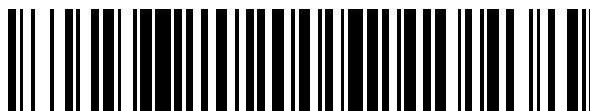


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 253**

51 Int. Cl.:

G01N 27/416 (2006.01)

H03K 5/125 (2006.01)

G01N 33/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2014 PCT/US2014/022822**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO2014164564**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2014 E 14718221 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2941641**

54 Título: **Métodos y aparato para determinar la inclusión y el tamaño de partículas en metal fundido**

30 Prioridad:

12.03.2013 US 201361778044 P

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

21.06.2017

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**HILDENBRANDT, LESLIE CALVIN y
THORNTON, GARY**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 618 253 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

Métodos y aparato para determinar la inclusión y el tamaño de partículas en metal fundido

5 Solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos número de serie 61/778.044 presentada el 12 de Marzo de 2013.

10 Campo de la invención

Esta invención se refiere a métodos y aparato para determinar la presencia o ausencia de inclusiones sólidas y generalmente no metálicas dentro de metal fundido incluyendo determinar información del tamaño y de la concentración de tales inclusiones.

15 Antecedentes de la invención

Los metales fundidos, en particular el aluminio fundido y el acero fundido, se contaminan frecuentemente con pequeñas inclusiones no metálicas arrastradas que dan origen a varios inconvenientes o defectos en productos fabricados a partir del metal fundido. Por ejemplo, tales inclusiones pueden hacer que el metal solidificado se rasgue durante las operaciones de trabajo mecánico, o pueden introducir picaduras y estrías en láminas y defectos superficiales y ampollas en hojas, o dar origen a mayores tasas de rotura durante la producción de alambre metálico, etc.

Un analizador conocido que permite rápidas mediciones de limpieza de metal y proporciona información de tamaño y concentración de las inclusiones es el denominado analizador de limpieza de metal líquido (a menudo abreviado a "LiMCA"). Un aparato LiMCA convencional puede incluir una sonda que tiene un medio de pared aislante eléctrico, a menudo en forma de un tubo de muestreo, que tiene un pequeño paso de dimensiones exactas en una pared lateral. El tubo se sumerge en el metal fundido a comprobar y se aspira un flujo uniforme del metal por vacío o presión a través del paso pequeño mientras se pasa una corriente eléctrica sustancialmente constante a través del flujo entre electrodos dispuestos respectivamente dentro y fuera del tubo. Las inclusiones particuladas tienen por lo general resistividad eléctrica muy alta en comparación con el metal fundido y el recorrido de una partícula a través del paso va acompañado de un cambio en la resistencia de la corriente eléctrica dentro del paso, produciendo por ello un pulso eléctrico en el voltaje a través de los electrodos. El número de pulsos producidos mientras un volumen fijo de metal pasa por el paso proporciona una indicación del número de partículas por unidad de volumen presentes dentro del metal. Además, es posible analizar el pulso para determinar el tamaño de partícula y la distribución de tamaño. En general, el voltaje es supervisado en tiempo real, pero la traza de voltaje puede ser registrada y analizada posteriormente y mantenida para futura referencia. Se describen ejemplos de dispositivos LiMCA típicos en las Patentes de Estados Unidos números 4.600.880, 5.130.639, 4.555.662, y 5.039.935.

En US-A1-2001/0005130 se describen un aparato y un método para proporcionar una clasificación de inclusiones en metal fundido. El aparato y el método incluyen los pasos y medios para obtener un flujo de señales analógicas de un aparato de recogida de datos, pasar el flujo de señales analógicas a través de un convertidor analógico a digital para convertir el flujo de señales analógicas a un flujo de señales digitales, y dividir el flujo de señales digitales en un marco de tiempo discreto de 5 milisegundos. El flujo de señales digitales es vector normalizado para proporcionar un flujo de señal normalizado que tiene una magnitud de amplitud más grande de 1. El flujo de señal normalizado se compara con un control de una forma prototipo para determinar una clasificación para el flujo de señales digitales sobre el marco de tiempo discreto por lógica de decisión para determinar inclusiones duras en función de inclusiones blandas en el metal líquido. En un aspecto, el flujo de señal normalizado se pasa a través de un módulo de decisión que tiene al menos una unidad umbral y al menos una tabla lógica digital para hacer una decisión de una inclusión blanda deformable o una inclusión dura. En una realización, la clasificación y el tamaño de las inclusiones se cuentan en un histograma de clasificación y un histograma de tamaño. La clasificación y el tamaño de las inclusiones se ven en una interfaz gráfica de usuario.

Para que un aparato LiMCA funcione efectivamente, la corriente que fluye entre los electrodos debe ser corriente continua (DC) y debe mantenerse bastante constante durante un período de tiempo suficiente, por ejemplo, 30 segundos más o menos, para permitir una medición fiable. Además, la corriente que pasa entre los electrodos debe mantenerse bastante alta, y es deseable minimizar el ruido eléctrico aleatorio que puede oscurecer indeseablemente la señal de voltaje deseada. Para cumplir estos requisitos, ha sido usual dotar al aparato de una o más baterías recargables (por ejemplo del tipo de níquel-cadmio), para generar la corriente CC necesaria durante la fase de prueba. Las baterías se recargan entre los ciclos de prueba cuando la generación de ruido eléctrico no es importante, por ejemplo, usando un generador de red de suministro o recargador de baterías. Aunque el uso de baterías como la fuente de corriente puede ser efectivo, las baterías tardan un tiempo significativo en recargarse y requieren equipo adicional para asegurar que la recarga tenga lugar adecuadamente. También suelen ser pesadas, voluminosas y pueden tener una duración operativa corta si se someten constantemente a ciclos de descarga y recarga rápidas. Otro problema que puede tener el aparato convencional es la generación de calor considerable, que

representa una pérdida de eficiencia y requiere un tamaño y peso extra para dispositivos de refrigeración o disipadores de calor.

5 El uso de ultra-condensadores, más bien que baterías, como fuentes de potencia para dispositivos LiMCA se ha descrito en la Patente de Estados Unidos número 7.459.896 concedida a Marcotte y colaboradores el 2 de Diciembre de 2008 ("la patente de Marcotte y colaboradores") (cuya descripción se incorpora aquí específicamente por esta referencia). Como se explica en esta patente, se puede emplear ultra-condensadores como fuentes de potencia como una alternativa a las baterías recargables. Sin embargo, los ultra-condensadores tienen una densidad de carga de volumen inferior a la de las baterías recargables y por lo tanto no pueden suministrar corrientes altas a 10 tasas constantes durante períodos de tiempo prolongados. En el dispositivo de la patente de Marcotte y colaboradores, el uso de un ultra-condensador puede dar lugar a la generación de calor significativo y requerir circuitería que es susceptible a inclusión de ruido eléctrico. Esto necesita medidas complejas para eliminar el ruido de la señal de prueba, por ejemplo, proporcionar tres o más electrodos para generar una señal de referencia a efectos de comparación. Por lo tanto se desean acercamientos alternativos que permitan el uso de ultra- 15 condensadores como una fuente de corriente sin desventajas concomitantes.

Los diseños previos de LiMCA, en particular los que incorporan baterías, emplean por lo general grandes resistencias de lastre y transistores que operan en una región lineal (intermedia) para mantener una corriente de 20 régimen que genera altas pérdidas de calor y requiere gestión del calor para mantener las temperaturas operativas dentro de una región segura.

También es conocida la incorporación al aparato de algunos medios de reducir el ruido en la señal de voltaje de modo que los pulsos deseados puedan ser detectados de forma más fiable. Por ejemplo, Marcotte y colaboradores emplean un diseño de tres electrodos para generar una señal adicional conteniendo solamente ruido, y luego restar 25 las señales una de otra para reducir la señal de ruido de fondo.

Sin embargo, aunque es efectivo, esto incrementa el tamaño y el costo del aparato y requiere circuitería adicional.

Por lo tanto, se necesita diseños y métodos alternativos de usar equipo LiMCA.

Resumen de la invención

Las realizaciones ejemplares de la presente invención emplean un método incluyendo: (a) muestrear datos digitales de voltaje medido a través de electrodos parcialmente sumergidos en un metal fundido para generar muestras de 35 datos; (b) actualizar una media móvil retardada de las muestras de datos para establecer una línea base para identificar cambios repentinos en amplitud de las muestras de datos; (c) determinar un umbral añadiendo un valor preestablecido a la línea base; (d) identificar una posible inclusión cuando un número significativo de muestras de datos excede del umbral; (e) almacenar un recuento máximo como las muestras de datos usando detección de pico hasta que un número preestablecido de las muestras de datos caiga por debajo del umbral; y (f) comparar un parámetro de la posible inclusión con una tabla de consulta para categorizar la posible inclusión como (i) una 40 inclusión real o (ii) ruido.

En realizaciones particulares del método anterior, el parámetro puede incluir anchura, los puntos de datos de las inclusiones validadas del paso (f) pueden guardarse, un nivel de ruido presente en la línea base establecida en el 45 paso (b) puede ser supervisado, por lo que el nivel de ruido en la línea base que precede a la posible inclusión después de la identificación en el paso (d) también puede ser supervisado, y un nivel de ruido aceptable máximo en base a la anchura de la inclusión real puede ser ajustado dinámicamente.

En otra realización ejemplar del método, el voltaje medido a través de los electrodos parcialmente sumergidos en un 50 metal fundido se puede obtener cargando al menos un ultra-condensador a un voltaje de 2,7 voltios o menos; avanzando metal fundido a través de un paso en una pared hecha de material resistivo eléctrico entre un interior y un exterior de una sonda de limpieza de metal; descargando el al menos único ultra-condensador, mediante un circuito de red de escalera de resistencias asociado con el o cada ultra-condensador, a través del metal fundido que avanza a través del paso entre un electrodo interior colocado en el interior de la sonda y un electrodo exterior 55 colocado fuera de la sonda, donde el o cada circuito de red de escalera de resistencias incluye dos o más resistencias conectadas en paralelo una a otra, estando cada resistencia en una pata de circuito incluyendo uno o más transistores de efecto de campo capaces de ser conmutados directamente entre un estado apagado no conductor y un estado encendido completamente conductor, teniendo la red de escalera de resistencias valores de resistencia efectivos para mantener una corriente de medición de no más de 100 amperios a través del metal fundido que avanza a través del paso; conmutando los transistores de efecto de campo de las patas de circuito del o 60 cada circuito de red de escalera de resistencias entre el estado apagado no conductor y el estado encendido completamente conductor según una secuencia para mantener la corriente de medición dentro de un rango de corriente predeterminado al menos durante un tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido; y midiendo el voltaje a través de los electrodos interno y externo.

Realizaciones ejemplares de la presente invención también pueden emplear un medio de almacenamiento no

transitorio legible por ordenador que almacena declaraciones e instrucciones, que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que el único o más procesadores: muestreen datos digitales del voltaje medido a través de electrodos parcialmente sumergidos en un metal fundido para generar muestras de datos; actualicen una media móvil retardada de las muestras de datos para establecer una línea base para identificar cambios repentinos en la amplitud de las muestras de datos; determinen un umbral añadiendo un valor preestablecido a la línea base; identifiquen una posible inclusión cuando un número significativo de muestras de datos exceda del umbral; almacenen un recuento máximo como las muestras de datos usando detección de pico hasta que un número preestablecido de las muestras de datos caiga por debajo del umbral; y comparen un parámetro de la posible inclusión con una tabla de consulta para categorizar la posible inclusión como (i) una inclusión real o (ii) ruido.

Otras realizaciones ejemplares pueden proporcionar un aparato para medir la limpieza de un metal fundido. Tal aparato puede incluir uno o más ultra-condensadores recargables operables a un voltaje de descarga de 2,7 voltios o menos; al menos dos electrodos; una sonda de limpieza de metal que tiene un interior, una pared hecha de material resistivo eléctrico y un paso en la pared interconectando el interior con un exterior de la sonda para que el metal fundido pueda pasar a su través, donde uno de los al menos dos electrodos está colocado en el interior de la sonda como un electrodo interior y otro de los al menos dos electrodos está colocado fuera de la sonda como un electrodo exterior; un dispositivo que mide el voltaje a través de los electrodos interior y exterior y genera una señal de voltaje; para el o para cada uno del único o más ultra-condensadores, un circuito de red de escalera de resistencias asociado que interconecta su ultra-condensador asociado con uno de los electrodos, incluyendo el o cada circuito de red de escalera de resistencias dos o más resistencias conectadas en paralelo una a otra, estando cada resistencia en una pata de circuito incluyendo uno o más transistores de efecto de campo capaces de ser conmutados directamente entre un estado apagado no conductor y un estado encendido completamente conductor, y teniendo el circuito o circuitos de red de escalera de resistencias valores de resistencia efectivos para mantener una corriente de medición de no más de 100 amperios a través de metal fundido presente en el paso cuando el circuito o circuitos están expuestos al voltaje de descarga del único o más ultra-condensadores; un controlador adaptado para conmutar individualmente los transistores de efecto de campo de las patas de circuito del o cada circuito de red de escalera de resistencias entre el estado apagado no conductor y el estado encendido completamente conductor según una secuencia efectiva para mantener la corriente de medición dentro de un rango de corriente predeterminado al menos durante un tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido; y un analizador para analizar la señal de voltaje. El analizador de tal aparato incluye un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que almacena declaraciones e instrucciones, que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que el único o más procesadores: (a) muestreen datos digitales del voltaje medido a través de los electrodos para generar muestras de datos; (b) actualicen una media móvil retardada de las muestras de datos para establecer una línea base para identificar cambios repentinos en la amplitud de las muestras de datos; (c) determinen un umbral añadiendo un valor preestablecido a la línea base establecida en el paso (b); (d) identifiquen una posible inclusión cuando un número significativo de muestras de datos exceda del umbral determinado en el paso (c); (e) almacenen un recuento máximo como las muestras de datos usando detección de pico hasta que un número preestablecido de las muestras de datos caiga por debajo del umbral establecido en el paso (c); y (f) comparen un parámetro de la posible inclusión con una tabla de consulta para categorizar la posible inclusión como (i) una inclusión real o (ii) ruido.

Puede haber un solo ultra-condensador y circuito de red de escalera de resistencias asociado, pero alternativamente puede haber dos o más de tales ultra-condensadores y circuitos para reducir la corriente transportada por cada circuito de resistencia, aunque se reconocerá que la "huella" del aparato requerido cuando se disponen dos o más, especialmente más de dos, de tales ultra-condensadores y circuitos aumenta probablemente el tamaño y el costo del aparato.

En una forma ejemplar, el transistor o transistores de efecto de campo de cada una o la mayor parte de las patas de circuito son transistores de efecto de campo montados en superficie que emplean un espacio mínimo en el aparato y evitan la excesiva susceptibilidad al ruido. Tales FETs tienen cuerpos componentes que están montados directamente en una placa de circuitos subyacente y tienen terminales sobresalientes que están conectados a los recorridos de circuito de la placa de circuitos sin requerir la presencia de agujeros en la placa de circuitos. Tales FETs pueden tener muy baja resistencia en el estado encendido completamente conductor y, cuando se someten a voltajes relativamente bajos (es decir, de 2,7 voltios, y alternativamente 1,4 voltios, o menos) en un circuito de red de escalera de resistencias, generan poco calor, por lo que en general no hay necesidad de dotar a los FETs de disipadores de calor voluminosos y pesados usados convencionalmente para FETs de otros tipos. Además, montando los FETs directamente sobre la placa de circuitos, no hay que usar cables alargados, y esto reduce la cantidad de ruido aleatorio captado por los dispositivos dado que tales cables actúan como pequeñas antenas. En realizaciones ejemplares, los FETs son conmutados directamente desde el estado apagado no conductor a el estado encendido plenamente conductor en un período de tiempo muy corto (por ejemplo, típicamente menos de 1 μ s). Se puede obtener FETs adecuados de este tipo, por ejemplo, de International Rectifier de El Segundo, CA 90245, Estados Unidos de América, o Digi-Key Corporation de Thief River Falls, MN 56701, Estados Unidos de América.

En una realización ejemplar, el transistor o los transistores de efecto de campo de cada una de las patas de circuito pueden elegirse para introducir una resistencia de menos de 1 miliohmio en la pata de circuito cuando está en el estado encendido completamente conductor, minimizando así la pérdida de calor en el circuito. Tales valores de

resistencia mínimos también se pueden lograr proporcionando dos o más transistores de efecto de campo conectados en paralelo en una pata de circuito, reduciendo por ello la resistencia combinada introducida por los transistores de efecto de campo en la pata de circuito. Esto permite el uso de transistores de efecto de campo que pueden tener una resistencia más alta en el estado encendido de la que sería deseable para uso individual.

5 El uso de FETs montados en superficie permite que el diseño sea compacto, y la circuitería compacta reduce el ruido en la señal de voltaje que hace posible determinar la limpieza de metal a partir de la señal de voltaje mientras que emplea solamente dos electrodos, es decir sin tener que proporcionar electrodos adicionales y circuitería para eliminación de ruido.

10 Una realización ejemplar concreta emplea dos ultra-condensadores y dos circuitos de red de escalera de resistencias separados. Esto reduce el flujo de corriente en cada circuito de red a la mitad de lo que sería si se usase un solo ultra-condensador y un solo circuito de red de escalera de resistencias. Esto permite que cada circuito permanezca más frío durante el período de medición. Cada ultra-condensador proporciona entonces la mitad de la corriente requerida. Por ejemplo, si el aparato requiere una corriente de medición de 60-65 amperios, cada ultra-condensador y circuito de red de escalera de resistencias proporcionará 30-32,5 amperios, estando conectado cada circuito a los electrodos para proporcionar flujo de corriente en la misma dirección. Naturalmente, de esta forma se podría emplear más de dos ultra-condensadores y circuitos de red de resistencias, pero con la consiguiente necesidad de requisitos adicionales de capital y tamaño.

20 Las resistencias de cada circuito de red de escalera de resistencias pueden tener valores de resistencia diferentes una de otra. El controlador puede programarse entonces para conmutar los transistores de efecto de campo de las patas de circuito para encender primero una pata de circuito de resistencia más baja, y luego encender una o más patas de circuito de resistencia más alta cuando el voltaje de descarga del ultra-condensador asociado disminuya durante el tiempo requerido para medición. Cuando hay tres o más patas de circuito por circuito de red de escalera de resistencias, el controlador puede programarse para encender las patas de circuito según una secuencia binaria efectiva para mantener la corriente de medición dentro del rango de corriente predeterminado.

30 Las resistencias empleadas en la red de escalera de resistencias pueden ser individualmente de valores de resistencia bajos, por ejemplo, en una realización ejemplar, dentro de un rango de 0,02 a 2,64 ohmios, o alternativamente dentro de un rango de 0,02 a 0,66 ohmios.

35 El aparato puede incluir además un dispositivo para medir la corriente de medición y para generar una señal que avista al controlador cuando la corriente cae a un límite inferior del rango de corriente predeterminado, de modo que el controlador pueda encender y/o apagar entonces FETs para mantener la corriente de medición dentro del rango predeterminado. El aparato también puede incluir un analizador de señal de voltaje adaptado para determinar la limpieza de metal a partir de la señal procedente del dispositivo que registra el voltaje, y uno o más cargadores para cargar el (los) ultra-condensador(es) entre mediciones de limpieza de metal.

40 El aparato en una realización ejemplar puede incluir circuitería para purgar el paso de residuos e incrustaciones antes de las mediciones de limpieza. En una forma, esto puede tomar la forma de un circuito conmutable poniendo en derivación el circuito de red de escalera de resistencias y conectando el o cada ultra-condensador en paralelo directamente a través del electrodo interior y exterior para purgar el paso. Para corrientes de purga más altas, el aparato puede incluir un circuito conmutable que conecte dos o más ultra-condensadores en serie y ponga en derivación los circuitos de red de escalera de resistencias para conectar los ultra-condensadores conectados en serie a través de los electrodos interior y exterior. El voltaje más alto de los ultra-condensadores conectados en serie produce una corriente más alta a través del paso que una forma alternativa en la que dos o más ultra-condensadores están conectados en paralelo.

50 En una forma ejemplar, el aparato puede emplear dos, y no más de dos, electrodos, es decir un solo electrodo interno y un solo electrodo externo. Esto es debido a que la resistencia del aparato ejemplar a la captación de ruido puede permitir que la señal de voltaje resultante sea analizada sin equipo elaborado de cancelación de ruido. La resistencia a ruido se puede mejorar en concreto colocando las resistencias y los transistores de efecto de campo montados en superficie en la misma placa de circuitos inmediatamente adyacentes uno a otro, minimizando por ello la huella de los componentes de circuito y las longitudes de los conectores. Una combinación de características también hace posible evitar en gran parte la presencia de disipadores de calor usados convencionalmente para quitar calor de las resistencias y los transistores de efecto de campo porque estos elementos pueden funcionar bastante fríos (por ejemplo, enfriarse suficientemente al tacto). Esto es posible a causa de una o más características, tal como un bajo voltaje de descarga de los ultra-condensadores, una resistencia baja de los transistores de efecto de campo en el estado encendido, una corriente de medición relativamente baja, bajos valores de resistencia de las resistencias, etc, como se ha explicado.

65 En una forma ejemplar, cada circuito de red de escalera de resistencias tiene tres o más patas de circuito (generalmente hasta seis) y la conmutación individual de los transistores de efecto de campo de las patas de circuito del o de cada circuito de red de escalera de resistencias se lleva a cabo según una secuencia binaria para mantener la corriente de medición dentro del rango de corriente predeterminado. La secuencia puede ser predeterminada

según una rutina de calibración y registrada para uso durante el tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido. En una forma, los transistores de efecto de campo son conmutados desde el estado apagado al encendido por señales de voltaje generadas por un controlador, por ejemplo, un circuito electrónico conteniendo un microprocesador y opcionalmente un dispositivo de memoria y temporizador.

5 Si se desea, el paso puede purgarse antes del tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido dirigiendo corriente desde el al menos único ultra-condensador a través de metal fundido en el paso haciendo al mismo tiempo que la corriente ponga en derivación el o cada circuito de red de escalera de resistencias. En una forma ejemplar, dos o más ultra-condensadores están conectados en serie de modo que se pueda aplicar un voltaje incrementado a través de los electrodos cuando los ultra-condensadores conectados en serie sean descargados a través del paso.

15 Se puede hacer realizaciones ejemplares del aparato de la invención bastante compactas porque la generación de calor se mantiene al mínimo limitando el voltaje operativo del ultra-condensador a no más de 2,7 voltios (por ejemplo, menos de 1,4 voltios, tal como dentro de un rango de 0,8 a 1,4 voltios), limitando la corriente de medición a no más de 100 amperios, y empleando FETs que tengan baja resistencia cuando estén en los estados encendidos plenamente conductores, por ejemplo, no más de unos pocos miliohmios y, por ejemplo, no más de 1 miliohmio. Como se ha indicado anteriormente, se puede emplear FETs con resistencia más alta con el mismo efecto si dos o más están conectados en paralelo dentro de una pata del circuito.

20 En realizaciones ejemplares, la red de circuito de escalera de resistencias proporciona una forma de emplear FETs sin recurrir a la operación de tales dispositivos en sus rangos intermedios que generan calor significativo. Así, los dispositivos pueden ser usados solamente en el estado apagado no conductor y el estado encendido completamente conductor que casi no generan pérdidas. Entonces los FETs o las resistencias generan muy poco calor y se puede evitar la necesidad de disipadores de calor voluminosos y pesados. Como se ha indicado previamente, esto también hace posible usar FETs montados en superficie, que ocupan menos espacio y son menos susceptibles a la recepción de ruido eléctrico.

30 Ajustando valores de resistencia de escalera, voltaje de carga de ultra-condensador, parámetros de calibración, y/o puntos de control establecidos (por ejemplo, mediante microprogramas), las realizaciones ejemplares pueden ajustarse para muestreo en metales diferentes y para corrientes de descarga más altas o más bajas y ondulación de corriente más apretada o más suelta (es decir, oscilar entre corrientes máxima y mínima durante el muestreo).

35 **Breve descripción de los dibujos**

Realizaciones ejemplares de la presente invención se describen en detalle a continuación en unión con los dibujos acompañantes, en los que:

40 La figura 1 es un diagrama de circuito y esbozo esquemático combinados que ilustra una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 2 es un gráfico que representa los resultados de una prueba realizada según una realización ejemplar de la invención.

45 Las figuras 3A, 3B y 3C son diagramas de flujo que ilustran una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de estado operativo según una realización ejemplar de la presente invención.

50 Las figuras 5A y 5B son diagramas de flujo que ilustran otro estado operativo según realizaciones ejemplares de la presente invención.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra otro estado operativo según una realización ejemplar de la presente invención.

55 La figura 7 es un gráfico que representa los resultados de una prueba realizada según el método de la figura 3.

Y la figura 8 ilustra un sistema informático en el que se pueden implementar las varias realizaciones.

60 **Descripción detallada**

La figura 1 representa un diagrama de circuito 10 adecuado para suministrar corriente de limpieza-medición en un analizador LiMCA según una realización ejemplar de la invención. Este circuito, o al menos su mayor parte, se puede disponer en una placa de circuitos denominada una "placa de potencia". El aparato también puede incluir una "placa principal" conteniendo equipo para iniciar una rutina de calibración, y una "placa analógica" conteniendo dispositivos de medición, registro y posiblemente procesado de señales. Para conveniencia, la placa principal puede

estar a distancia de la placa de potencia y la placa analógica, por ejemplo, situada en una caja de control (no representada) conectada a la placa de potencia en una unidad de sonda por un cable umbilical de longitud adecuada (por ejemplo, de treinta pies de largo). La placa analógica está colocada preferiblemente lo más cerca que sea posible de la placa de potencia para mínima susceptibilidad al ruido.

5 En el diagrama de circuito 10 se han dispuesto dos ultra-condensadores 11a y 11b para suministrar corriente continua en último término a electrodos 12a (positivo) y 12b (negativo) durante un período de medición del aparato. Los electrodos están colocados en lados opuestos de una pared de una sonda tubular hueca encerrada 13 hecha de material resistivo eléctrico que tiene un paso pequeño 14 de tal manera que el electrodo 12a esté dentro de la sonda y el electrodo 12b esté fuera de la sonda. La sonda 13 y el electrodo externo 12b están sumergidos en metal fundido a analizar (representado por la línea de superficie ondulada 15). Antes de que comience el período de medición, los ultra-condensadores 11a y 11b son cargados por dispositivos de carga asociados 16a y 16b a un voltaje al que son capaces, conjuntamente, de suministrar una corriente de medición predeterminada, en una realización al menos 65 amperios, pero no más de 100 amperios, cuando comienza el período de medición. El voltaje de carga máximo se mantiene bajo en comparación con los voltajes a los que normalmente operan los ultra-condensadores, por ejemplo, un máximo de 2,7 voltios y generalmente en el rango de 0,8 a 1,4 voltios. Los dispositivos de carga 16a, 16b y la circuitería acompañante están apagados antes de, y en todo momento durante, el período de medición para evitar la generación de ruido eléctrico a partir de circuitos CA y análogos usados por tales dispositivos. El uso de tales voltajes bajos contribuye a las bajas pérdidas de calor deseadas.

20 Cada uno de los terminales positivos de los ultra-condensadores 11a y 11b está conectado al electrodo interno 12a mediante circuitos separados de red de escalera de resistencias Na y Nb conmutables por transistores de efecto de campo (FETs), todos los cuales son del tipo de montaje en superficie para permitir un diseño compacto (es decir, van montados en contacto directo con una placa de circuitos de soporte). Los terminales negativos de ambos ultra-condensadores 16a, 16b se conectan al electrodo 12b cuando se enciende el FET 25.

30 Para iniciar una operación de medición, una bomba de vacío P (o alternativamente un depósito de vacío) extrae aire del interior de la sonda 13 y el vacío resultante aspira metal fundido a una tasa constante a la sonda interior a través del paso estrecho 14. Se aplica un voltaje de control a través de la línea 20 a los FETs 21a y 21b para encender los circuitos 22a y 22b (denominados "patas" de circuito de los circuitos de red de escalera de resistencias) que salen desde los terminales positivos de los ultra-condensadores 11a y 11b, respectivamente, permitiendo por ello la conexión al electrodo positivo 12a. Las patas de circuito 22a y 22b contienen resistencias de lastre 23a y 23b, respectivamente, del mismo valor de resistencia adecuado para permitir una corriente combinada a través del metal de no más de 100 amperios, y preferiblemente de 65 a 70 amperios. Al mismo tiempo, se aplica un voltaje de control mediante la línea 24 al FET 25 para encender el FET y así conectar el terminal negativo del ultra-condensador 11a al electrodo negativo 12b para completar el circuito. El electrodo negativo del ultra-condensador 11b está conectado constantemente al electrodo negativo 12b, así, en esta etapa, ambos ultra-condensadores suministran corriente a través del metal en el paso 14 mediante los electrodos 12a y 12b. Cuando la corriente fluye a través del metal, el voltaje a través de los electrodos es medido por un dispositivo que registra el voltaje y produce una señal de voltaje, por ejemplo, un aparato de registro y análisis de voltaje V, de modo que la presencia y las características de los pulsos en la señal de voltaje que sean características de inclusiones de metal puedan ser detectadas, medidas, evaluadas y determinadas.

45 A medida que prosigue la operación de prueba, los voltajes de salida de los ultra-condensadores 11a y 11b decaen rápidamente, de modo que la corriente que pasa a través del metal en el paso 14, medida por ejemplo por un dispositivo de medición de corriente 17 (por ejemplo, un transductor de efecto Hall) y observada o registrada por el medidor de corriente A, empieza a declinar del valor inicial deseado de 65-70 amperios. Para compensar esta disminución, y para mantener la corriente en un rango de medición predeterminado, por ejemplo, de aproximadamente 60 a GSA, se activa (se enciende) una o varias "patas" de red de escalera adicionales 32a/32b, 42a/42b, 52a/52b, 62a/62b y 72a/72b de los circuitos de red de escalera, de modo que pueda fluir corriente respectivamente a través de los pares de resistencias 33a/33b, 43a/43b, 53a/53b, 63a/63b y/o 73a/73b para reducir la resistencia general en los circuitos de red de escalera entre los ultra-condensadores y el electrodo interno 12a. Esto se logra aplicando voltajes de control mediante las líneas 30, 40, 50, 60 y 70 según sea preciso a pares de FETs 31a/31b, 41a/41b, 51a/51b, 61a/61b y 71a/71b, respectivamente. La aplicación de tales voltajes de control se realiza bajo el control de un controlador de FETs 18 que puede incluir un dispositivo microprocesador.

60 La secuencia a la que se encienden tales FETs se elige para mantener la corriente de medición siempre dentro del rango deseado, por ejemplo, de aproximadamente 55 a 65 amperios, o alternativamente de aproximadamente 60 a 65 amperios, cuando el voltaje de los ultra-condensadores 11a, 11b decae. En un ejemplo particular del circuito ilustrado, si se dice que las resistencias 23a/23b tienen un valor de resistencia de "R", cada una de las resistencias 33a/33b tiene preferiblemente un valor de resistencia de 2xR, cada una de las resistencias 43a/43b tiene preferiblemente un valor de resistencia de 4xR, cada una de las resistencias 53a/53b tiene preferiblemente un valor de resistencia de 8xR, cada una de las resistencias 63a/63b tiene preferiblemente un valor de resistencia de 16xR y cada una de las resistencias 73a/73b tiene preferiblemente un valor de resistencia de 32xR. En tal circuito previsto para uso con aluminio fundido o aleaciones de aluminio, el valor R puede ser de 0,020 ohmio, siendo así las resistencias de las varias resistencias:

ES 2 618 253 T3

$$23a/23b = 0,020 \text{ ohmio}$$

$$33a/33b = 4 \times 0,15 \text{ ohmio en paralelo} = 0,0375 \text{ ohmio}$$

$$43a/43b = 2 \times 0,15 \text{ ohmio en paralelo} = 0,075 \text{ ohmio}$$

$$53/53b = 0,15 \text{ ohmio}$$

$$63a/63b = 0,33 \text{ ohmio};$$

y

$$73a/73b = 2 \times 0,33 \text{ ohmio en serie} = 0,66 \text{ ohmio.}$$

En una secuencia de control ejemplar, primero se encienden las resistencias 23a/23b. Después, cuando el voltaje decae, se encienden resistencias adicionales según sea necesario según una secuencia binaria codificada comenzando con las resistencias 73a/73b que producen el cambio de corriente más pequeño. Entonces se apagan las resistencias 73a/73b y se encienden las resistencias 63a/63b produciendo dos veces el cambio de corriente que las resistencias 73a/73b. Entonces, tanto las resistencias 73a/73b como 63a/63b se encienden, etc, en una secuencia binaria, es decir 100000, 100001, 100010, 100011, 100100, 100101, 100110, ... 111111 (es decir, 32 estados en total), donde el dígito menos significativo controla las resistencias 73a/73b y el dígito más significativo controla las resistencias 23a/23b. Esta secuencia de 32 transiciones de resistencia se usa sucesivamente cuando la corriente cae a alrededor de 60 amperios para mantener la corriente de medición dentro del rango deseado. De hecho, solamente algunos de los 32 estados 100001 a 111111 pueden ser efectivos para mantener el valor de corriente, y normalmente al menos 5 o 6 estados son efectivos. Conmutando a estos estados, el flujo de corriente a través del metal en el paso 14 puede mantenerse dentro de un rango deseado de, por ejemplo, 60 a 65 amperios durante el tiempo requerido para una medición de limpieza de metal (en general al menos 30 segundos) a pesar de la rápida decadencia de voltaje de los ultra-condensadores 11a y 11b.

Aunque en la figura 1 cada pata de circuito está provista de un solo FET para que la pata de circuito pueda ser encendida o apagada del circuito, alternativamente es posible proporcionar dos o más FETs conectados en paralelo en cada pata de circuito. Todos los FETs de tal disposición se encenderían o apagarían al mismo tiempo. La ventaja de tal disposición es que múltiples FETs conectados en paralelo reducirían más cualesquiera valores de resistencia introducidos por los FETs individuales minimizando más las pérdidas de calor en la circuitería. Por ejemplo, en una realización es deseable mantener la resistencia de FET por debajo de aproximadamente 1 miliohmio. Esto se podría hacer, por ejemplo, usando un solo FET que tenga un valor de resistencia de 0,8 miliohmio cuando esté encendido, o usando, por ejemplo, 10 FETs en paralelo, cada uno con un valor de resistencia de 8,0 miliohmio. Así, todavía se puede emplear FETs o valores de resistencia más grandes. Naturalmente, 10 FETs tienen una huella mayor que un solo FET que puede hacerlos más susceptibles a captación de ruido, de modo que es aconsejable usar FETs de valores de resistencia más pequeños cuando estén disponibles. Manteniendo bajo el voltaje de los ultra-condensadores y baja la resistencia de FET en las patas de circuito, la generación indeseada de calor puede mantenerse al mínimo, haciendo por ello posible diseñar equipo de medición que no necesite disipadores de calor pesados y voluminosos, minimizando así el tamaño y el peso del equipo y minimizando la susceptibilidad del equipo a la captación de ruido eléctrico externo e interno, manteniendo por ello "limpia" la señal de voltaje. Si se considera ventajoso para aplicaciones particulares, sin embargo, sólo los FETs 23a y 23b pueden estar provistos de colectores de calor dado que toman la mayor parte del flujo de corriente y están en el estado encendido todo el tiempo durante la medición.

La activación de las varias resistencias en los dos circuitos de escalera de resistencias puede ser sensible a supervisión automática de la corriente en tiempo real mediante el transductor 17 con generación apropiada de alertas al controlador de FET 18. Componentes adecuados para generar tales alertas pueden estar asociados con el medidor de corriente A. Un acercamiento alternativo es preprogramar las operaciones necesarias en el controlador de FET 18 antes de que comience una operación de medición de modo que los ajustes se hagan automáticamente según un programa óptimo de tiempo/resistencia establecido con anterioridad para el circuito y el metal a medir. Los diferentes metales pueden requerir naturalmente programas diferentes en vista de sus diferentes valores de resistencia y características de flujo de corriente.

Para predeterminar la secuencia usada para encender y apagar resistencias en la escalera para un metal concreto, se puede realizar una rutina de calibración antes de que comience la medición real. Según tal rutina, los ultra-condensadores 11a/11b se cargan a un voltaje que proporcionaría más de 65 amperios cuando las resistencias 23a/23b se encienden primero. Esta corriente inicial puede ser de alrededor de 70-80 amperios. Entonces, las resistencias 23a/23b se encienden, y cuando la corriente disminuye a aproximadamente 65 amperios, se registra el voltaje de los ultra-condensadores 11a, 11b y se usa para determinar el voltaje de carga de ultra-condensador. Cuando la corriente disminuye a 60 amperios, las resistencias restantes se encienden en una secuencia binaria codificada como se ha indicado anteriormente hasta que de nuevo se establece una corriente de 65 amperios. El

estado binario de las resistencias y voltaje de los ultra-condensadores se registran dentro del controlador 18 para la primera transición. Cada vez que la corriente disminuye a 60 amperios, las resistencias restantes se encienden en la secuencia binaria codificada hasta que de nuevo se logran 65 amperios y se registran el estado binario de transición siguiente y el voltaje de ultra-condensador. Esto se realiza hasta que todas las resistencias de las escaleras se hayan encendido y la corriente caiga por debajo de 60 amperios indicando que la calibración se ha completado. Durante el muestreo, cada estado de transición efectivo se pone y registra como estados de transición de calibración almacenados. Los datos registrados de la rutina de calibración son empleados por el controlador 18 durante una operación de limpieza-medición para enviar las señales de voltaje mediante las líneas 20 a 70 para controlar los FETs para mantener la corriente de medición dentro del rango deseado. Se puede llevar a cabo una operación de calibración de tiempo/resistencia para cada metal fundido diferente, o antes de cada medición si se desea.

Aunque los FETs son capaces de encender o apagar sus respectivas patas de circuito muy rápidamente, por ejemplo, en cuestión de microsegundos, empleando la secuencia binaria de operación descrita, es posible desechar cualesquiera mediciones de voltaje recogidas por la grabadora de voltaje V durante el evento de conmutación puesto que habrá inevitablemente un salto de voltaje cuando se enciendan o apaguen resistencia(s) adicional(es) y esto puede confundir el significado de la señal en ese momento concreto. Así, la grabadora de voltaje V puede ser programada, por ejemplo, por otro microprocesador situado dentro de la grabadora V en una placa analógica (no representada), para parar automáticamente el registro o la grabación de la señal de voltaje durante un evento de conmutación indicado por señales procedentes del controlador 18. Alternativamente, los resultados de tales períodos de conmutación, aunque sean registrados por la grabadora V, pueden ser ignorados simplemente por el software durante el análisis de la señal de voltaje.

La salida de voltaje registrada durante un período de medición puede ser procesada y analizada para determinar el número y las características de inclusiones de la misma manera que con los dispositivos LiMCA convencionales, y el aparato puede estar provisto de un analizador adecuado para analizar la señal de voltaje y éste puede incorporarse, o asociarse, con el elemento V representado en los dibujos. Sin embargo, es ventajoso analizar la señal de la manera descrita más adelante con referencia a las figuras 3A-8, y dotar al analizador del dispositivo LiMCA de un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que almacene declaraciones e instrucciones que, cuando sean ejecutadas por uno o más procesadores, hagan que los procesadores analicen la señal de la manera descrita con referencia a las figuras 3A-8.

Las características de las realizaciones ejemplares de la presente solicitud permiten que el dispositivo evite mucha interferencia eléctrica externa e interna, de modo que la señal resultante pueda ser analizada sin la necesidad de un aparato adicional (por ejemplo, más electrodos) o rutinas que puedan ser necesarias en la técnica anterior, tal como la patente de Marcotte y colaboradores mencionada anteriormente. Las realizaciones ejemplares pueden emplear así solamente dos electrodos, es decir, los electrodos 12a y 12b como se representa. Además, es útil dotar a las realizaciones ejemplares de la capacidad de acondicionar o purgar la sonda LiMCA antes de llevar a cabo una medición o rutina de autocalibración. Esto se realiza suministrando una corriente muy alta (por ejemplo, 300A o más) a través del paso para desplazar o eliminar inclusiones atrapadas en el paso o incrustaciones, etc, adheridas a los lados. Esto se puede hacer descargando los ultra-condensadores 11a, 11b directamente a través del metal fundido en el paso mediante un circuito que tenga poca o nula resistencia eléctrica, por ejemplo, que no tenga resistencias de lastre. Para esta finalidad, los ultra-condensadores pueden estar conectados en paralelo (lo que es normal) o en serie (cuando se precisa una corriente más alta). Con referencia de nuevo a la figura 1, estas operaciones son controladas por FETs 25, 80, 90 y 100. Con los otros FETs apagados, el encendido de los FETs 25, 80 y 90 hace que los ultra-condensadores 11a, 11b se descarguen en paralelo a través del electrodo 12a. Por otra parte, encender los FETs 80 y 100 con el FET 25 apagado hace que los ultra-condensadores se descarguen en serie. El control de estos FETs de descarga se mantiene por los voltajes aplicados a través de las líneas 24, 26, 27 y 28 según señales procedentes del controlador 18. La línea 24 controla el FET 25, la línea 26 controla el FET 80, la línea 27 controla el FET 90, y la línea 28 controla el FET 100. El valor de corriente durante estas descargas lo determina el valor de resistencia del metal entre los electrodos más las impedancias de recorrido de corriente. La descarga puede seleccionarse con una duración de, por ejemplo, 5 ms a 995 ms según sea preciso.

El aparato del tipo anterior se sometió a pruebas en condiciones reales en aluminio líquido en kilns en varias posiciones de prueba. Los datos guardados durante estas pruebas incluían estados de resistencia, corriente de descarga, voltaje de condensador, tiempo, y otros muchos parámetros. Los resultados de una de tales pruebas se muestran en la figura 2 de los dibujos acompañantes, en la que la forma de onda X muestra la corriente de medición en amperios que pasa entre los electrodos durante el período de prueba, y la forma de onda Y muestra el voltaje de ultra-condensador cuando descarga durante el período de prueba. Se puede ver que, a pesar de la decadencia del voltaje de descarga de los ultra-condensadores, la corriente entre los electrodos se mantuvo en el rango de 58 a 63 amperios.

Las figuras 3A-C y 4-8 ilustran diagramas de flujo, diagramas de sistema y gráficos de muestra de un método según realizaciones de la presente invención para filtrar ruido y para cualificar inclusiones en metal fundido. Como se ha descrito previamente, cuando fluye corriente a través del metal fundido, el voltaje a través de los electrodos 12a y 12b es medido por el aparato de registro y análisis de voltaje V de modo que la presencia y las características de pulsos en la traza de voltaje característica de inclusiones de metal pueda evaluarse usando el método 300.

En general, el método 300 realiza la filtración continua en tiempo real para identificar y quitar ruido tanto de nivel bajo como alto rastreando medias móviles y creando umbrales, pendientes y límites de una señal analógica digitalizada (es decir, proporcionada por el aparato de registro y análisis de voltaje V de la figura 1). Una señal producida por una inclusión que pasa a través del paso estrecho 14 al interior de la sonda 13 tiene una serie de parámetros incluyendo forma definida, tiempo de subida, tiempo de caída, anchura y amplitud. El método 300 mide estos parámetros y determina si la señal representa una inclusión válida. El método 300 es adaptativo en términos de ruido y tamaño de inclusiones de tal manera que el nivel de ruido permisible aumenta cuando aumenta el tamaño de la inclusión. Esta característica adaptativa permite la medición de inclusiones más grandes en un entorno de ruido más alto manteniendo al mismo tiempo alta la relación de señal a ruido.

Los detalles del método ejemplar 300 comienzan en el paso 302 de la figura 3A. Se recibe un nuevo punto de datos del aparato de registro y análisis de voltaje V (de la figura 1) en el paso 304 producido por una interrupción que tiene lugar a intervalos regulares (por ejemplo, cada 33 microsegundos). Una variable de recuento de exclusiones y una variable de recuento postinclusión se decrementan en uno en el paso 306. Se guarda un punto de datos en una segunda variable intermedia (capaz de retener, por ejemplo, hasta 30.000 puntos de datos) en el paso 308 cuando se están capturando datos para análisis posterior. El punto de datos también se guarda en una variable intermedia corta (A o B) en el paso 310. El almacenamiento en cada una de las variables intermedias cortas A y B (cada una capaz de retener, por ejemplo, hasta 256 puntos de datos) se alterna cuando se llena cada memoria intermedia.

Si la variable de recuento de exclusiones está activa, teniendo un valor no igual a cero, determinado en el paso 312, entonces el método 300 sale en el paso 314. Si la variable de recuento de exclusiones no está activa, teniendo un valor igual a cero, entonces el método 300 continúa al paso 316 para determinar si hay una señal de retención de circuito de potencia.

Si hay una señal de retención, entonces el método 300 puede salir en el paso 314. Una señal de retención puede ser generada, por ejemplo, por un módulo de potencia. El módulo de potencia genera la señal de retención un período corto de tiempo (por ejemplo, 1 milisegundo) antes de cambiar resistencias. El módulo de potencia libera entonces la señal de retención 1 milisegundo después de cambiar las resistencias. Esto evita que el cambio de corriente que tiene lugar en unión con el cambio de resistencia sea interpretado como una inclusión.

Si no existe señal de retención, entonces el método 300 continúa al paso 318 para determinar si la variable de recuento postinclusión está activa. Si la variable de recuento postinclusión está activa, entonces el método 300 continúa a la figura 3B. Si la variable de recuento postinclusión no está activa, entonces el método 300 continúa al paso 320 para actualizar una pluralidad de variables de promediado: una variable media (definida, por ejemplo, como dieciséis muestras comenzando cuatro muestras atrás), una variable media corta (definida, por ejemplo, como ocho muestras comenzando cuatro muestras atrás) y una variable media larga (definida, por ejemplo, como 256 muestras). Una variable umbral media larga es actualizada en el paso 322 restando 200 unidades de la variable media larga actualizada en el paso 320. En el paso 324, se determina si la variable media (actualizada en el paso 320) es menor que la variable umbral media larga, actualizada en el paso 322. Una determinación positiva en el paso 324 es una indicación de un pico de ruido negativo grande, y la variable de recuento de exclusiones se pone a treinta y dos y el método 300 sale en el paso 328. El método 300 continúa a la figura 3B cuando el paso de determinación 324 es negativo (es decir, no hay un pico de ruido grande).

El método 300 funciona en uno de tres estados operativos: el estado cero rastrea el nivel de ruido de datos y un nivel medio de línea base mientras espera una inclusión; el estado uno es cuando la inclusión está en una zona de detección y el estado dos es cuando la inclusión ha salido de la zona de detección.

Con referencia a la figura 3B, si el estado operativo es cero, determinado en el paso 340 porque el nivel de ruido de los datos está a un nivel medio de línea base, entonces el procesado entra en un proceso de entrada de estado cero 400 en la figura 4. Si el estado operativo no es igual a cero, determinado en el paso 340, entonces el método 300 continúa al paso 342 para determinar si el punto de datos actual es menor que una variable de umbral bajo que puede ser simplemente el umbral alto, que es 225. Si la determinación en el paso 342 es negativa, el procesado continúa a la figura 3C. Una determinación positiva en el paso 342 podría representar el final de una inclusión 344 que pasa por el paso (orificio) 14 del sistema 10 (véase la figura 1). Una variable de recuento de inclusiones se pone entonces al valor máximo menos el recuento de línea base en el paso 346. El valor máximo es menos el recuento de línea base en el paso 346. Cada muestra/punto de datos medido después de cruzar el umbral alto, y antes de cruzar el umbral bajo, se evalúa para ver si es el valor más grande encontrado en esta inclusión, y dicho valor más grande es el valor máximo. Después de cruzar el umbral bajo, se resta la línea base del valor máximo para determinar la altura. Se consulta una tabla de consulta (es decir, una tabla de recuento a micras) para determinar el tamaño de inclusión en el paso 348. Las anchuras aceptables mínima y máxima para la inclusión (determinada en el paso 348) se determinan usando tablas de consulta de anchura min/max como el paso 350. Un ruido de línea base máximo aceptable para el tamaño de inclusión (determinado en el paso 348) se determina usando una tabla de consulta de ruido máximo en el paso 352.

Si la anchura mínima de la inclusión es menor que un recuento de muestras y la variable de recuento de muestras

es menor que la anchura máxima de la inclusión, determinada en el paso 354, entonces el procesado continúa al paso 356. La variable de recuento de muestras se pone a 0 cuando se cruza el umbral alto. Se incrementa en uno para cada punto de datos muestreados hasta que se cruza el umbral bajo. Es directamente proporcional a la anchura del pulso de inclusión. La anchura de muestra se compara con dos tablas de consulta, una de las anchuras máximas para cada tamaño de inclusión, y una de las anchuras mínimas para cada tamaño de inclusión. Una determinación negativa en el paso 354 significa que la inclusión era demasiado ancha o demasiado estrecha 358 (es decir, no era una inclusión válida) y el estado operativo del método 300 se pone a cero en el paso 360. Una inclusión válida es evaluada 362 cuando una variable delta es menor que un nivel de ruido aceptable máximo determinado en el paso 356. La variable delta se calcula restando el valor mínimo en los puntos de datos que se usaron para calcular el nivel de línea base del valor máximo en los puntos de datos usados para calcular el nivel de línea base. Indica el nivel de ruido en la señal de línea base. Para cada tamaño de inclusión, hay un valor delta máximo que será aceptado. En la práctica indica que con inclusiones más grandes, se tolerará más ruido de línea base, pero para inclusiones más pequeñas se requerirá un nivel bajo de ruido de línea base. Cualifica la relación de señal a ruido de los datos. El estado operativo del método 300 se pone entonces a dos en el paso 364. El ruido de línea base se considera demasiado alto 366 (es decir, no es una inclusión válida) cuando la variable delta es igual o mayor que el ruido máximo aceptable determinado en el paso 356. En este caso, el estado operativo del método 300 se pone a cero en el paso 360.

Se puede usar un filtro adicional para medir la anchura de la línea base de la inclusión (a continuación umbral bajo). Ésta se compara con la anchura contada desde cuando se cruza el umbral alto. La diferencia entre los dos estos corresponde a la inclinación del borde delantero de la inclusión. Esto permite la cualificación de señales como inclusiones o burbujas de gas.

Con referencia a la figura 3C, si todas las condiciones siguientes son verdaderas, entonces el método 300 continúa a un proceso de establecimiento de estado uno 500 en la figura 5A:

- (a) el estado operativo no es igual a cero determinado en el paso 370;
- (b) el punto de datos actual es más grande que la variable umbral alto determinada en el paso 372;
- (c) la variable delta es menor que 500 determinado en el paso 374;
- (d) una variable delta persistente es menor que 1000 determinado en el paso 376; y
- (e) la variable media es más grande que la variable umbral media larga determinada en el paso 378.

Si alguna de las condiciones anteriores (a) a (e) es falsa, entonces el procesado continúa para determinar si el método 300 está en el estado operativo uno en el paso 380 o en el estado operativo dos en el paso 382. Si el método 300 está en el estado operativo uno, determinado en el paso 380, entonces el procesado continúa a un proceso de estado uno 520 en la figura SB. Si el método 300 está en el estado operativo dos, determinado en el paso 382, entonces el procesado continúa a un proceso de estado dos 600 en la figura 6. Si el método 300 no está en el estado operativo uno o dos, entonces el método 300 termina en el paso 384.

La figura 4 ilustra un proceso de entrada de estado cero 400 que se inicia cuando el estado operativo es evaluado en el estado cero en el paso 340 (figura 3B). Los valores máximo y mínimo (max/min) de diez puntos de datos comenzando cuatro muestras atrás son calculados en el paso 402. La diferencia entre los valores max/min son calculados como el paso 404. La diferencia calculada en el paso 404 representa el nivel de ruido inmediato y se guarda como la variable delta. La variable delta persistente se pone a partir de la variable delta en el paso 406 cuando la variable de recuento postinclusión está activa determinado en el paso 408. Los valores max/min de veintiocho puntos de datos comenzando cuatro muestras atrás son calculados en el paso 410 cuando la variable de recuento postinclusión no está activa determinado en el paso 408. La diferencia entre los valores max/min (a partir del paso 410) se calculan en el paso 412. La diferencia calculada en el paso 412 representa el nivel de ruido inmediato y se guarda como la variable delta persistente.

Después del paso 406 o 412 (dependiendo del resultado del paso 408), el procesado continúa al paso 414 para calcular la variable umbral alto como la media corta más 350. La altura umbral por defecto se puede poner a 350, pero se puede cambiar dinámicamente desde el PC que controla el Nomad en cualquier momento. Permite que el ajuste regule el filtro a los datos. El resultado de este cálculo corresponde a la altura mínima aceptada como el inicio de una inclusión. En el paso 416, la variable de umbral bajo se calcula como la variable umbral alto menos 225. A este valor se llegó empíricamente. Proporciona una histéresis de 125 recuentos entre umbral alto y bajo, lo que evita ruido de la terminación prematura de la detección de inclusiones. Se podría usar un rango de valores grande distinto de 225. El resultado de este cálculo corresponde a la altura que marca el final de una inclusión. Ahora el proceso de estado cero 400 se ha completado.

La figura 5A ilustra un proceso de establecimiento de estado uno 500 que se inicia cuando se cumplen todas las condiciones 370, 372, 374, 376, y 378 según la figura 3C. La iniciación del proceso 500 significa un inicio potencial

de una inclusión de modo que la variable de recuento de muestras se pone a uno en el paso 502. Una variable pico se pone al valor del punto de datos actual en el paso 504 y la línea base se pone a la variable media como el paso 506. Una variable delta guardada se pone a la variable delta en el paso 508 y el estado operativo del método 300 se pone a uno en el paso 510.

5 La figura 5B ilustra un proceso de estado uno 520 iniciado cuando se determina que el método 300 está en el estado operativo uno en el paso 380 según la figura 3C. Cuando el punto de datos actual es más grande que la variable de umbral bajo, determinado en el paso 522, y el punto de datos actual es más grande que la variable pico, determinado en el paso 524, entonces la variable pico se pone al punto de datos actual en el paso 526. El paso 526 se salta cuando la determinación del paso 524 es falsa. El proceso de estado uno 520 sale cuando la determinación en el paso 522 es falsa. La variable de recuento de muestras se incrementa en el paso 528. Si el recuento de muestras es superior a 50, determinado en el paso 530, entonces el estado operativo del método 300 se pone a cero en el paso 532. En esta realización, la señal más ancha aceptada para una inclusión es 40 recuentos, con el resultado de que cualquier anchura superior a 40 no sería válida y se ignoraría. El valor de 50 suspende la detección sin esperar el final de una inclusión, porque a 50 (o cualquier valor por encima de 40) la señal no es válida y será considerada como una inclusión. Se podría usar otros números de recuentos muestra. En esta realización, si el recuento de muestras es igual o menor que cincuenta, determinado en el paso 530, entonces el proceso de estado uno 520 sale.

20 La figura 6 ilustra un proceso de estado dos 600 para marcar el final de una inclusión que se inicia cuando se determina que el método 300 está en el estado operativo dos en el paso 382 según la figura 3C. El estado operativo del método 300 se pone a cero en el paso 602. La inclusión se cuenta en el recuento apropiado de tamaños de inclusión en el paso 604. La variable de recuento postinclusión se pone a treinta y dos en el paso 606 para evitar que el subimpulso negativo que sigue a la inclusión afecte a la línea base. Treinta y dos da al sistema un retardo de 1 milisegundo después del final de una inclusión para que la señal pueda recuperar una línea base estable antes de buscar inclusiones. Esto permite ignorar el subimpulso que tiene lugar después de que la inclusión pasa a través del orificio. Se podría usar rangos amplios de alternativas a 1 milisegundo. Se eligió como un valor operable en base a datos de muestra. La captura de datos disparados se inicia en el paso 608 cuando la inclusión es suficientemente grande (especificada por el operador del sistema), y el proceso 600 sale en el paso 610.

30 La figura 7 proporciona un gráfico ejemplar que muestra una señal de inclusión válida y ruido de interferencia. En la figura 7, una inclusión válida está en el tiempo 414,5 s. Todo el ruido restante fue rechazado por el método 300. Como se ha descrito anteriormente, el método 300 se lleva a cabo de forma continua para identificar parámetros de inclusión usando medias móviles, umbrales, pendientes y límites. Dado que el análisis se realiza en tiempo real, en cualquier punto en el que la señal no cae dentro de los criterios de parámetro, la búsqueda continúa simplemente. Si se cumplen todos los criterios de parámetro para identificar una inclusión, se marca y clasifica. Se ignora el ruido indeseado. Se ignoran efectivamente tanto el nivel de ruido bajo ($< 201 \mu\text{m}$) como el ruido de nivel alto ($> 250 \mu\text{m}$) tal como transitorios inducidos y ruido periódico. El método 300 proporciona el rechazo de ruido necesario para operar efectivamente con dos sondas 12a y 12b sin usar técnicas tradicionales de procesamiento de señales digitales.

40 Los métodos, los procesos y las técnicas aquí descritos pueden implementarse mediante uno o varios dispositivos informáticos de tipo especial y también pueden implementarse usando dispositivos informáticos de tipo general. Los dispositivos informáticos de tipo especial pueden estar cableados para realizar las técnicas, o pueden incluir dispositivos electrónicos digitales tal como uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASICs) o matrices de puertas programables in situ (FPGAs) que se programan de forma persistente para realizar las técnicas, o pueden incluir uno o más procesadores de hardware de tipo general programado para realizar las técnicas según instrucciones de programa de microprogramas, memoria, otro almacenamiento, o una combinación. Tales dispositivos informáticos de tipo especial también pueden combinar lógica cableada personalizada, ASICs, o FPGAs con programas personalizados a llevar a la práctica las técnicas. Los dispositivos informáticos de tipo especial pueden ser sistemas de ordenadores de sobremesa, sistemas de ordenadores portátiles, dispositivos de mano, dispositivos de red o cualquier otro dispositivo que incorpore lógica cableada y/o de programa para implementar las técnicas.

55 Por ejemplo, con referencia a la figura 8, un sistema informático 1300 incluye un bus 1302 u otro mecanismo de comunicación para comunicar información, y un procesador de hardware 1304 acoplado con el bus para procesar información. El procesador de hardware 1304 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de tipo general.

60 El sistema informático 1300 también incluye típicamente una memoria 1306, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) u otro dispositivo de almacenamiento dinámico, acoplado al bus para almacenar información e instrucciones a ejecutar por procesador. La memoria 1306 también se puede usar para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones a ejecutarse por el procesador. Tales instrucciones, cuando están almacenadas en medios de almacenamiento no transitorio accesibles para el procesador 1304, convierten el sistema informático en una máquina de tipo especial personalizada para realizar las operaciones especificadas en las instrucciones.

65 El sistema informático 1300 incluye además una memoria de lectura solamente (ROM) 1308 u otro dispositivo de

almacenamiento estático acoplado al bus para almacenar información estática e instrucciones para el procesador. Un dispositivo de almacenamiento 1310, tal como un disco magnético o disco óptico, también se puede proporcionar y acoplar al bus para almacenar información e instrucciones.

5 El sistema informático 1300 puede estar acoplado mediante el bus 1302 a una pantalla 1312 (CRT, LCD, etc.), para presentar información al usuario de ordenador. Un dispositivo de entrada 1314, incluyendo teclas alfanuméricas y otras, está acoplado a bus para comunicar información y ordenar selecciones al procesador. Otro tipo de dispositivo de entrada de usuario es control de cursor, tal como un ratón, un trackball, o teclas de dirección de cursor para comunicar información de dirección y ordenar selecciones al procesador y para controlar el movimiento del cursor en la pantalla. Este dispositivo de entrada tiene típicamente dos grados de libertad en dos ejes, un primer eje (por ejemplo, x) y un segundo eje (por ejemplo, y), que permiten al dispositivo especificar posiciones en un plano.

15 El sistema informático 1300 puede implementar las técnicas aquí descritas usando lógica cableada personalizada, uno o más ASICs o FPGAs, microprogramas y/o lógica de programa que en combinación con el sistema informático hace o programa el sistema informático de modo que sea una máquina de tipo especial. Según una realización, las técnicas son realizadas por el sistema informático 1300 en respuesta al procesador 1304 ejecutan una o más secuencias de una o más instrucciones contenidas en la memoria 1306. Tales instrucciones pueden ser leídas en la memoria 1306 a partir de otro medio de almacenamiento, tal como un dispositivo de almacenamiento 1310. La ejecución de las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria 1306 hace que el procesador 1304 realice los pasos de proceso aquí descritos. En realizaciones alternativas, se puede usar circuitería cableada en lugar de o en combinación con instrucciones de software.

25 El término "medio de almacenamiento" en el sentido en que se usa aquí se refiere a cualquier medio no transitorio que almacene datos y/o instrucciones que hagan que una máquina opere de forma específica. Tales medios de almacenamiento pueden incluir medios no volátiles y/o medios volátiles. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tales como dispositivo de almacenamiento. Los medios volátiles incluyen memoria dinámica, tal como memoria principal. Las formas comunes de medios de almacenamiento incluyen, por ejemplo, un disco floppy, un disco flexible, disco duro, unidad de estado sólido, cinta magnética, o cualquier otro medio de almacenamiento magnético de datos, un CD-ROM, cualquier otro medio de almacenamiento óptico de datos, cualquier medio físico con configuraciones de agujeros, una RAM, una PROM, una EPROM, una FLASH-EPROM, NVRAM, cualquier otro chip o cartucho de memoria.

35 Los medios de almacenamiento son distintos de los medios de transmisión, pero pueden usarse en unión con ellos. Los medios de transmisión participan en la transferencia de información entre medios de almacenamiento. Por ejemplo, los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, hilo de cobre y fibra óptica, incluyendo los hilos que incluyen el bus. Los medios de transmisión también pueden tomar la forma de ondas acústicas o luminosas, tales como las generadas durante las comunicaciones de datos por ondas de radio e infrarrojos.

40 Varias formas de medios pueden estar implicadas en transportar una o varias secuencias de una o varias instrucciones al procesador para ejecución. Por ejemplo, las instrucciones pueden ser transportadas inicialmente en un disco magnético o unidad de estado sólido de un ordenador remoto. El ordenador remoto puede cargar las instrucciones en su memoria dinámica y enviar las instrucciones por una línea de teléfono usando un módem. El módem local del sistema informático 1300 puede recibir los datos por la línea de teléfono y usar un transmisor de infrarrojos para convertir los datos a una señal de infrarrojos. Un detector de infrarrojos puede recibir los datos transportados en la señal de infrarrojos y circuitería apropiada puede poner los datos en el bus 1302. El bus 1302 lleva los datos a la memoria principal 1306, de la que el procesador 1304 recupera y ejecuta las instrucciones. Las instrucciones recibidas por la memoria principal 1306 pueden almacenarse opcionalmente en el dispositivo de almacenamiento 1310 antes o después de la ejecución por parte del procesador 1304.

50 El sistema informático 1300 también puede incluir una interfaz de comunicación 1318 acoplada al bus 1302. La interfaz de comunicación 1318 proporciona una comunicación bidireccional de datos que acopla con un enlace de red 1320 que está conectado a una red local 1322. Por ejemplo, la interfaz de comunicación puede ser una tarjeta red digital de servicios integrados (ISDN), módem de cable, módem satélite, o un módem para proporcionar una conexión de comunicación de datos a un tipo de línea de teléfono correspondiente. Como otro ejemplo, la interfaz de comunicación puede ser una tarjeta de red de área local (LAN) para realizar una conexión de comunicación de datos con una LAN compatible. También pueden implementarse enlaces inalámbricos. En cualquier implementación, la interfaz de comunicación envía y recibe señales eléctricas, electromagnéticas o ópticas que llevan flujos de datos digitales que representan varios tipos de información.

60 El enlace de red 1320 realiza típicamente comunicación de datos a través de una o más redes a otros dispositivos de datos. Por ejemplo, el enlace de red 1320 puede proporcionar una conexión a través de la red local a un ordenador host o a equipo de datos operado por un proveedor de servicios de Internet (ISP) 1326. El ISP proporciona, a su vez, servicios de comunicación de datos a través de la red mundial de comunicaciones de datos en paquetes denominada comúnmente Internet 1328. La red local 1322 e Internet 1328 usan señales eléctricas, electromagnéticas o ópticas que llevan flujos de datos digitales. Las señales a través de las varias redes y las señales en el enlace de red 1320 y a través de la interfaz de comunicación 1318, que llevan los datos digitales a y

del sistema informático 1300, son formas ejemplares de medios de transmisión.

El sistema informático 1300 puede enviar mensajes y recibir datos, incluyendo código de programa, a través de la(s) red(es), el enlace de red 1320 y la interfaz de comunicación 1318. En el ejemplo de Internet 1328, un servidor 1330
5 podría transmitir un código pedido para un programa de aplicación a través de Internet 1328, el ISP 1326, la red local 1322 y la interfaz de comunicación 1318. El código recibido puede ser ejecutado por el procesador 1304 cuando es recibido, y/o almacenado en el dispositivo de almacenamiento 1310, u otro almacenamiento no volátil para ejecución posterior.

10 Esta descripción detallada del aparato se usa para ilustrar realizaciones ejemplares del sistema y el método de la presente invención. Será claro a los expertos en la técnica que se puede hacer varias modificaciones en el presente aparato del sistema y que se puede utilizar varias realizaciones alternativas. Por lo tanto, se reconocerá que se puede hacer varias modificaciones tanto en el método como en el aparato de la presente invención y en las aplicaciones a las que se aplican el método y el sistema sin apartarse del alcance de la invención, que se limita
15 solamente por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método incluyendo:

- 5 (a) muestrear (304) datos digitales de voltaje medido a través de electrodos parcialmente sumergidos en un metal fundido para generar muestras de datos;
- (b) actualizar (320) una media móvil retardada de las muestras de datos para establecer una línea base para identificar cambios repentinos en la amplitud de las muestras de datos;
- 10 (c) determinar (322) un umbral añadiendo un valor preestablecido a la línea base establecida en el paso (b);
- (d) identificar (342) una posible inclusión cuando un número significativo de muestras de datos excede del umbral determinado en el paso (c);
- 15 (e) almacenar (346) un recuento máximo como las muestras de datos usando detección de pico hasta que un número preestablecido de las muestras de datos caiga por debajo del umbral establecido en el paso (c); y
- (f) comparar (354) un parámetro de la posible inclusión con una tabla de consulta para categorizar la posible inclusión como (i) una inclusión real o (ii) ruido.
- 20

2. El método de la reivindicación 1, donde el parámetro incluye anchura.

3. El método de la reivindicación 1, incluyendo además guardar puntos de datos de inclusiones validadas del paso (f).

4. El método de la reivindicación 1, incluyendo además supervisar (352) un nivel de ruido presente en la línea base establecida en el paso (b).

5. El método de la reivindicación 4, incluyendo además evaluar el nivel de ruido en la línea base que precede a la posible inclusión después de la identificación en el paso (d).

6. El método de la reivindicación 4, incluyendo además ajustar dinámicamente un nivel de ruido aceptable máximo en base a la anchura de la inclusión real.

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el voltaje medido a través de electrodos parcialmente sumergidos en un metal fundido se obtiene:

cargando al menos un ultra-condensador a un voltaje de 2,7 voltios o menos;

avanzando metal fundido a través de un paso en una pared hecha de material resistivo eléctrico entre un interior y un exterior de una sonda de limpieza de metal;

descargando el al menos único ultra-condensador, mediante un circuito de red de escalera de resistencias asociado con el o cada ultra-condensador, a través del metal fundido que avanza a través del paso entre un electrodo interior colocado en el interior de la sonda y un electrodo exterior colocado fuera de la sonda, donde el o cada circuito de red de escalera de resistencias incluye dos o más resistencias conectadas en paralelo una a otra, estando cada resistencia en una pata de circuito incluyendo uno o más transistores de efecto de campo capaces de ser conmutados directamente entre un estado apagado no conductor y un estado encendido completamente conductor, teniendo la red de escalera de resistencias valores de resistencia efectivos para mantener una corriente de medición de no más de 100 amperios a través del metal fundido que avanza a través del paso;

conmutando los transistores de efecto de campo de las patas de circuito del o cada circuito de red de escalera de resistencias entre el estado apagado no conductor y el estado encendido completamente conductor según una secuencia para mantener la corriente de medición dentro de un rango de corriente predeterminado al menos durante un tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido; y

midiendo el voltaje a través de los electrodos interno y externo.

8. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que almacena declaraciones e instrucciones, que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores (1304), hacen que el único o más procesadores realicen el método según la reivindicación 1.

9. El medio de la reivindicación 8, donde el parámetro incluye anchura.

10. El medio de la reivindicación 8, para realizar además un paso de guardar puntos de datos de inclusiones

validadas del paso (f).

5 11. El medio de la reivindicación 8, para realizar además un paso de supervisar un nivel de ruido presente en la línea base establecida en el paso (b).

12. El medio de la reivindicación 11, para realizar además un paso de evaluar el nivel de ruido en la línea base que precede a la posible inclusión después de la identificación en el paso (d)

10 13. El medio de la reivindicación 11, para realizar además un paso que incluye ajustar dinámicamente un nivel de ruido aceptable máximo basado en la anchura de la inclusión real.

14. Aparato para medir la limpieza de un metal fundido, incluyendo el aparato:

15 uno o más ultra-condensadores recargables (11a, 11b) operables a un voltaje de descarga de 2,7 voltios o menos;

al menos dos electrodos (12a, 12b);

20 una sonda de limpieza de metal (13) que tiene un interior, una pared hecha de material resistivo eléctrico y un paso (14) en la pared que interconecta el interior con un exterior de la sonda (13) para que pueda pasar metal fundido a su través, donde uno (12a) de los al menos dos electrodos (12a, 12b) está colocado en el interior de la sonda (13) como un electrodo interior y otro (12b) de los al menos dos electrodos está colocado fuera de la sonda como un electrodo exterior;

25 un dispositivo que mide el voltaje a través de los electrodos interior y exterior y genera una señal de voltaje;

30 para el o para cada uno del único o más ultra-condensadores (11a, 11b), un circuito asociado de red de escalera de resistencias que interconecta su ultra-condensador asociado (11a, 11b) con uno de los electrodos (12a, 12b), incluyendo el o cada circuito de red de escalera de resistencias dos o más resistencias (23a, 23b, 33a, 33b, 43a, 43b, 53a, 53b, 63a, 63b, 73a, 73b) conectadas en paralelo una a otra, estando cada resistencia en una pata de circuito (22a, 22b, 32a, 32b, 42a, 42b, 52a, 52b, 62a, 62b, 72a, 72b) incluyendo uno o más transistores de efecto de campo (21a, 21b, 31a, 31b, 41a, 41b, 51a, 51b, 61a, 61b, 71a, 71b) capaces de ser conmutados directamente entre un estado apagado no conductor y un estado encendido completamente conductor, y teniendo el circuito o los circuitos de red de escalera de resistencias valores de resistencia efectivos para mantener una corriente de medición de no más de 100 amperios a través de metal fundido presente en el paso cuando el circuito o los circuitos están expuestos al voltaje de descarga del único o más ultra-condensadores (11a, 11b);

40 un controlador (18) adaptado para conmutar individualmente los transistores de efecto de campo de las patas de circuito del o cada circuito de red de escalera de resistencias entre el estado apagado no conductor y el estado encendido completamente conductor según una secuencia efectiva para mantener la corriente de medición dentro de un rango de corriente predeterminado al menos durante un tiempo requerido para medición de limpieza del metal fundido; y un analizador para analizar la señal de voltaje, incluyendo el analizador un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que almacena declaraciones e instrucciones, que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que el único o más procesadores realicen el método según la reivindicación 1.

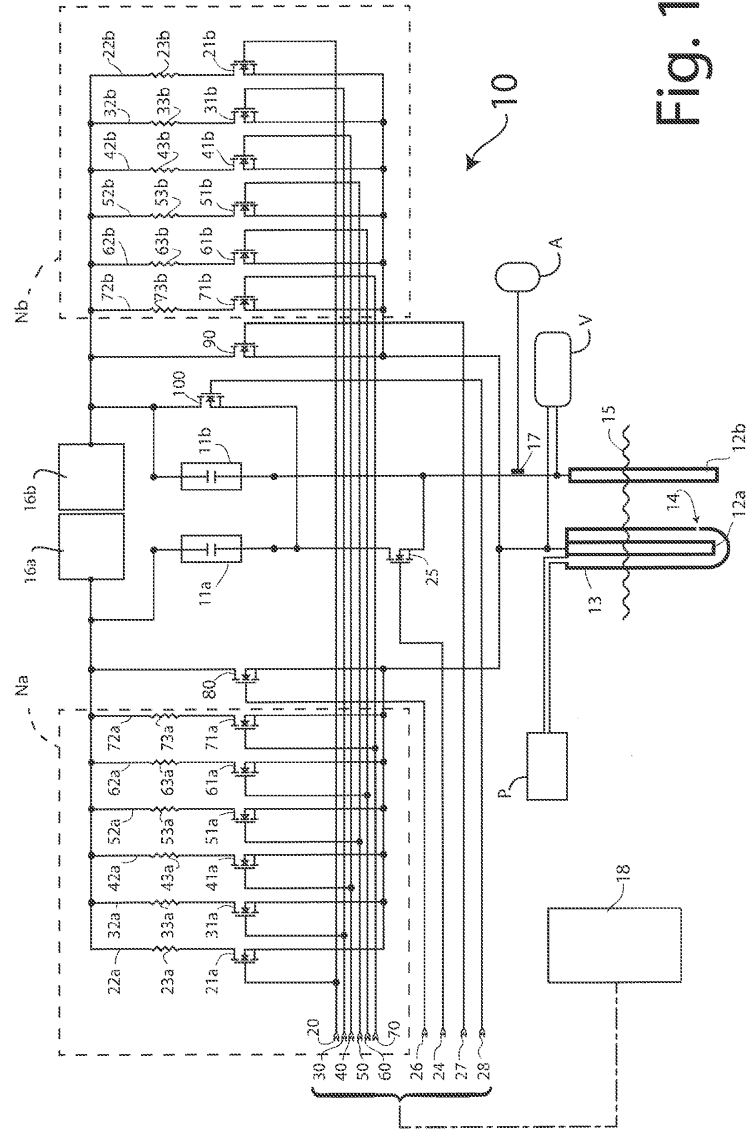


Fig. 1

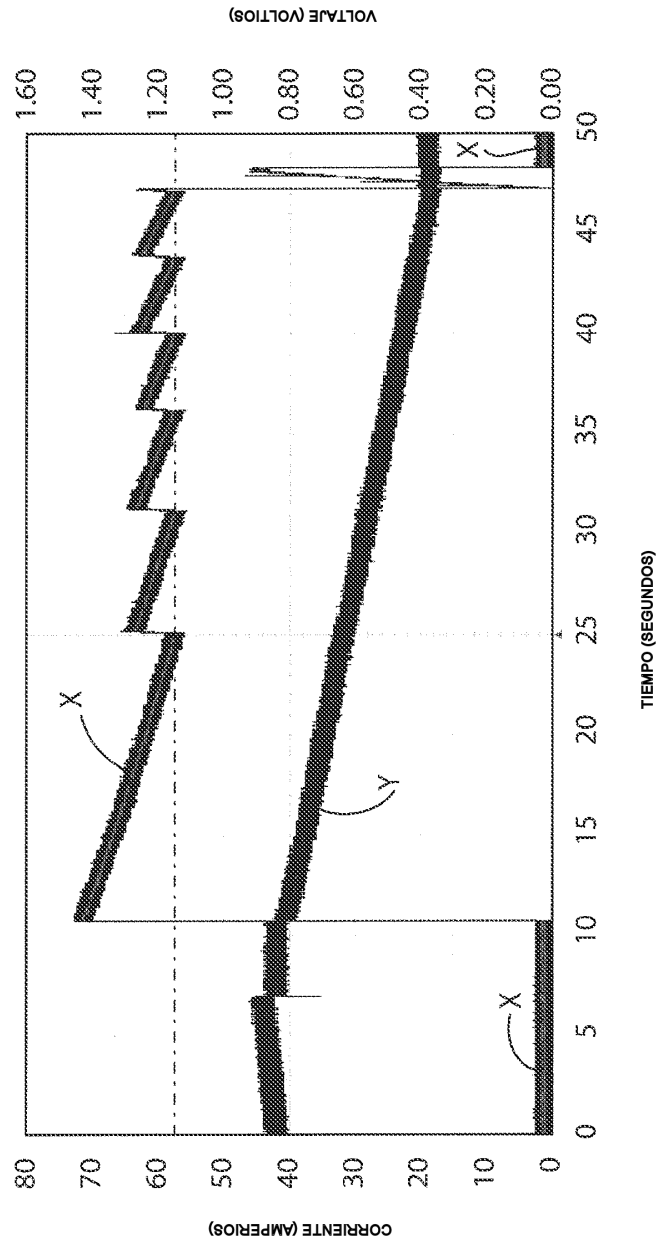


Fig. 2

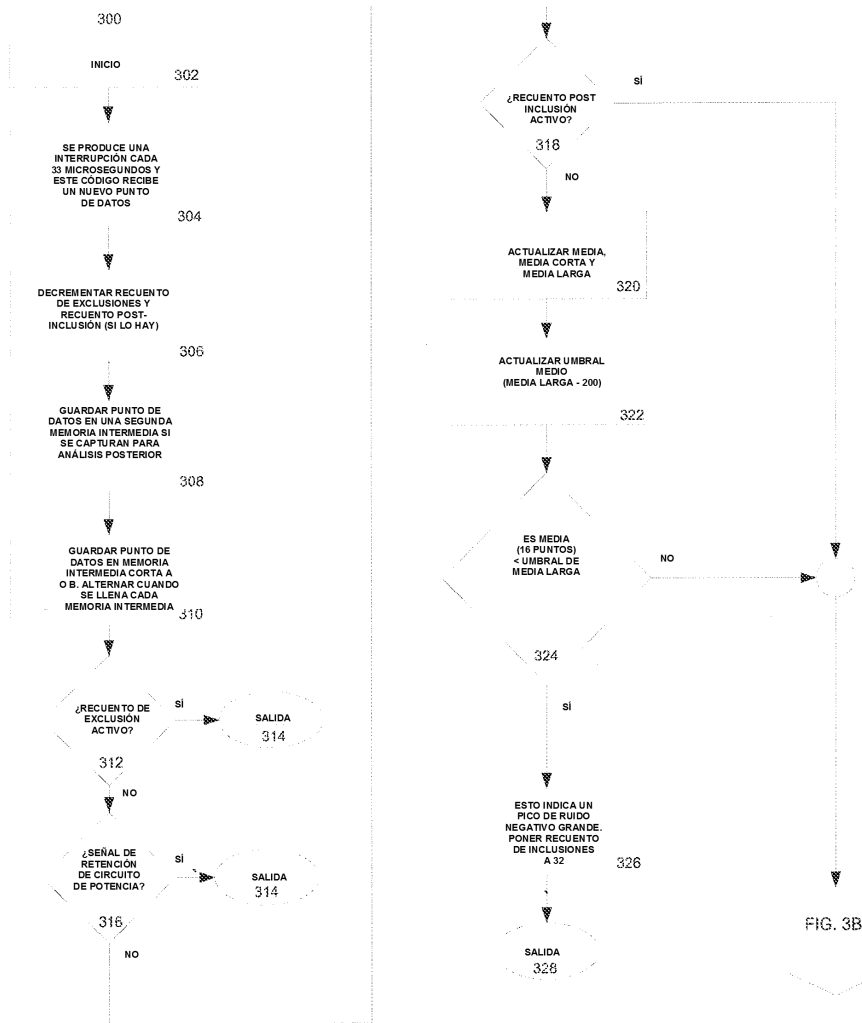
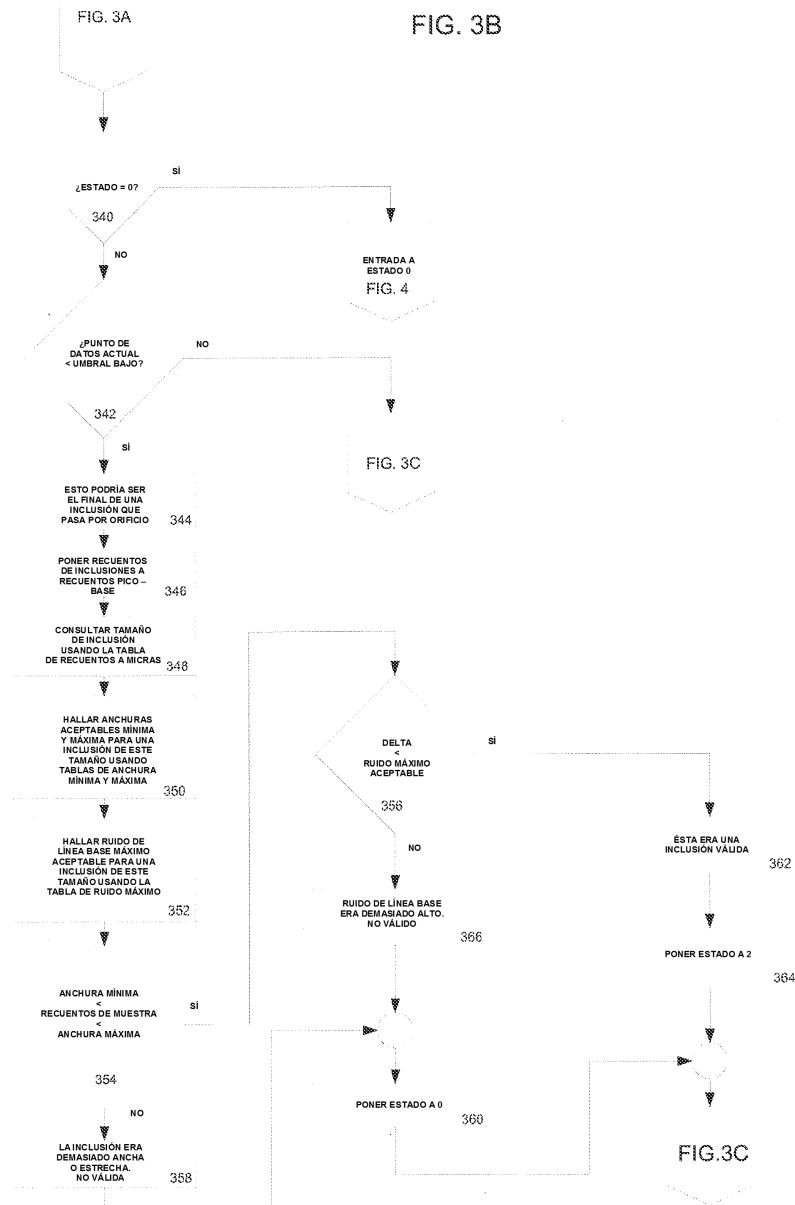


FIG. 3A



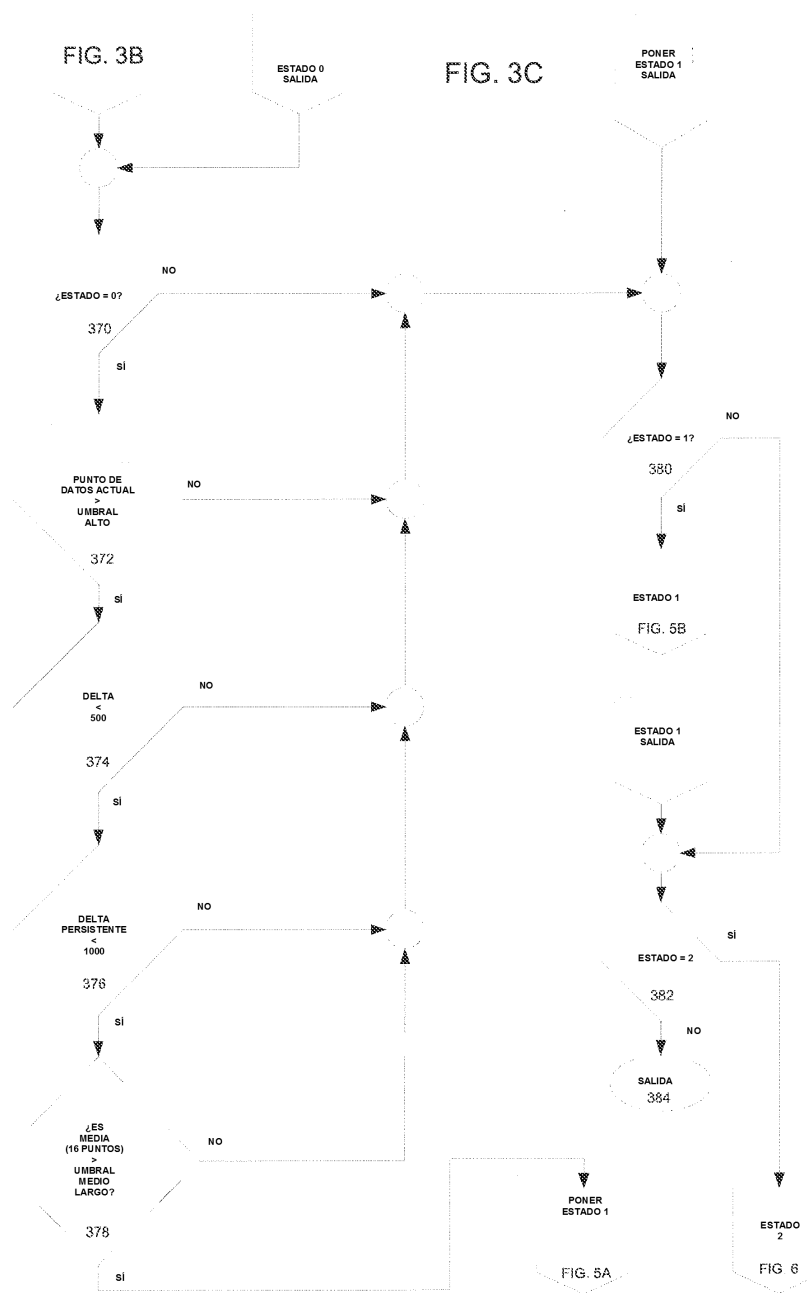


FIG. 4

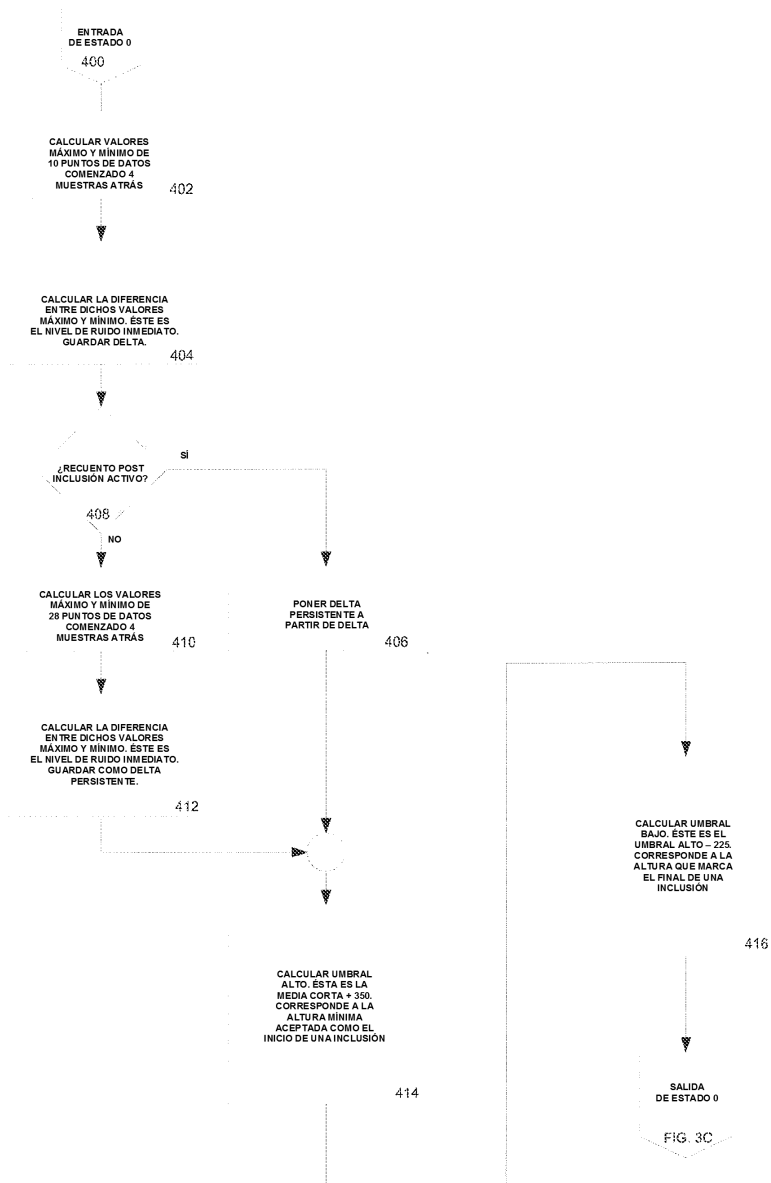


FIG. 5A

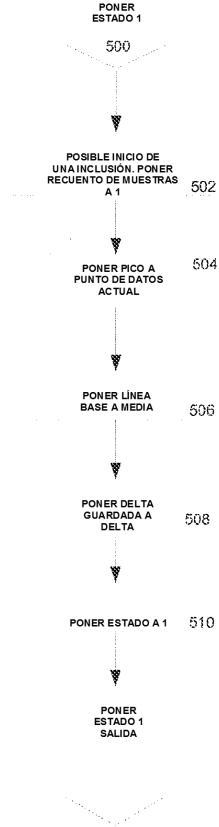


FIG. 5B

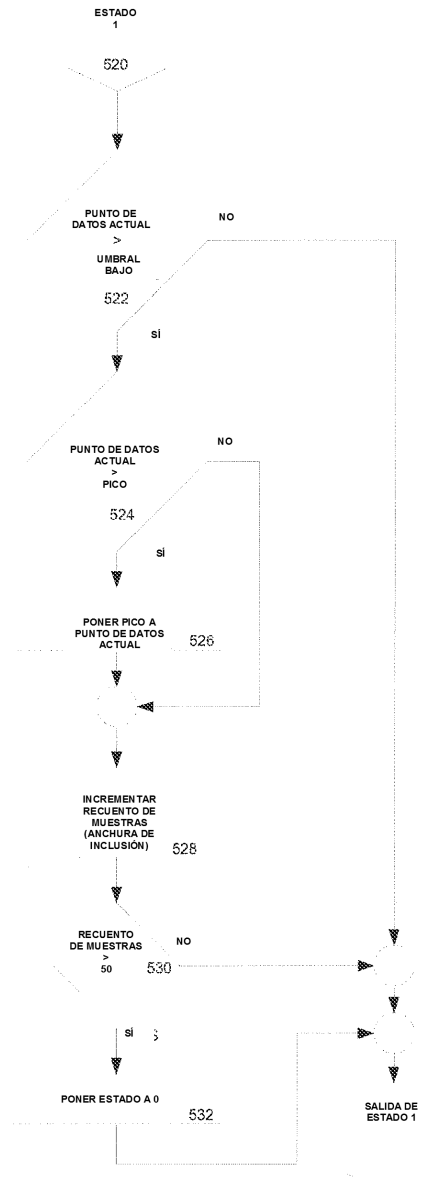


FIG. 6

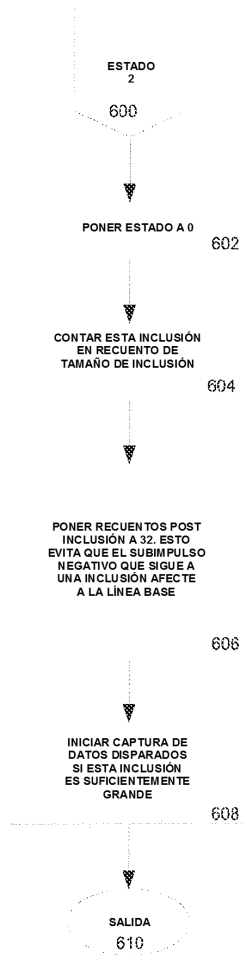
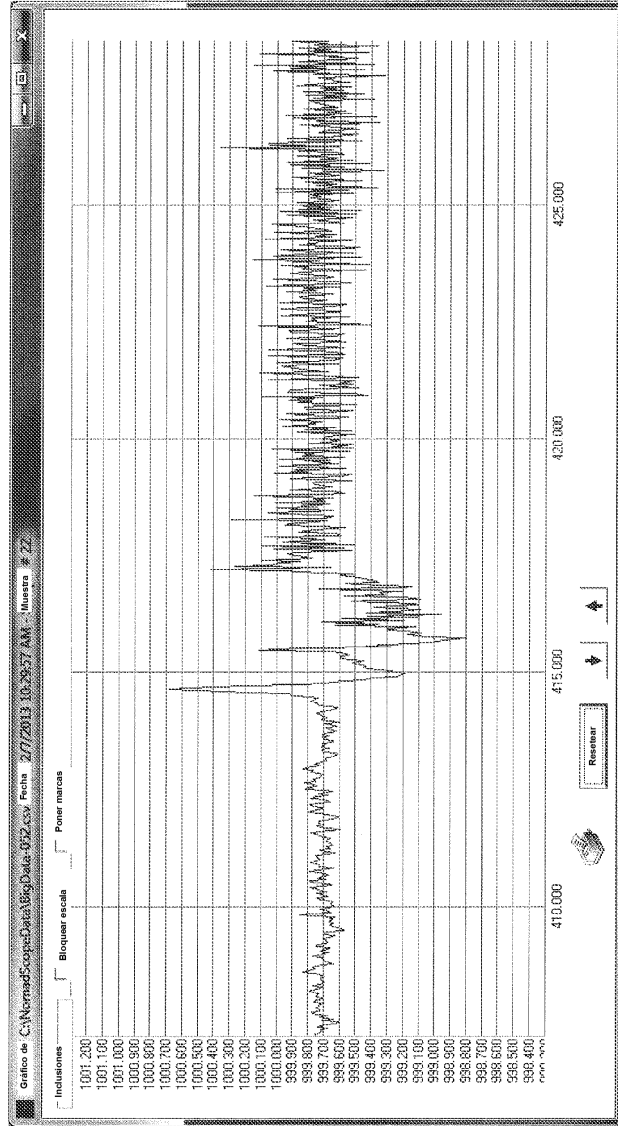


FIG. 7



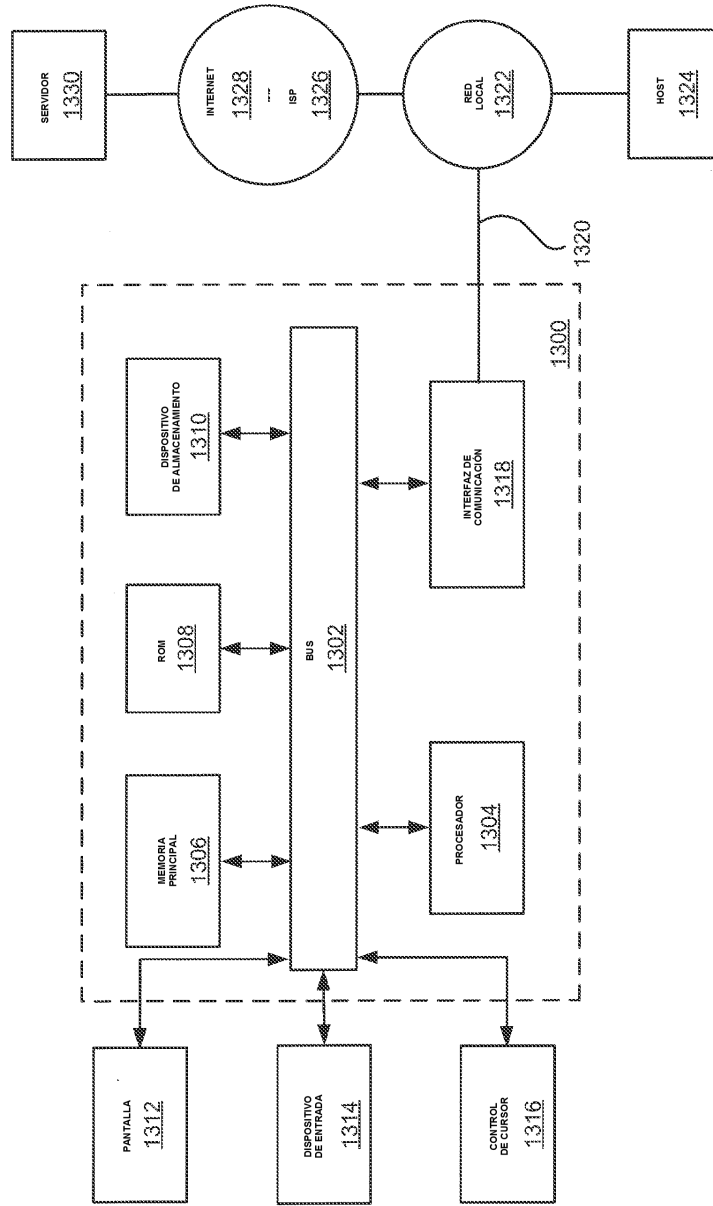


FIG. 8