

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 823**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/403** (2006.01)

**G01N 15/12** (2006.01)

**G01N 33/20** (2006.01)

**G01N 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2005 PCT/CA2005/000274**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2005 WO05085761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2005 E 05714516 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 1721128**

54 Título: **Configuración de electrodo para LIMCA**

30 Prioridad:

**04.03.2004 US 550998 P**

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

**05.09.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MARCOTTE, JACQUES y  
SLUSARENKO, YUHIL**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 631 823 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

Configuración de electrodo para LIMCA

5 **Campo técnico**

La invención se refiere en general a reducir la captación de ruido electromagnético en un aparato para detectar y medir partículas en metal fundido.

10 **Técnica anterior**

Los metales fundidos, en particular aluminio y acero fundidos, están contaminados frecuentemente con inclusiones no metálicas arrastradas que originan varios inconvenientes o defectos en los productos resultantes. Estas inclusiones pueden producir rotura del metal durante las operaciones de trabajo mecánico, rechupe y estrías en láminas, defectos superficiales y ampollas en hojas, y mayores tasas de rotura durante la producción de alambre.

Un analizador que proporciona resultados rápidos e incluye información del tamaño y la concentración de inclusiones es un analizador de pureza de metal líquido (LIMCA). Un LIMCA puede incluir un medio de pared aislante eléctrico, a menudo en forma de un tubo de muestreo, que tiene un paso pequeño, de dimensiones exactas, en una pared lateral. El tubo se sumerge en el metal fundido a comprobar y se pasa un flujo uniforme de éste a través del paso mientras se establece una corriente eléctrica sustancialmente constante a través del flujo entre dos electrodos dispuestos respectivamente dentro y fuera del tubo. Las partículas de interés tienen resistividad muy alta en comparación con el metal fundido y el paso de una partícula a través del paso va acompañado de un cambio de resistencia contra la corriente eléctrica produciendo un pulso eléctrico en el voltaje. El número de pulsos producidos mientras pasa un volumen fijo de metal a través del paso proporciona una indicación del número de partículas por unidad de volumen en el metal. Además, es posible analizar la forma de pulso para determinar el tamaño de partícula y la distribución de tamaño.

El aparato LIMCA ha sido diseñado para pruebas "en línea", para obtener resultados en segundos, pero esto a menudo significa que el aparato está cerca de la fuente de metal fundido y equipo generador de ruido asociado.

Dentro del entorno industrial del LIMCA, puede haber muchas fuentes de interferencia eléctrica o mecánica, o ruido que afectan a los resultados de la detección de pulsos eléctricos. En la práctica es difícil extraer fiablemente de estas señales de ruido las señales de pulso deseadas del sistema LIMCA, dado que el ruido puede ser del mismo orden de magnitud que las señales de pulso deseadas procedentes de la detección de las partículas más pequeñas. Para ello, se ha preferido tradicionalmente que la corriente de suministro proceda de baterías recargables. Tales baterías, por ejemplo, los tipos de níquel-cadmio, pueden recargarse en puntos durante el ciclo de medición cuando no se están recogiendo realmente datos, pero el uso de baterías requiere pasos adicionales y equipo para asegurar que la carga sea controlada adecuadamente. Las baterías también son sensibles a las altas temperaturas que puede haber en el entorno y tienen un número limitado de ciclos de carga-descarga que se pueden aplicar. Por lo general se usa una fuente de vacío o presión para pasar el metal a través del paso y deberá estar libre de pulsos generados por bomba que puedan interferir con la señal. Todo el aparato deberá también estar blindado todo lo posible contra la interferencia electromagnética externa.

El diseño y el uso de filtros para reducir o eliminar la interferencia es ahora una técnica desarrollada, pero surgen dificultades cuando se usan con analizadores LIMCA, debido a la señal de voltaje relativamente bajo característica de los pulsos indicativos de partícula y el hecho de que las frecuencias de pulso, correspondientes al número de partículas por unidad de tiempo que pasan a través del paso, son del mismo orden de magnitud que las de muchos de los pulsos de ruido de interferencia. Se puede disponer blindaje para reflejar o absorber la radiación emitida antes de que llegue al aparato, pero es imposible lograr un blindaje perfecto a causa de la necesidad de entradas y salidas a y del sistema.

Se describen analizadores LIMCA típicos en las Patentes de Estados Unidos 4.600.880, 5.130.639, 4.555.662 y 5.039.935, aquí incorporadas por referencia. La Patente de Estados Unidos 5.130.639 (Hachey) describe el uso de varias combinaciones de electrodos en un analizador LIMCA donde los electrodos de medición y suministro de corriente están separados y colocados en configuraciones de reducción de ruido. En algunas realizaciones se requieren al menos cuatro y hasta seis electrodos.

La Solicitud de Patente de Estados Unidos número 2002/0067143, también incorporada aquí por referencia, describe el uso de ultracondensadores como alternativas para baterías en algunas aplicaciones. Los ultracondensadores pueden ser usados como fuentes de potencia en entornos duros porque son menos sensibles a la temperatura que las baterías y se pueden cargar y descargar rápidamente en comparación con las baterías, requiriendo por ello menos control del proceso de carga-descarga, y tienen un ciclo de vida muy grande en comparación con las baterías. Sin embargo, los ultracondensadores tienen una menor densidad de carga por volumen que las baterías recargables y, por lo tanto, no pueden suministrar corrientes altas constantes durante períodos de tiempo prolongados en comparación con las baterías.

En general se considera deseable desarrollar un sistema analizador que pueda reducir la interferencia simplificando al mismo tiempo el diseño y requiriendo menos piezas adicionales.

- 5 También es deseable desarrollar un sistema analizador que pueda operar con mayor continuidad y superar las deficiencias de operación de las baterías.

10 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema analizador que pueda reducir la interferencia simplificando al mismo tiempo el diseño y requiriendo menos piezas adicionales y/o proporcionar un método que pueda reducir la interferencia preferiblemente en un sistema analizador proporcionado.

Este objeto se logra según la invención con un método según la reivindicación 1 y un aparato según la reivindicación 2. Realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

- 15 Además de lo anterior, la Patente de Estados Unidos 5.130.639 describe el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

### Descripción de la invención

20 Un aspecto de la presente invención proporciona un método de reducir ruido electromagnético en señales de pulso deseadas producidas por un analizador LIMCA, que tiene un cuerpo de metal fundido conteniendo partículas, un medio de pared aislante eléctrico que tiene un paso formado en él para el paso del metal fundido, un primer electrodo insertado en el metal fundido en un lado del medio de pared, un segundo y un tercer electrodo insertados en el metal fundido en un lado del medio de pared opuesto a dicho primer electrodo e igualmente espaciados a  
25 ambos lados del primer electrodo de tal manera que los tres electrodos caigan en un plano común, incluyendo dicho método los pasos de suministrar corriente por igual a los electrodos segundo y tercero, pasando dicha corriente con el metal fundido a través del paso al primer electrodo para crear bucles de corriente simétricos entre cada uno de los electrodos segundo y tercero y el primer electrodo, bucles que generan las señales de pulso deseadas y son afectados de manera igual, pero opuesta, por ruido electromagnético; y añadir las señales de pulso deseadas generadas por cada bucle de corriente para reducir al menos el ruido electromagnético.

Un aspecto de la presente invención proporciona además un método de hacer mediciones casi continuas en un analizador LIMCA, que tiene un cuerpo de metal fundido conteniendo partículas, un medio de pared aislante eléctrico que tiene un paso formado en él para el paso del metal fundido, un primer electrodo insertado en el metal fundido en un lado del medio de pared y al menos un electrodo adicional insertado en el metal fundido en un lado del medio de pared opuesto al primer electrodo y un medio de registro de voltaje conectado entre el primer electrodo y el al menos único electrodo adicional, incluyendo dicho método suministrar corriente en un nivel predeterminado inicial al primer electrodo y al al menos único electrodo adicional para crear un bucle de corriente entre el al menos único electrodo adicional y el primer electrodo, generando dicho bucle de corriente una señal de pulso deseada que es registrada por el medio de registro de voltaje, donde dicha corriente es suministrada desde un ultracondensador, supervisar el cambio en la corriente procedente de dicho ultracondensador y proporcionar un medio para reajustar rápidamente la salida de corriente al nivel predeterminado al mismo tiempo que se evita temporalmente que dicho medio de registro de voltaje registre la señal de pulso deseada.

45 Un aspecto de la presente invención también proporciona un aparato para reducir ruido electromagnético en señales de pulso deseadas producidas por un analizador LIMCA, que tiene un cuerpo de metal fundido conteniendo partículas, un medio de pared aislante eléctrico que tiene un paso formado en él para el paso del metal fundido y partículas, un electrodo interior insertado en el metal fundido dentro del medio de pared, e incluyendo un primer y un segundo electrodo exterior insertado en el metal fundido fuera del medio de pared a ambos lados del electrodo interior, para formar un plano común con el electrodo interior, una fuente de corriente para suministrar corriente por igual a los electrodos exteriores primero y segundo, corriente que pasa con el metal fundido móvil a través del paso al electrodo interior para crear bucles de corriente simétricos entre cada uno de los electrodos exteriores primero y segundo y generando el electrodo interior las señales de pulso deseadas, un medio de detección conectado a los electrodos exteriores primero y segundo y el electrodo interior, para detectar señales de pulso deseadas generadas por los bucles de corriente debido al paso de partículas a través del paso, y para detectar ruido electromagnético que afecta de manera igual, pero opuesta, a cada uno de los bucles de corriente; y un medio amplificador para añadir las señales de pulso deseadas generadas por cada bucle de corriente para reducir al menos el ruido electromagnético.

### 60 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá en unión con la figura siguiente: la figura 1 es una vista esquemática de una realización de la presente invención.

### 65 Mejores modos de llevar a la práctica la invención

En la presente invención, se ha hallado que corrientes simétricas y estables desde los electrodos en el exterior de un paso en una pared aislante eléctrica a un electrodo en el interior del paso, conjuntamente con la captación de voltaje simétrica simultánea, autocancelan las fuentes de ruido electromagnético externo si estas fuentes afectan por igual a ambos bucles de corriente. A los efectos de la presente invención, se considera que una corriente estable es la que es relativamente lisa y libre de pulsos. La figura 1 ilustra un LIMCA 10 según una realización de la presente invención. El LIMCA 10 incluye un medio de pared aislante en forma de un tubo de muestreo de extremos cerrados 16 sumergido en metal fundido 18 y sellado en su extremo superior a una chapa de montaje o tubo (no representado), por ejemplo, por medio de una junta estanca elastomérica. Tres electrodos paralelos transversalmente espaciados 12, 14 y 15 se extienden hacia abajo al metal fundido, extendiéndose el electrodo 12 al tubo de muestreo 16 y extendiéndose los electrodos 14 y 15 directamente al metal fundido 18.

El tubo 16 está provisto de un agujero o paso 22 formado con precisión en una porción de su pared lateral. Una línea 24 dispuesta en el tubo 16 está conectada a una fuente de vacío 26 para establecer un vacío en una célula formada por el tubo 16. El vacío aspira metal fundido 18 a la célula a través del paso 22. Alternativamente, se puede usar una fuente de presión 26 para expulsar metal fundido de la célula mediante la línea 24.

Las mediciones se toman de la siguiente manera. Una vez que la célula está sumergida en metal fundido, se aplica vacío y se aspira metal fundido a un caudal controlado a través del paso 22. Se pasa una corriente estable, generalmente del orden de 60-65 amps, a través del paso 22 alimentando corrientes iguales (siendo cada una la mitad de la corriente total) a cada uno de los electrodos 14 y 15, por medio de cables de corriente 30, 32. La corriente se hace volver mediante el único electrodo 12 dentro de la célula. El voltaje se mide entre cada uno de los electrodos exteriores 14, 15 y el electrodo central 12 por medio de un preamplificador 40 de un diseño conocido por los expertos en la técnica. El voltaje cambia cuando pasan partículas a través del paso dando origen a picos de voltaje. Una vez aspirada una cantidad predeterminada de metal a la célula, suficiente para poder tomar suficientes mediciones de picos de voltaje para proporcionar resultados estadísticamente significativos, las mediciones se detienen, se aplica presión para expulsar el metal, y se puede repetir el proceso.

El número de picos de voltaje medidos se usa para determinar la densidad de volumen de partículas en el metal fundido y puede analizarse la forma de pulso para determinar las distribuciones de tamaño de partícula. El período de medición deberá ser suficientemente largo para proporcionar un tamaño de muestra suficiente de mediciones de pulso de voltaje para una medición estadísticamente significativa, y para aumentar la relación general de señal a ruido.

Aunque la corriente la puede suministrar una disposición de baterías, por ejemplo, como se describe en US 5.130.639, se prefiere que la corriente sea suministrada por un sistema de suministro que consta de un ultracondensador 50, una fuente de corriente 52, resistencias shunt fijas 54, 56, y resistencias controladas por voltaje 58, 60. En el uso, el ultracondensador 50 se carga o recarga inicialmente mientras no se toman mediciones, cerrando los conmutadores 62, 64. La carga se lleva a cabo a un nivel predeterminado, determinado por las especificaciones del suministro de carga y el condensador y es típicamente 11000 Coulombs (amp-segundo). Esta carga/recarga puede tener lugar, por ejemplo, durante el período de tiempo en que una muestra de metal está siendo expulsada de la célula. Una vez cargados, los conmutadores 62, 64 se abren. Durante el período de medición, los conmutadores de 66, 68 están cerrados, y una corriente, controlada por el voltaje en el condensador 50 y el valor de las resistencias shunt y controladas por voltaje 54, 56, 58 y 60 (y medido, por ejemplo, por la caída de voltaje a través de las resistencias shunt 54, 56) fluye a través de los electrodos exteriores 14, 15, a través del paso y vuelve mediante el electrodo central 12. Las resistencias controladas por voltaje están preestablecidas de modo que la corriente fluya inicialmente al valor predeterminado, por ejemplo, de 32,5 amps por igual a través de cada una del par de resistencias. Durante las mediciones, la corriente tiende a decaer. Dado que la densidad de carga por volumen del ultracondensador 50 es relativamente baja en comparación con una batería, la decadencia es suficientemente rápida para que la corriente caiga a un nivel inaceptable antes de finalizar la medición. Una corriente demasiado baja daría lugar a que la altura de pulso de voltaje sea demasiado baja para proporcionar una clara diferenciación del ruido de fondo. Para superar este problema, cuando la corriente (medida, por ejemplo, por la caída de voltaje a través de las resistencias shunt 54, 56) cae por debajo de un nivel predeterminado, por ejemplo, aproximadamente 90% de la corriente inicial, las mediciones se suspenden y las resistencias controladas por voltaje 58, 60 se ajustan para hacer volver la corriente al valor inicial. Este proceso se puede repetir varias veces durante el transcurso de una medición, donde una medición se define como el tiempo para aspirar el metal muestra a la célula. El ultracondensador 50 propiamente dicho se recarga de forma conveniente y rápida a su carga plena durante el paso de expulsar metal de la célula, tiempo durante el que no se toman mediciones. Se deberá indicar que también se puede usar efectivamente una fuente de corriente en base a un ultracondensador 50 y como se ha descrito anteriormente con otros tipos de aparatos LIMCA, por ejemplo, como los descritos en las Patentes de Estados Unidos 4.600.880, 5.130.639, 4.555.662 y 5.039.935, donde se requiere una corriente comparable para las mediciones y el metal es aspirado y expulsado de una célula similar.

Las fuentes de interferencia comunes para el LIMCA 10 son los hornos de inducción, que emiten ráfagas puntuales y continuas de fuerte interferencia que se confunden fácilmente con las señales de pulso deseadas, por lo que los filtros, blindajes y aislamiento tienen una eficiencia limitada. Los analizadores LIMCA también se usan a menudo directamente en instalaciones de procesado de metal fundido y están situados en estrecha proximidad al horno de

inducción, dentro de la zona de emisión de la señal de interferencia. Las ráfagas de interferencia producidas por el horno de inducción y también cualesquiera vibraciones mecánicas son captadas por los electrodos 12, 14, 15 en forma de interferencia, o ruido. Aunque un preamplificador de señal puede amplificar las señales de pulso deseadas para una mejor lectura, no puede estar situado para recibir las señales deseadas sin recibir también la interferencia.

Los tres electrodos 12, 14 y 15 pueden estar en el mismo plano. Los electrodos 14 y 15 están dispuestos en el lado opuesto del electrodo 12 y están igualmente espaciados del electrodo 12 de modo que los electrodos 14 y 15 interactúan de manera similar con la interferencia generada externamente para cancelar por ello la señal de interferencia. La corriente que fluye a través de los electrodos exteriores 14 y 15 induce campos magnéticos en cada uno de los bucles de corriente. Estos campos magnéticos están equilibrados, minimizando por ello el efecto de ruido combinado, detectado, generalmente producido por vibraciones, que es captado por electrodos exteriores 14 y 15, que igualmente están expuestos a campos magnéticos. Además, los campos magnéticos equilibrados minimizan la generación de ruido por el instrumento propiamente dicho resultante de transitorios eléctricos que surgen cuando la corriente de medición se enciende o apaga.

La señal, conteniendo la señal de pulso deseada detectada entre el electrodo 12 y los electrodos 14 y 15 es alimentada a un medio de detección, tal como un circuito preamplificador diferencial 40, para amplificar las señales de pulso deseadas rechazando al mismo tiempo las señales de ruido electromagnético iguales y opuestas. Desde el circuito preamplificador diferencial 40, la señal es alimentada después para posterior análisis y visualización a un aparato de cálculo y registro 46. Como protección adicional contra ruido, el preamplificador 40 y el aparato de cálculo y registro 46 pueden desacoplarse, por ejemplo, por optoacopladores 44. El preamplificador 40 también puede ser operado desde una batería recargable o más preferiblemente desde un ultracondensador (no representado), que puede recargarse periódicamente a partir de un suministro de potencia desconectable (tampoco representado).

Una realización ejemplar de dicho aparato de cálculo y registro 46 se puede ver en las Patentes de Estados Unidos números 4.555.662 y 4.600.880 incorporadas aquí por referencia. El aparato de registro 46 toma las señales de pulso resultantes del paso de partículas a través del paso 22 en la pared aislante 16 y produce un registro visible permanente que indica el número de partículas por unidad de volumen de metal fundido 18, su tamaño individual, si es preciso, y su distribución de tamaño relativa.

Toda la electrónica crítica se coloca preferiblemente dentro de un recinto blindado 70 para blindar la electrónica contra la captación de ruido. El recinto blindado 70 puede estar conectado, como representa la conexión de puntos 80, a uno de los dos electrodos 14 o 15 para establecer el metal fundido como referencia. Alternativamente, para mayor reducción del ruido, el recinto 70 puede estar conectado a un electrodo separado (cuarto), no representado, sumergido en el metal fundido en cuyo caso se quita la conexión 80.

Las estructuras de electrodo descritas permiten que el dispositivo LIMCA detecte partículas de tamaño relativamente pequeño y, como se ha explicado anteriormente, minimizar el ruido y la interferencia para poder identificar adecuadamente las señales deseadas relativamente pequeñas.

En las realizaciones anteriores de la invención, el metal fundido puede ser cualquier metal fundido, tal como una corriente que pasa en un canal de transferencia.

Aunque en las realizaciones anteriores el análisis se lleva a cabo mientras un vacío 26 aspira el metal fundido 18 al tubo 16, también es posible realizar la prueba mientras el metal 18 es expulsado del tubo 16 por una presión aplicada internamente, en cuyo caso la recarga del ultracondensador 50 se realizaría durante el período en que el metal se aspira a la célula.

Esta descripción detallada del aparato se usa para ilustrar la realización principal del sistema y el método de la presente invención. Será obvio a los expertos en la técnica que se puede hacer varias modificaciones en el aparato del sistema de la presente invención 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 solamente por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de reducir ruido electromagnético en señales de pulso deseadas producidas por un analizador de pureza de metal líquido (LIMCA), que tiene un cuerpo de metal fundido (18) conteniendo partículas, un medio de pared aislante eléctrico (16) que tiene un paso (22) formado en él para el paso del metal fundido, un primer electrodo (12) insertado en el metal fundido en un lado del medio de pared (16), un segundo y un tercer electrodo (14, 15) insertados en el metal fundido en un lado del medio de pared (16) opuesto al primer electrodo (12) e igualmente espaciados a ambos lados del primer electrodo (12) de tal manera que los electrodos segundo y tercero (14, 15) y el primer electrodo (12) caigan en un plano común; **caracterizado porque** dicho método incluye:
- a) suministrar corriente por igual a los electrodos segundo y tercero (14, 15), pasando dicha corriente con el metal fundido a través del paso (22) al primer electrodo (12) para crear bucles de corriente simétricos entre cada uno de los electrodos segundo y tercero (14, 15) y el primer electrodo (12), bucles que generan las señales de pulso deseadas y son afectados de forma igual, pero opuesta, por ruido electromagnético; y
- b) añadir las señales de pulso deseadas generadas por cada bucle de corriente para reducir al menos el ruido electromagnético.
2. Un aparato para reducir ruido electromagnético en señales de pulso deseadas producidas por un analizador de pureza de metal líquido (LIMCA), que tiene un cuerpo de metal fundido (18) conteniendo partículas, un medio de pared aislante eléctrico (16) que tiene un paso (22) formado en él para el paso del metal fundido y partículas, un electrodo interior (12) insertado en el metal fundido dentro del medio de pared (16), incluyendo:
- a) electrodos exteriores primero y segundo (14, 15) insertados en el metal fundido fuera del medio de pared (16) a ambos lados del electrodo interior (12), para formar un plano común con el electrodo interior (12);
- b) una fuente de corriente (52) para suministrar corriente por igual a los electrodos exteriores primero y segundo (14, 15), corriente que pasa con el metal fundido móvil a través del paso (22) al electrodo interior (12) para crear bucles de corriente simétricos entre cada uno de los electrodos primero y segundo (14, 15) y el electrodo interior (12) y genera señales de pulso deseadas;
- c) un medio de detección (40) conectado a los electrodos exteriores primero y segundo (14, 15) y el electrodo interior (12), para detectar señales de pulso deseadas generadas por los bucles de corriente debido al paso de partículas a través del paso (22), y para cancelar el ruido electromagnético que afecta de manera igual, pero opuesta, a cada uno de los bucles de corriente; y
- d) un medio amplificador (40) para añadir las señales de pulso deseadas generadas por cada bucle de corriente para reducir al menos el ruido electromagnético, **caracterizado porque**
- e) el aparato está adaptado por medio de la fuente de corriente para suministrar corriente por igual a los electrodos exteriores primero y segundo (14, 15), corriente que pasa con el metal fundido móvil a través del paso (22) al electrodo interior (12) para crear bucles de corriente simétricos entre cada uno de los electrodos primero y segundo (14, 15) y el electrodo interior (12) y genera señales de pulso deseadas.
3. El aparato de la reivindicación 2 incluyendo además un electrodo de referencia, insertado en el metal fundido fuera del medio de pared (16) y conectado a un recinto (70) rodeando al menos la fuente de corriente (52), un medio de detección (40) y un medio de cálculo (46) para establecer el metal fundido como un punto de referencia de voltaje.
4. El aparato de la reivindicación 2 o 3, donde la fuente de corriente (52) incluye uno o más ultracondensadores (50).

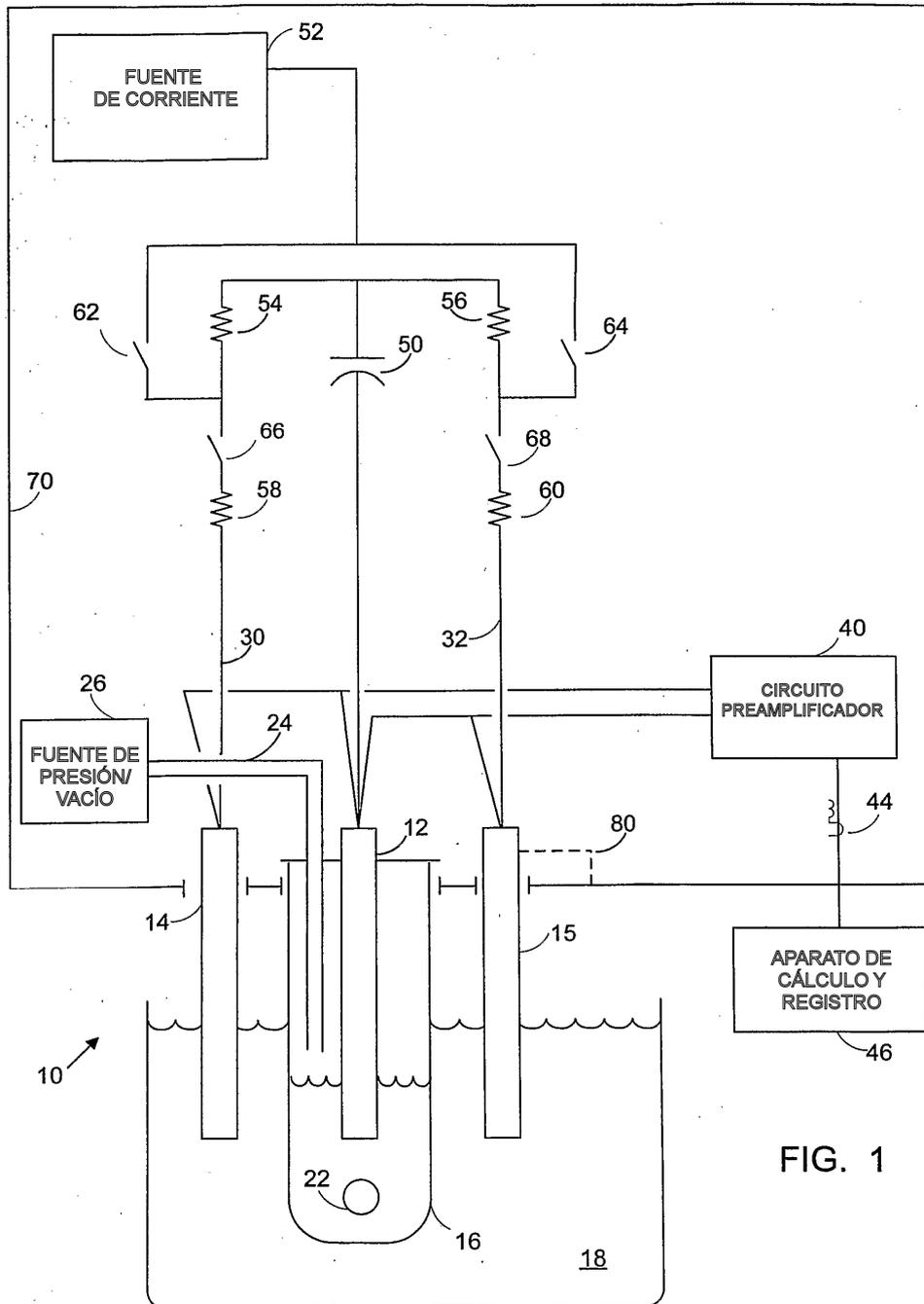


FIG. 1