del orificio 180 de extracción de escoria se puede drenar del vaso 110. En uso, puede ser deseable abrir el orificio 180 de extracción de escoria para retirar la fase de escoria 104 de la mezcla 102 dejando la fase de mata 106 en el vaso. Por lo tanto, un operador puede desear abrir el orificio de extracción de escoria 180 cuando la interfaz de transición 190 está cerca, pero todavía por debajo, de la altura del orificio de extracción de escoria 180. Al hacerlo, el operador puede extraer la fase de escoria 104 sin retirar una cantidad significativa de fase de mata 106 del vaso 110.

35 De manera similar, si un operador desea extraer solo la fase de mata 106 del vaso 110, es posible que desee abrir el orificio de extracción de mata 182 cuando la interfaz de transición 190 esté muy por encima de la altura del orificio de extracción de mata 182. Cuando la interfaz de transición 190 se acerca al nivel del orificio de extracción de mata 182, el operador corre el riesgo de extraer una parte de la fase de escoria 104 a través del orificio de extracción de mata 182. El operador puede no desear abrir el orificio de extracción de mata 182 si el nivel de la interfaz de transición 190 está por debajo del orificio de extracción de mata 182, porque esto probablemente tendría como resultado la extracción de la fase de escoria 104 en lugar de la fase de mata 106.

40 En base a las operaciones de extracción descritas anteriormente, puede ser deseable configurar el sistema 100 para monitorizar la posición de la interfaz de transición 190 dentro del vaso 110. En algunas realizaciones, puede ser particularmente deseable configurar el sistema 100 para monitorizar el nivel de la interfaz de transición 190 cuando se acerca a la altura del orificio 180 de extracción de escoria desde abajo, cuando se acerca al orificio 182 de extracción de mata desde arriba y cuando está debajo del orificio 182 de extracción de mata.

#### 45 Antenas

Para determinar la altura de la interfaz de transición 190, la realización a modo de ejemplo del sistema 100 que se muestra en la figura 1 comprende una pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C en comunicación con el módulo transmisor 160, el módulo receptor 162, el módulo de control 164 y el módulo de análisis de señales 166. Las antenas 150A, 150B, 150C pueden funcionar para enviar y recibir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas.

50 Las antenas 150A, 150B y 150C pueden montarse en la superficie exterior 114 del vaso 110 en una pluralidad de ubicaciones diferentes, tal como se muestra en las figuras 1-3B. Alternativamente, las antenas 150A, 150B y 150C pueden montarse en otra estructura (no mostrada) adyacente o próxima al vaso.

55 En algunas realizaciones del sistema 100, la pluralidad de antenas 150A, 150B y 150C puede colocarse a lo largo de toda la altura del vaso 110. En otras realizaciones del sistema 100, las antenas 150A, 150B y 150C pueden colocarse a lo largo de una subsección más pequeña del vaso 110, tal como la zona delimitada por los orificios de

extracción 180, 182. En otra realización más del sistema 100, las antenas 150A, 150B y 150C pueden colocarse para cubrir una sección del vaso 110 que se extiende desde aproximadamente la altura del orificio 180 de extracción de escoria hasta una posición que está aproximadamente un pie por debajo del orificio de extracción de mata 182. Si bien se muestran tres antenas 150A, 150B y 150C, se entiende que podrían usarse más o menos en una realización particular del sistema 100.

La pluralidad de antenas 150A, 150B y 150C transmiten señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas al interior del vaso 110 y reciben las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas o parcialmente reflejadas. Debido a que la capa metálica exterior 118 puede ser conductora en algunas realizaciones del sistema 100, la pluralidad de antenas 150A, 150B y 150C pueden montarse de manera que la capa metálica exterior 118 no bloquee la transmisión y/o recepción de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas.

Por ejemplo, en una realización, la capa metálica exterior 118 puede simplemente retirarse para formar zonas no conductoras en las áreas donde se encuentra la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, tal como se muestra en la figura 1. En esta configuración, las antenas 150A, 150B y 150C se pueden instalar directamente contra la primera capa refractaria 116 para que las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas enviadas desde las antenas puedan llegar a la primera capa refractaria 116 sin tener que pasar primero a través de la capa metálica exterior 118.

En otras realizaciones, la capa metálica exterior 118 puede estar sustancialmente completa y las antenas pueden montarse dentro de la capa metálica 118. Es decir, las antenas 150A, 150B y 150C pueden montarse entre la capa metálica exterior 118 y la primera capa refractaria 116 y pueden protegerse de la mezcla 102 por el material refractario 116. En algunas realizaciones, las antenas 150A, 150B y 150C pueden estar alojadas dentro de una protuberancia o saliente de la capa metálica exterior 118, tal como se muestra en la figura 3A. En otra realización, la capa metálica exterior 118 puede ser sustancialmente plana, y las antenas 150A, 150B y 150C pueden montarse dentro de rebajes definidos en la primera capa refractaria 116, tal como se muestra en la figura 3B.

Las antenas 150A, 150B y 150C pueden instalarse en una variedad de configuraciones deseadas. La pluralidad de antenas 150A, 150B y 150C en una configuración deseada puede denominarse red de antenas. El sistema 100 puede estar configurado para incluir una única red de antenas, y el sistema puede estar configurado para incluir múltiples redes de antenas situadas alrededor del perímetro del vaso 110, tal como se muestra en la figura 2.

La figura 2 muestra una realización del sistema 100 que tiene tres redes de antenas distribuidas con una separación sustancialmente igual alrededor del perímetro de un vaso 110 de sección transversal generalmente circular. Se entiende que la configuración mostrada en la figura 2 es solo un ejemplo ilustrativo de una configuración de el sistema 100, y que el sistema 100 podría configurarse usando un mayor o menor número de redes de antenas separadas en cualquier intervalo deseado alrededor del perímetro del vaso 110. También se entiende que el vaso 110 puede tener cualquier forma de sección transversal adecuada, incluyendo circular, cuadrada, rectangular, triangular y similares. El funcionamiento del sistema 100 puede describirse en este documento en relación con una única red de antenas a veces para mayor claridad, pero se entiende que la descripción aquí se refiere igualmente a configuraciones de múltiples antenas y múltiples redes del sistema 100.

Las antenas 150A, 150B, 150C pueden ser de cualquier tipo de antenas apropiadas para la frecuencia conocidas en la técnica. En algunas realizaciones, la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C puede comprender, por ejemplo, una pluralidad de antenas dipolo de un cuarto de longitud de onda.

#### Módulo transmisor

El módulo transmisor 160 puede estar configurado para generar señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas y enviar las señales a la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C a través de enlaces de comunicación 170A, 170B, 170C en respuesta a las señales de control del módulo de control 164. Las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor 160 pueden ser señales de microondas, señales de RF, señales de corrientes parásitas y similares. De manera más general, el módulo transmisor 160 puede estar configurado para producir señales en cualquier intervalo de trabajo especificado por un operador del sistema. Un ejemplo de dicho intervalo operativo incluye señales electromagnéticas con frecuencias que van desde aproximadamente 500 MHz (o 0,5 GHz) hasta aproximadamente 3 GHz.

En una realización del sistema 100, el módulo transmisor 160 puede estar configurado para producir una señal con una frecuencia fija, 1 GHz por ejemplo. En una realización alternativa, el módulo transmisor 160 puede producir una frecuencia de barrido; es decir, una señal que tiene una frecuencia que cambia con respecto al tiempo, variando entre 0,5 GHz y 1 GHz por ejemplo.

La frecuencia particular utilizada en el sistema 100 puede depender de una variedad de condiciones operativas.

En otra realización del sistema 100, el módulo transmisor 160 puede estar configurado para proporcionar a cada antena 150A, 150B, 150C señales idénticas. Por ejemplo, el módulo transmisor 160 puede proporcionar a cada antena 150A, 150B, 150C una señal que dura 1 segundo y tiene una frecuencia de 2,2 GHz.

Sin embargo, en otra realización más, el módulo transmisor 160 puede estar configurado para proporcionar a cada

5 antena 150A, 150B, 150C diferentes señales. Las señales proporcionadas a las antenas 150A, 150B, 150C pueden ser de diferente magnitud, duración, frecuencia o cualquier combinación y subcombinación de las mismas. Por ejemplo, el módulo transmisor 160 puede proporcionar a una antena 150A una señal que tiene una frecuencia de 0,5 GHz, a una antena 150B una señal que tiene una frecuencia de 1,5 GHz y a una antena 150C una señal que tiene una frecuencia de 2,5 GHz. Los expertos en la técnica entenderán que cualquier combinación o subcombinación de las configuraciones del módulo transmisor 160 descritas anteriormente podría combinarse en una única realización del sistema 100. A continuación se describen ejemplos de algunas configuraciones del módulo transmisor 160.

10 En otra realización a modo de ejemplo del sistema 100, el módulo transmisor 160 comprende un único transmisor que se comunica con la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. El módulo transmisor puede generar una única señal electromagnética y/o de corrientes parásitas que se divide antes de ser enviada a la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C o el módulo transmisor puede generar señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas separadas para cada una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. En una realización alternativa del sistema 100, el módulo transmisor comprende una pluralidad de transmisores, cada uno en comunicación con al menos una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. En esta configuración, el módulo transmisor 160 puede generar y enviar señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a cualquiera de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, en cualquier combinación.

#### Módulo receptor

20 El módulo receptor 162 puede estar configurado para recibir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C a través de enlaces de comunicaciones 172A, 172B, 172C y enviar las señales recibidas a un módulo de análisis de señales 166. El módulo receptor 162 puede estar configurado para aceptar cualquier tipo de señal generada por el módulo transmisor 160.

En realizaciones del sistema 100 que incluye una pluralidad de redes de antenas, cada red puede estar dotada de sus propios módulos de transmisores y receptores 160, 162. Alternativamente, cada una de la pluralidad de redes de antenas estar conectada a un módulo transmisor y receptor común 160 , 162.

#### 25 Módulo de control

Un módulo de control 164 puede estar configurado para controlar al menos el módulo transmisor 160 y el módulo receptor 162 usando señales de control y tiene una conexión de comunicación con el módulo transmisor 160 y el módulo receptor 162. El módulo de control 164 puede estar configurado para disparar señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas automáticamente, de acuerdo con un programa definido por el usuario, o manualmente en respuesta a un comando del usuario u otro activador de proceso apropiado.

El módulo de control 164 puede ser un ordenador multipropósito configurado con software apropiado almacenado en una memoria y ejecutable por un procesador, o cualquier otro dispositivo adecuado conocido en la técnica, incluyendo un controlador PLC.

#### Funcionamiento del sistema

35 El módulo de análisis de señales 166 está configurado para analizar las señales recibidas para determinar el nivel de al menos una interfaz de transición 190 en la mezcla conductora o semiconductor 102. Las características de la señal reflejada, o parcialmente reflejada, se utilizan para determinar cuál de las fases de la mezcla 102 es adyacente a cada una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. El nivel de cada fase puede determinarse a continuación relacionando la fase enfrentada a cada una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C con la relación geométrica conocida entre la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C y el vaso 110, incluidas las posiciones relativas de los orificios de extracción 180, 182.

40 El módulo de análisis de señales 166 también se puede configurar para recibir y comparar señales de una pluralidad de redes de antenas. Comparar señales recibidas de una pluralidad de redes de antenas puede permitir un cálculo más preciso de la interfaz de transición 190 a través de la superficie del vaso 110, esto puede denominarse imagen volumétrica de una interfaz de transición 190.

45 Cuando las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas se transmiten al vaso 110, pasan a través de la primera capa refractaria 116 y la capa de acreción 122 para incidir sobre la mezcla conductora o semiconductor 102. La interfaz entre el vaso 110 y el la mezcla conductora o semiconductor 102 es la superficie interior 112 del vaso 110. Las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas que inciden estimulan reflexiones parciales al llegar a cada interfaz, creando una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada correspondiente a cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas transmitida. La energía electromagnética que no se refleja se atenúa en la mezcla conductora o semiconductor 102. Las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas son recogidas por la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, recogidas por el módulo receptor 164 y analizadas por el módulo de análisis de señales 166.

55 Las diferencias de conductividad de la pluralidad de fases dentro de la mezcla 102, tales como la fase de escoria 104 y la fase de mata 106, provocan diferencias en la cantidad de atenuación de las señales electromagnéticas y/o

de corrientes parásitas reflejadas. Comparando la atenuación relativa de una señal con valores conocidos, o con otra señal, el módulo de análisis de señales 166 determina la conductividad, o conductividad relativa, de las fases sobre las que incide cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas, determinando así un perfil de nivel de la interfaz de transición 190.

5 Por ejemplo, una fase de mata 106 puede tener una conductividad mayor que una fase de escoria 104 y, por tanto, una señal electromagnética que incide sobre una fase de mata 106 puede tender a experimentar una cantidad de atenuación mayor que una señal electromagnética que incide sobre una fase de escoria 104. El módulo de análisis de señales 166 usa a continuación esta diferencia en la atenuación de la señal para determinar qué antena o antenas están junto a la fase de escoria 104 y qué antena o antenas están junto a la fase de mata 106. El módulo de análisis de señales 166 usa a continuación la disposición geométrica conocida de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C y el vaso 110 en combinación con la cantidad de atenuación experimentada por las señales electromagnéticas reflejadas para construir un perfil de nivel de interfaz de transición 190 para una o más interfaces de transición 190 en la mezcla conductora o semiconductor 102.

15 En otra realización a modo de ejemplo del sistema 100, el módulo receptor 162 comprende un único receptor que se comunica con la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C y el módulo receptor 162 puede recibir señales de cada una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C.

En una realización alternativa del sistema 100, el módulo receptor 162 comprende una pluralidad de receptores, comunicando cada receptor con una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. En esta configuración, el módulo receptor 162 puede recibir múltiples señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas simultáneamente.

20 En algunas realizaciones, las antenas pueden funcionar a una frecuencia fija, o a dos o más frecuencias predeterminadas. En otras realizaciones, los transmisores pueden transmitir una serie de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas que barren un intervalo de frecuencias.

En otra realización a modo de ejemplo del sistema 100, una parte de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C están dispuestas en una pila sustancialmente vertical a lo largo de la superficie exterior 114 del vaso 110.

25 A continuación se hace referencia a la figura 2, que muestra una vista superior de una sección transversal horizontal de una realización del sistema 100. En la realización mostrada, la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C comprende una pluralidad de redes de antenas 151, 153, 155, cada red está situada en una ubicación diferente a lo largo de la superficie exterior 114 del vaso 110. Preferiblemente, al menos tres redes de antenas están situadas así. El uso de tres redes 151, 153, 155, separadas alrededor de la superficie exterior 114 del vaso 110 de sección transversal generalmente circular permite una medición precisa de los niveles de interfaz de transición 190 entre la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor 102, incluso si el vaso está inclinado o en movimiento, o cuando la superficie de la mezcla conductora o semiconductor 102 no es paralela al fondo del vaso. Un experto en la técnica apreciará que otras disposiciones de redes de antenas 151, 153, 155 serán apropiadas para otras geometrías de vaso 110.

35 A continuación se hace referencia a las figuras 3A y 3B. La figura 3A muestra el sistema 100 que comprende un vaso 110, una pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, un módulo transceptor 168, un módulo de control 164 y un módulo de análisis de señales 166.

La figura 3B también muestra el sistema 100 que comprende un vaso 110, una pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C, un módulo transceptor 168, un módulo de control 164 y un módulo de análisis de señales 166.

40 El sistema 100 mostrado en la figura 3A muestra el módulo transmisor 160 y el módulo receptor 162 implementados en combinación, como un módulo transceptor 168. El módulo transceptor 168 puede comprender un solo transceptor en comunicación con la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C por medio de enlaces de comunicación bidireccionales 174A, 174B, 174C. Alternativamente, el módulo transceptor 168 puede comprender una pluralidad de transceptores, cada uno de los cuales se comunica con al menos una de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C.

45 En la figura 3A, la capa refractaria 116 del vaso 110 comprende múltiples subcapas: una primera subcapa refractaria 117A y una segunda subcapa refractaria 117B. La presencia de múltiples subcapas 117A, 117B puede ser deseable ya que múltiples subcapas permiten a un operador personalizar las características del vaso 110 a las circunstancias particulares de su uso.

50 Por ejemplo, la segunda subcapa refractaria 117B podría elegirse principalmente por su resistencia a las reacciones químicas que ocurren dentro de la mezcla conductora o semiconductor 102, mientras que la primera subcapa refractaria podría elegirse principalmente por sus propiedades relacionadas con la transferencia de calor. Se pueden elegir otras subcapas debido a bajos coeficientes de expansión térmica u otros criterios conocidos en la técnica.

55 También en la realización mostrada en la figura 3A, la capa metálica exterior 118 se muestra extendiéndose alrededor de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C dejando pequeños orificios 176A, 176B, 176C para enlaces de comunicaciones 174A, 174B, 174C. Se pueden usar pequeños orificios 176A, 176 B, 176C porque la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C están situadas dentro de la capa metálica exterior 118 de modo que la capa metálica

exterior 118 no bloquea las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas, pero los orificios grandes en la capa metálica exterior 118 pueden exponer a los operadores al riesgo de lesiones. La extensión de la capa metálica alrededor de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C con solo pequeños espacios 176A, 176B, 176C para los enlaces de comunicaciones 174A, 174B, 174C puede tender a reducir este riesgo.

- 5 La realización alternativa mostrada en la figura 3B muestra que el módulo de control 164 y el módulo de análisis de señales 166 se integran como una unidad, por ejemplo, como software que se ejecuta en un ordenador 165. La figura 3B también ilustra una disposición alternativa de la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. En esta disposición, la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C están situadas dentro de la capa metálica exterior 118 de modo que la capa metálica exterior 118 no bloquea las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas, sino  
10 que, tal como se ha descrito anteriormente, grandes espacios en la capa metálica exterior 118 que rodea las antenas 150A, 150B, 150C puede exponer a los operadores al riesgo de lesiones. En esta disposición, el riesgo para los operadores puede reducirse proporcionando una pluralidad de rebajes 151A, 151B, 151C en la pared lateral del vaso 110 en los que situar la pluralidad de antenas 150A, 150B, 150C. La capa metálica exterior 118 puede tener pequeños orificios 176A, 176B, 176C para permitir el paso de enlaces de comunicaciones 174A, 174B, 174C.
- 15 También se ilustra en la figura 3B una capa 122 de acreción del proceso adyacente a la superficie interior del vaso 110. La capa 122 de acreción del proceso se forma con el uso del vaso 110 a lo largo del tiempo, como se describe anteriormente.

A continuación se hace referencia a la figura 4 que muestra una representación esquemática de la trayectoria de una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas desde una antena 230, a través de una capa refractaria 232 y una  
20 capa de acreción del proceso 234 hasta el límite de mezcla 236, y viceversa. El funcionamiento de la antena 230 es representativo de las antenas 150A, 150B, 150C descritas anteriormente.

Inicialmente, se transmite una señal electromagnética 200 desde una antena 230 a la capa refractaria 232. Al alcanzar el límite 238 entre la capa refractaria 232 y la capa de acreción del proceso 234, se transmite una parte 202 de la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas 200 a través del límite 238 mientras se refleja una parte 204. La parte  
25 reflejada 204 vuelve a la antena y se recibe. La parte transmitida 202 continúa a través de la capa de acreción del proceso 234 hasta que alcanza el límite de mezcla 236. Al alcanzar el límite de mezcla 236, una parte 206 de la señal se transmite a través del límite 236 mientras que una parte 208 se refleja. La parte transmitida 206 continúa en la mezcla conductora o semiconductora 102 y se atenúa. La parte reflejada regresa a través de la capa de acreción del proceso 234 hasta el límite 238 entre la capa de acreción del proceso 234 y la capa refractaria 232 donde, de nuevo,  
30 una parte 210 se transmite a través del límite 238 mientras que una parte 212 se refleja. La parte reflejada 212 se atenúa. La parte 210 transmitida pasa a través de la capa refractaria 232 y se recibe en la antena 230.

El módulo de análisis de señales 166 usa señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas 204 y 210 para extraer información sobre el grosor de la capa refractaria 232, el grosor de la capa de acreción del proceso 234 y la conductividad de la fase de la mezcla 102 sobre la que incidió señal electromagnética y/o de corrientes  
35 parásitas. El análisis de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas 204, 210 recibidas en el dominio de la frecuencia puede llevar a determinar el grosor de la capa refractaria 232 y la capa de acreción del proceso 234. La cantidad de atenuación experimentada por la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas recibida 210, con respecto a la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas 200 transmitida, en combinación con la misma medición repetida en otras antenas, se puede utilizar para determinar el perfil de nivel de la interfaz de transición 190  
40 de la pluralidad de fases en la mezcla 102 conductora o semiconductora .

Por ejemplo, las señales reflejadas 204, 210 volverán colmo eco desde la capa de acreción del proceso 234 de acreción o/y la mezcla fundida 102. Si se transmiten múltiples señales 200 desde la antena 230 durante un período de recopilación de datos de un tiempo predeterminado, la reflexión, o eco, también sucederá varias veces durante el período de recopilación y recogida de datos. Debido a que la interfaz entre la antena 230 y la mezcla 102 permanece  
45 sustancialmente constante durante el período de recolección, una señal acumulada, basada en las señales reflejadas 204, 210, puede ser una resonancia que se produce en base al grosor de la capa refractaria 232, y a la velocidad conocida de la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas para la capa refractaria 232.

Por lo tanto, el grosor de la capa refractaria 232 se puede calcular basándose en la amplitud de frecuencia máxima de las señales reflejadas 204, 210 que se genera tomando una Transformada de Fourier rápida (FFT) de la señal en  
50 el dominio de tiempo.

Además, utilizando la misma señal reflejada 210, se puede determinar la composición de la mezcla 102. Debido a su composición generalmente altamente metálica, la fase de mata 106 de la mezcla 102 tiende a ser más conductora que la fase de escoria 104 de la mezcla 102. En función de su mayor conductividad, la fase de mata 106 tiende a absorber y atenuar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas más que la fase de escoria 104 de  
55 conductividad relativamente menor.

Por lo tanto, una señal conocida 200 se transmite desde una pluralidad de antenas 230 situadas a varias alturas a lo largo de la superficie de un vaso 110, la amplitud de las señales reflejadas 210 se puede comparar para determinar la fase de la mezcla 102 encontrada por cada señal 200. En otras palabras, si una señal reflejada 210 tiene una

amplitud, intensidad de señal y energía relativamente altas; la señal reflejada 210 probablemente se refleje en la fase de escoria 104 de la mezcla 102. En comparación, si la señal reflejada 210 tiene una energía relativamente baja, una amplitud baja y una señal de baja intensidad, se ha absorbido/atenuado más de la señal de manera que es probable que la señal 210 esté siendo reflejada por la fase de mata 106 de la mezcla 102.

5 A continuación se hace referencia a la figura 5, que ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema 300 para medir el nivel de la interfaz de transición 390 de una pluralidad de fases 304, 306 de una mezcla conductora o semiconductor 302 en un vaso 310. El sistema 300 comprende un vaso 310, una antena 350, un soporte ajustable 356, un módulo transmisor 360, un módulo receptor 362, un módulo de control 364 y un módulo de análisis de señales 366. Un experto en la técnica apreciará que cualesquiera variantes descritas anteriormente con respecto al sistema 100 se pueden aplicar de una manera análoga al sistema 300. Además, mientras que la realización del sistema 300 que comprende el soporte ajustable 356 se ilustra con una antena 350, se entiende que el soporte ajustable podría configurarse para mover más de una antena.

10 El vaso 310, que contiene una mezcla conductora o semiconductor 302, se muestra con una sola capa refractaria 316 y una capa metálica exterior 318 para simplificar la ilustración, pero la estructura del vaso 310 puede ser más compleja, tal como se ha descrito anteriormente. De manera similar, cualesquiera realizaciones del sistema 100 descritas anteriormente pueden implementarse en un vaso 310 que comprende solo una única capa refractaria 316. El módulo transmisor 360, el módulo receptor 362 y el módulo de análisis de señales 366 funcionan de manera similar a sus respectivos análogos y variaciones del mismo, en el sistema 100. El vaso 310 también puede comprender un orificio 380 de extracción de escoria y un orificio 382 de extracción de mata.

15 La antena 350 puede estar situada junto a la superficie exterior 314 del vaso 310 pero está unida al soporte ajustable 352.

Soporte ajustable

El soporte ajustable 352 puede ser por cualquier medio capaz de mover de forma controlable la antena 350 a lo largo de la superficie exterior 314 del vaso 310 en respuesta a una señal de control.

20 Por ejemplo, el soporte ajustable 352 puede comprender un riel 354, unido al vaso 310 y un accionador 356, unido a la antena 350, en donde el accionador 356 se mueve a lo largo del riel 354, desplazando así la antena 350 a lo largo de la superficie exterior 314 del vaso 310. Ejemplos del carril 354 incluyen barras cilíndricas o rectangulares o tubos huecos y similares. Los ejemplos de un accionador 356 incluyen un accionador hidráulico, un accionador neumático, un accionador mecánico, un accionador electromecánico y similares o cualquier combinación de los mismos.

25 Mientras que el soporte ajustable 352 se ilustra unido a la superficie metálica exterior 318 del vaso 310, se entiende que el soporte ajustable 352 no necesita estar conectado directamente al vaso 310, sino que puede estar conectado al otro objeto como el suelo, el techo o una estructura de soporte vecina (no mostrada). Además, en algunas realizaciones del sistema 300, el soporte para el soporte ajustable 352 puede ser portátil, de modo que una sola antena 350 podría usarse en combinación con una pluralidad de vasos 310 en secuencia.

30 En algunas realizaciones del sistema 300, el soporte ajustable 352 está configurado para funcionar a lo largo de sustancialmente toda la altura del vaso 310. En otras realizaciones, el soporte ajustable 352 está configurado para funcionar solo a lo largo de una subsección de altura del vaso 310, por ejemplo, la zona delimitada por el orificio 380 de extracción de escoria y el fondo del vaso. En otra realización más, el soporte ajustable 352 está configurado para funcionar desde aproximadamente la altura del orificio de extracción de escoria 380 hasta aproximadamente un pie por debajo del orificio de extracción de mata 382.

El movimiento controlable del soporte ajustable 352 puede comprender un movimiento intermitente de la antena 350, un movimiento continuo de la antena 350 o cualquier combinación de los mismos.

35 El módulo de control 364 puede estar configurado para controlar al menos el módulo transmisor 360, el módulo receptor 362 y el soporte ajustable 352 usando señales de control y puede comunicar con el módulo transmisor 360, el módulo receptor 362 y el soporte ajustable 352 a través de enlaces de comunicación 370, 372 y 378 respectivamente.

40 En una realización del sistema 300, el perfil de nivel de la interfaz de transición 390 de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductor 302 se determina a partir de una pluralidad de mediciones tomadas en secuencia por la antena 350 en una pluralidad de posiciones verticales discretas a lo largo de la superficie exterior 314 del vaso 310. Es decir, el proceso de mover la antena 350 a su posición, transmitir una señal y recibir una señal reflejada se repite secuencialmente hasta que el perfil de nivel de la interfaz de transición 390 ha sido generado por el módulo de análisis de señales 366.

45 En una realización alternativa del sistema 300, el perfil de nivel de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductor 302 se determina a partir de una pluralidad de mediciones tomadas por la antena 350 cuando el soporte ajustable 352 desplaza continuamente la antena 350 a lo largo de la superficie exterior 314 del vaso 310. Es decir, el movimiento de la antena 350 es continuo y la transmisión y recepción de la señal se produce mientras la antena 350 está en movimiento.

En otra realización más del sistema 300, una parte de las mediciones puede tomarse usando señales discretas generadas cuando la antena 350 está en posiciones verticales discretas, y una parte de las mediciones puede tomarse usando señales repetidas o continuas, generadas mientras la antena 350 se mueve continuamente.

5 A continuación se hace referencia a la figura 6, que muestra un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo 500 para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor en un vaso. El método comprende disponer un vaso que contiene una mezcla conductora o semiconductor con una pluralidad de fases 510, transmitir señales electromagnéticas 520, recibir señales electromagnéticas reflejadas 530 y procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas 540.

10 Para mayor claridad, se entiende que el nivel podría ser la interfaz de transición 190 o 390; el vaso podría ser el vaso 110 o 310; la mezcla podría ser la mezcla 102 o 302; y las fases podrían ser la fase de escoria 104 y la fase de mata 106 tal como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, estos ejemplos se proporcionan únicamente para mayor claridad y no limitan la aplicación del método 500 a ninguna de las realizaciones particulares del sistema aquí descrito.

En la primera etapa 510, se proporciona un vaso que contiene una mezcla conductora o semiconductor con una pluralidad de fases, comprendiendo el vaso una capa refractaria.

15 La segunda etapa 520 es transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas al interior del vaso. Las señales se transmiten a varios niveles diferentes. Cada señal entra en el vaso, viaja a través de este e incide sobre la mezcla conductora o semiconductor sustancialmente al mismo nivel en el que se transmitió; estimulando las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, o parcialmente reflejadas.

La tercera etapa 530 es recibir cada una de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas.

20 La cuarta etapa 540 es procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas para construir un perfil de nivel de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor. El procesamiento puede comprender determinar la cantidad de atenuación de cada una de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, en relación con las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas, comparar la cantidad de atenuación experimentada por cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada y determinar a partir de esto al menos una propiedad de al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor.

25 Por ejemplo, la cantidad de atenuación puede permitir la determinación de la conductividad relativa de cada una de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor. La conductividad de una fase de mata puede ser generalmente mayor que la conductividad de una fase de escoria. Por consiguiente, una señal electromagnética reflejada desde una fase de mata puede experimentar una cantidad de atenuación mayor que una señal electromagnética reflejada desde una fase de escoria. Por lo tanto, si una señal electromagnética reflejada desde una primera fase en un primer nivel experimenta una primera cantidad de atenuación y una señal electromagnética reflejada desde una segunda fase en un segundo nivel experimenta una segunda, mayor cantidad de atenuación, entonces la fase en el primer nivel tiene una conductividad menor que la fase en el segundo nivel. Por consiguiente, si las únicas dos fases presentes son una fase de escoria y una fase de mata, entonces la primera fase en el primer nivel corresponde a la fase de escoria y la segunda fase en el segundo nivel corresponde a la fase de mata.

Además, las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas pueden usarse para determinar el grosor de la capa refractaria en el vaso midiendo el tiempo requerido para que las señales electromagnéticas sean reflejadas por la mezcla conductora o semiconductor y regresen.

40 En otra realización del método 500, las señales electromagnéticas están en el intervalo de radiofrecuencia. En una realización alternativa del método 500, las señales electromagnéticas están en el intervalo de frecuencia de microondas de 0,5 GHz a 3,0 GHz. Preferiblemente, las señales electromagnéticas están en el intervalo de 0,5 GHz a 1,0 GHz.

45 En la invención, la primera etapa 510 del método 500 comprende además proporcionar una capa de acreción del proceso a lo largo de la superficie interior del vaso. Además, la tercera etapa 530 puede comprender recibir un primer y un segundo conjuntos de señales electromagnéticas reflejadas: siendo el primer conjunto de señales electromagnéticas reflejadas reflejos parciales de las señales electromagnéticas transmitidas desde el límite entre la capa refractaria y la capa de acreción del proceso, y siendo el segundo conjunto de señales electromagnéticas reflejadas reflejos parciales de las señales electromagnéticas transmitidas desde el límite de la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor.

50 La cuarta etapa 540 comprende además determinar el grosor de la capa refractaria y la capa de acreción del proceso así como el perfil de nivel de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor. Se puede utilizar un análisis del primer conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas y el segundo conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas en el dominio de frecuencia para determinar el grosor de la capa refractaria y la capa de acreción del proceso. La cantidad de atenuación del segundo conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, a partir del análisis de señales en el dominio de tiempo, puede usarse para determinar a partir de cuál de la pluralidad de fases se reflejó cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas. Por lo tanto, procesando el primer y el segundo conjuntos

de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas se puede determinar el grosor de la capa refractaria y la capa de acreción del proceso, así como el perfil de nivel de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor.

5 A continuación se hace referencia a la figura 7, que muestra un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo 600 para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor en un vaso. El método comprende proporcionar un vaso que contiene una mezcla conductora o semiconductor con una pluralidad de fases 610, transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas 620, recibir una correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada 630, determinar si se han recibido 640 suficientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas, y analizar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas 650.

10 En la primera etapa 610, se proporciona un vaso que contiene una mezcla conductora o semiconductor con una pluralidad de fases, comprendiendo el vaso una capa refractaria. El vaso y la mezcla conductora o semiconductor pueden ser los vasos y mezclas descritos anteriormente en relación con las figuras 1 a 5.

15 La segunda etapa 620 es transmitir una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas al interior del vaso. La señal se transmite en uno de una pluralidad de niveles diferentes. La señal entra en el vaso, viaja a través de este e incide sobre la mezcla conductora o semiconductor sustancialmente al mismo nivel en el que se transmitió; estimulando una correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada.

La tercera etapa 630 es recibir la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada.

20 La cuarta etapa 640 es determinar si se han recibido suficientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas para construir el perfil de nivel de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor. Si se han recibido suficientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, el método 600 avanza a continuación a la quinta etapa 650. Si se han recibido insuficientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, el método vuelve a continuación a la segunda etapa 620 y se transmite una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas adicional.

25 La quinta etapa 650 es procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, para construir un perfil de nivel de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor. El procesamiento se puede efectuar de la misma manera descrita anteriormente en relación con la figura 6.

El método 600 también se puede aplicar en una situación en la que está dispuesta una capa de acreción del proceso de manera similar a la descrita anteriormente en relación con la figura 6.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para medir el nivel de una fase a partir de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor dentro de un vaso, comprendiendo el método:

5 proporcionar (510, 610) un vaso (110) que contiene una mezcla conductora o semiconductor (102) que incluye una pluralidad de fases, comprendiendo el vaso una pared lateral;

proporcionar una capa de acreción del proceso (122, 234) entre la pared lateral del vaso y la mezcla conductora o semiconductor;

**caracterizado por:**

10 transmitir (520, 620) al menos una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas en la pared lateral del vaso a una pluralidad de niveles diferentes, de modo que cada una de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas incida sobre la mezcla conductora o semiconductor sustancialmente al mismo nivel en el que se transmite cada señal electromagnética y/o de corrientes parásitas, estimulando al menos una correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada;

15 recibir (530, 630) la al menos una correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada, la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada que se origina en el límite (238) entre la pared lateral del vaso y la capa de acreción del proceso y en el límite (236) entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor; y

20 procesar (540, 650) la al menos una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor y el grosor de la capa de acreción del proceso dentro del vaso.

2. El método de la reivindicación 1, que incluye una o más de las siguientes características:

(i) en el que una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas se transmiten de manera sustancialmente simultánea y las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas se reciben de manera sustancialmente simultánea;

25 (ii) en el que, cuando una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas es transmitida por al menos una antena, la correspondiente señal electromagnética y/o de corrientes parásitas reflejada es recibida por la al menos una antena antes de que cualesquiera otras señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas sean transmitidas por la al menos una antena;

(iii) donde las señales electromagnéticas están en el intervalo de radiofrecuencia;

30 (iv) donde las señales electromagnéticas están en el intervalo de frecuencia de microondas;

(v) donde las señales electromagnéticas tienen un intervalo de frecuencia de 0,5 a 3,0 GHz;

(vi) donde la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es constante con respecto al tiempo;

35 (vii) en el que la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es variable con respecto al tiempo;

(viii) donde las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas son procesadas:

determinando una cantidad de atenuación para cada una de una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, con respecto a las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas; y

40 determinando al menos una propiedad de al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor, en parte a partir de la cantidad de atenuación de la pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas; o

(ix) que comprende además transmitir un conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas;

45 recibir un primer conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes que se originan en el límite entre la pared lateral del vaso y la capa de acreción del proceso;

recibir un segundo conjunto de correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas que se originan en el límite entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor; y

procesar el primer y segundo conjuntos de correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas

reflejadas para determinar el grosor de la capa de acreción del proceso.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la al menos una propiedad de la al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor es la conductividad con respecto a al menos otra fase de la mezcla conductora o semiconductor.

5 4. Un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor (102) contenida dentro de un vaso (110), teniendo el vaso una pared lateral con una capa de acreción del proceso (122) en contacto directo con la mezcla (102) y una superficie exterior, comprendiendo el sistema y estando caracterizado por:

una pluralidad de antenas (150), en donde:

10 las antenas están situadas en una pluralidad de niveles diferentes a lo largo de una zona no conductora de la superficie exterior de la pared lateral del vaso;

cada antena de la pluralidad de antenas está configurada:

para transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a través de la pared lateral del vaso no conductor para incidir sobre al menos una fase de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor dentro del vaso; y

15 para recibir correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, originándose las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas en el límite (238) entre la pared lateral del vaso y la capa de acreción del proceso y en el límite (236) entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor;

20 un módulo transmisor (160), el módulo transmisor está en comunicación con al menos una antena en la pluralidad de antenas, genera las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas y envía las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a la al menos una antena;

un módulo receptor (162), el módulo receptor está en comunicación con al menos una antena en la pluralidad de antenas y recibe las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas desde la al menos una antena;

25 un módulo de control (164) en comunicación con el módulo transmisor y el módulo receptor, configurado para controlar el funcionamiento del módulo transmisor y el módulo receptor; y

un módulo de análisis de señales (166) en comunicación con el módulo receptor configurado para procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductor y el grosor de la capa de acreción del proceso dentro del vaso.

5. El sistema de la reivindicación 4, que incluye una o más de las siguientes características:

30 (i) en el que el módulo transmisor comprende un solo transmisor y la señal electromagnética y/o de corrientes parásitas generada se envía a al menos una parte de la pluralidad de antenas;

(ii) en el que el módulo transmisor comprende una pluralidad de transmisores;

35 (iii) en el que el módulo receptor comprende una pluralidad de receptores, cada uno de la pluralidad de receptores está en comunicación con, y recibe una señal electromagnética y/o de corrientes parásitas de, una antena correspondiente de la pluralidad de antenas;

(iv) en el que la pluralidad de antenas está dispuesta para transmitir y recibir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas en el intervalo de radiofrecuencia;

(v) en el que la pluralidad de antenas te- está dispuesta para transmitir y recibir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas en el intervalo de frecuencia de microondas;

40 (vi) en el que la pluralidad de antenas está dispuesta para transmitir y recibir señales electromagnéticas que tienen una frecuencia en el intervalo de 0,5 a 3,0 GHz;

(vii) en el que al menos una parte de la pluralidad de antenas está dispuesta en una red de antenas;

(viii) en el que la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es constante con respecto al tiempo; o

45 (ix) en el que la frecuencia de las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas generadas por el módulo transmisor es variable con respecto al tiempo.

6. El sistema de la reivindicación 5, en el que cada uno de la pluralidad de transmisores está en comunicación con una antena correspondiente de la pluralidad de antenas, y cada transmisor envía una señal electromagnética y/o de

corrientes parásitas a su antena correspondiente.

7. El sistema de la reivindicación 5, en el que la red de antenas está conectada a la pared lateral del vaso en una orientación sustancialmente vertical.

5 8. El sistema de la reivindicación 5 que comprende una pluralidad de redes de antenas, cada red de antenas situada en una ubicación diferente en la superficie exterior de la pared lateral del vaso.

9. El sistema de la reivindicación 8, que comprende al menos 3 redes de antenas situadas alrededor del perímetro del vaso.

10. El sistema de la reivindicación 4, en el que el módulo de análisis de señales está configurado además para procesar las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, mediante:

10 determinar una cantidad de atenuación para al menos una de una pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas, con respecto a las correspondientes señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas; y

15 determinar al menos una propiedad de al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor, al menos en parte a partir de la cantidad de atenuación de la pluralidad de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que la al menos una propiedad de la al menos una fase de la mezcla conductora o semiconductor es la conductividad con respecto a al menos otra fase de la mezcla conductora.

12. El sistema de la reivindicación 4 en el que,

20 las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas transmitidas estimulan un primer conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes en el límite (238) entre la pared lateral y la capa de acreción del proceso, y un segundo conjunto de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes en el límite (236) entre la capa de acreción del proceso y la mezcla conductora o semiconductor;

25 la pluralidad de antenas y el módulo receptor reciben el primer y segundo conjuntos de señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas correspondientes; y

el módulo de análisis de señales determina el grosor de la capa de acreción del proceso.

13. Un sistema para medir el nivel de una pluralidad de fases de una mezcla conductora o semiconductor (302) contenida dentro de un vaso (310), teniendo el vaso una pared lateral con una capa de acreción del proceso en contacto directo con la mezcla (102) y una superficie exterior, comprendiendo el sistema, y estando caracterizado por:

30 al menos una antena (350) situada junto a la superficie exterior de la pared lateral del vaso, en la que la antena está adaptada para:

transmitir señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a través de una zona no conductora de la pared lateral del vaso no conductor para incidir sobre la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor contenida dentro del vaso; y

35 recibir señales reflejadas correspondientes, originándose las señales reflejadas en el límite (236) entre la pared lateral del vaso y la capa de acreción del proceso y en el límite (236) entre la capa de acreción del proceso y al menos una fase de la pluralidad de fases en la mezcla conductora o semiconductor;

40 un soporte ajustable (352) en comunicación con el módulo de control y conectado a la al menos una antena, desplazando el soporte ajustable la al menos una antena entre una primera y una segunda posición con respecto a la superficie exterior de la pared lateral del vaso en respuesta a una señal de control del módulo de control;

un módulo transmisor (360), el módulo transmisor está en comunicación con la al menos una antena, genera señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas y envía las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas a la al menos una antena;

45 un módulo receptor (362), el módulo receptor está en comunicación con la al menos una antena y recibe las señales electromagnéticas y/o de corrientes parásitas reflejadas desde la al menos una antena;

un módulo de control (364) en comunicación con el módulo transmisor y el módulo receptor, configurado para controlar el funcionamiento del módulo transmisor y el módulo receptor; y

50 un módulo de análisis de señales (366) en comunicación con el módulo receptor configurado para procesar las señales reflejadas para determinar el nivel de al menos una fase de la pluralidad de fases de la mezcla conductora o semiconductor y el grosor de la capa de acreción del proceso dentro del vaso no conductor.

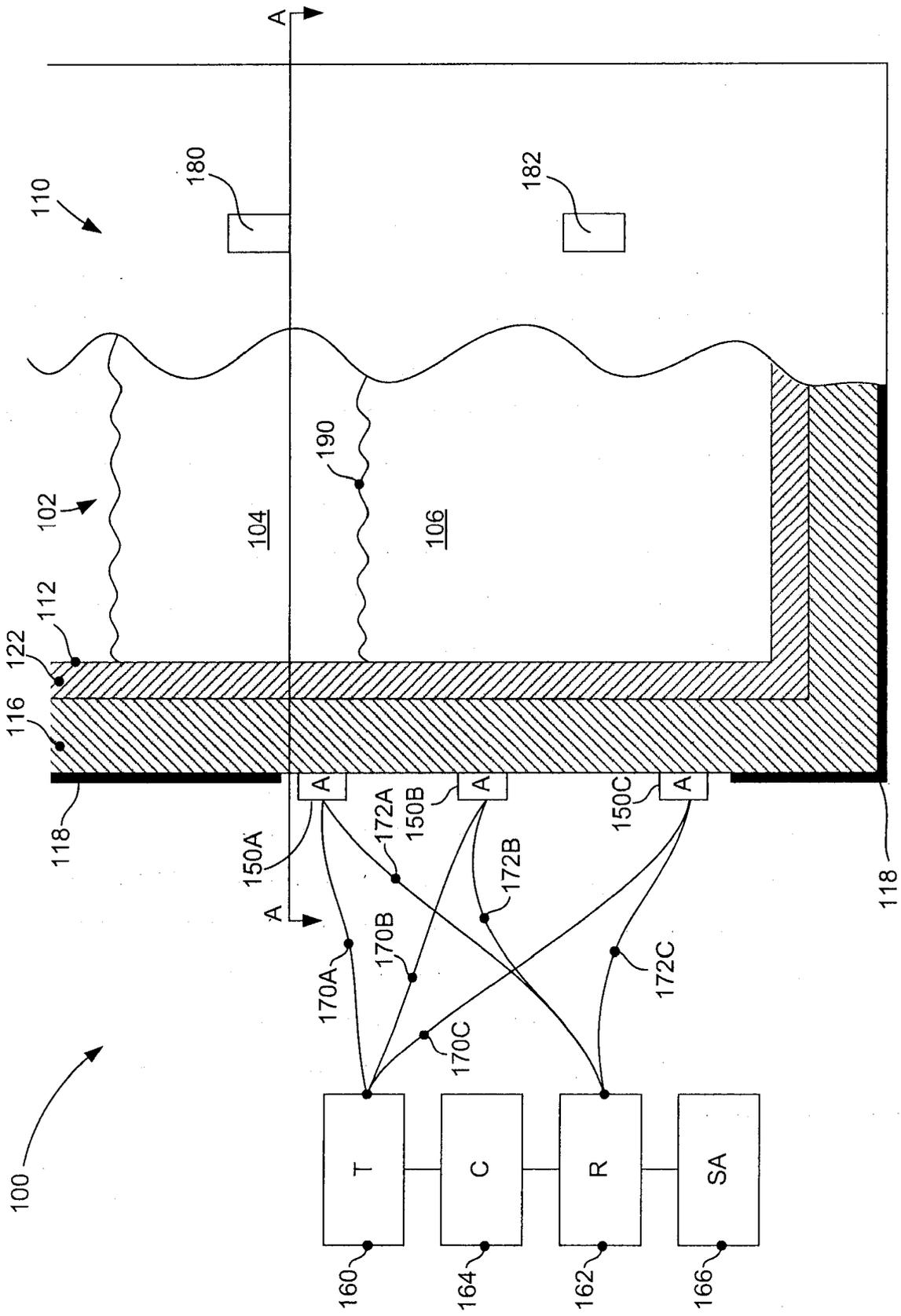


FIG. 1

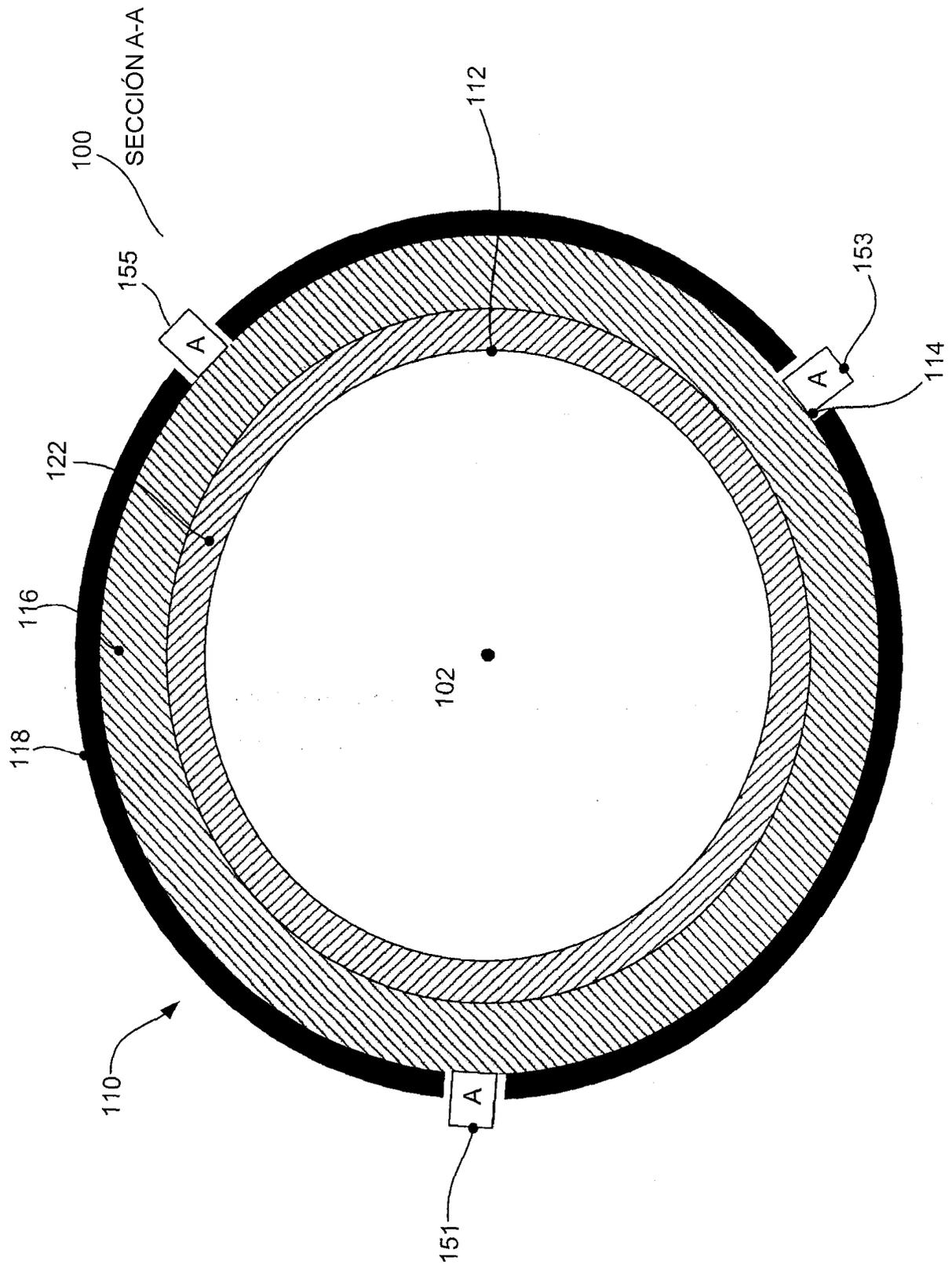


FIG. 2





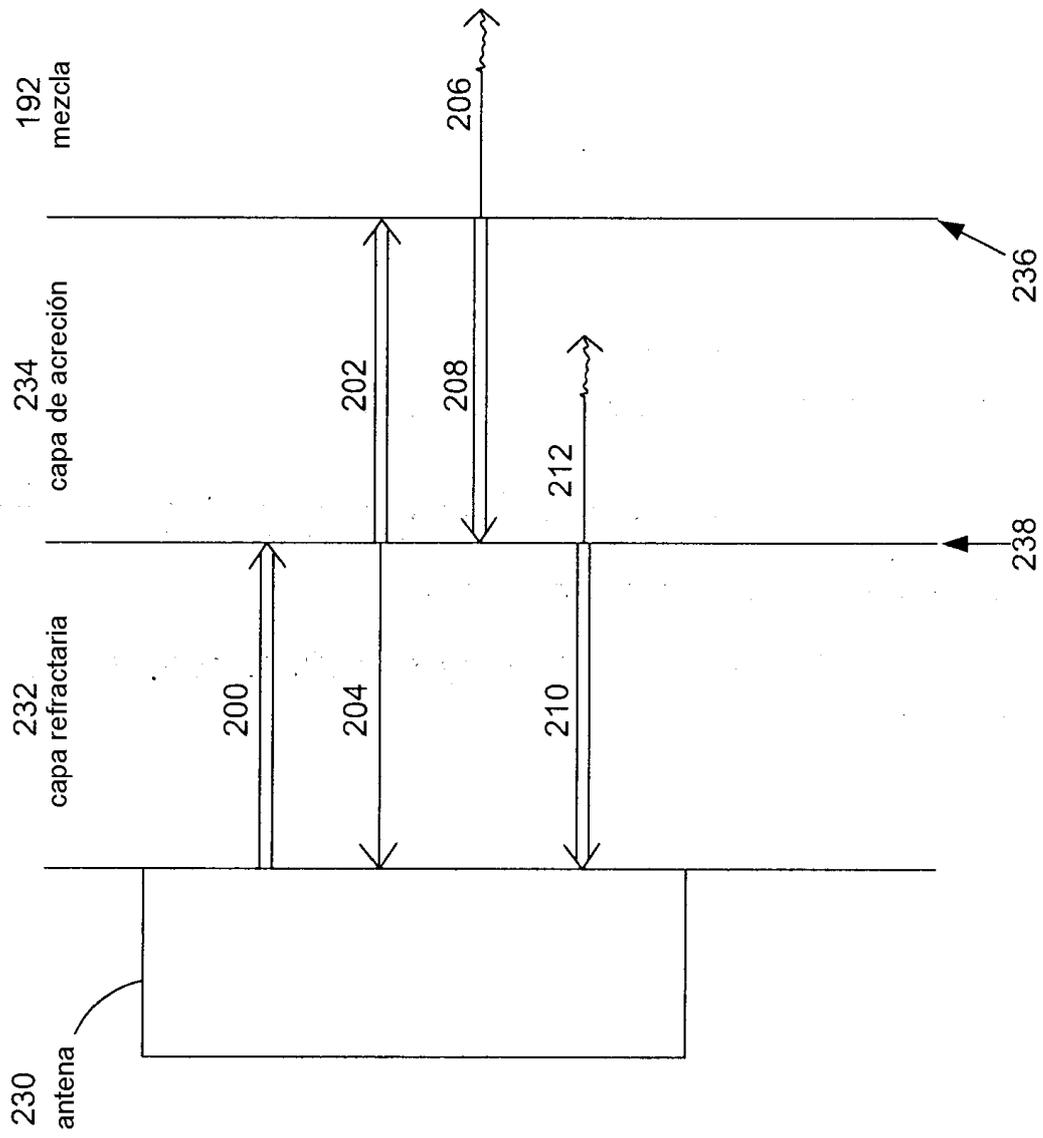


FIG. 4

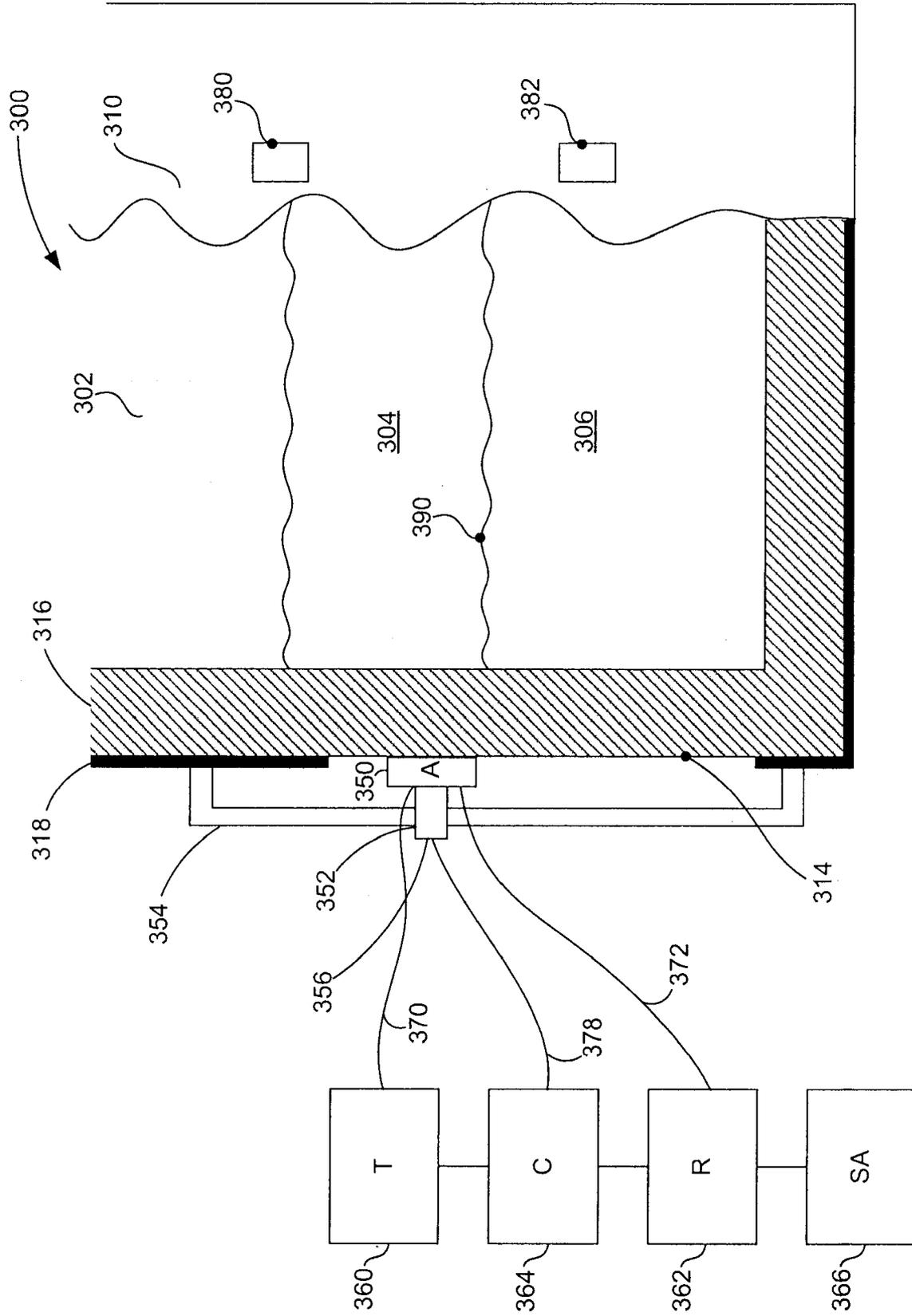


FIG. 5

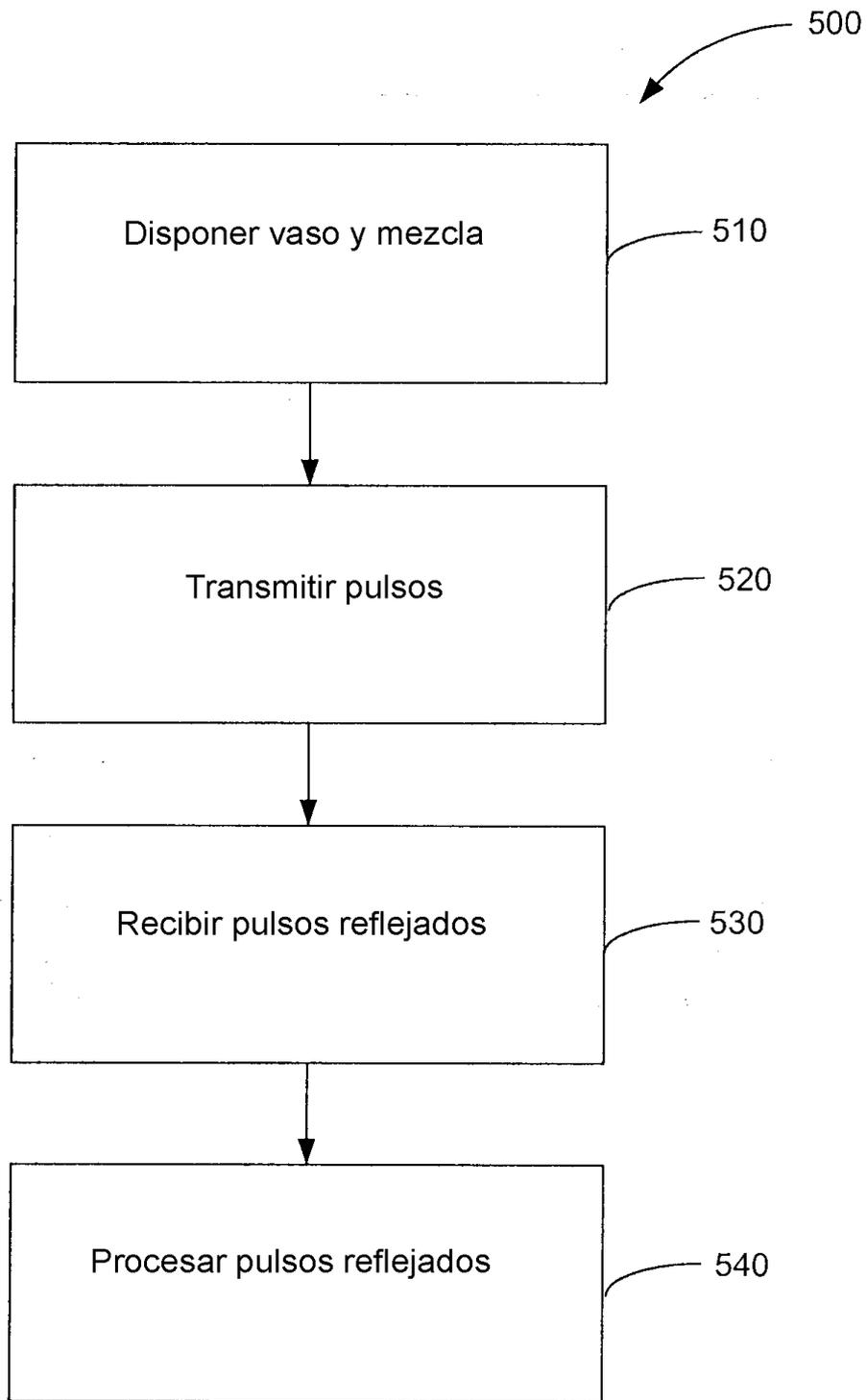


FIG. 6

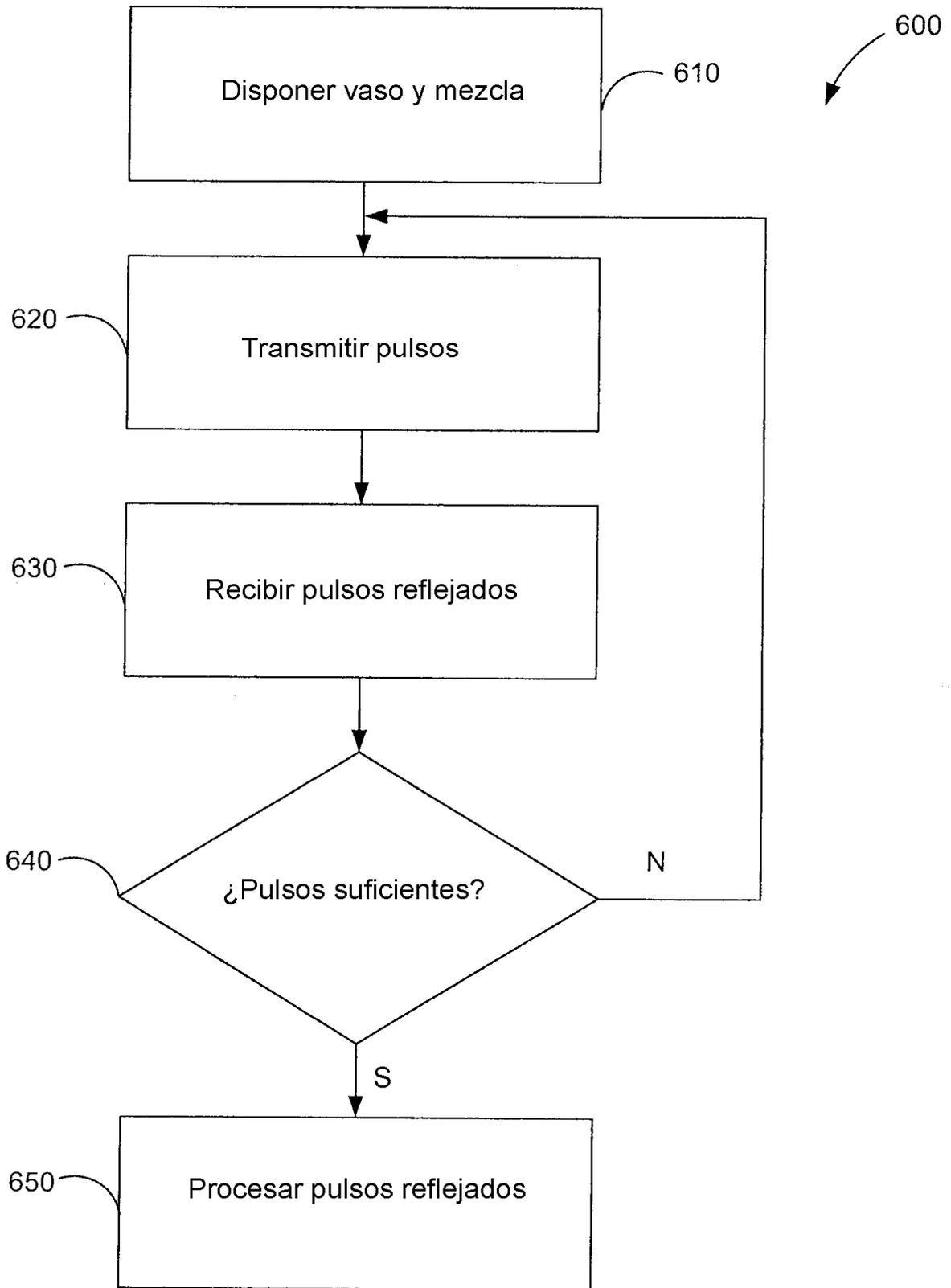


FIG. 7