

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 911**

51 Int. Cl.:

G01N 29/032	(2006.01)
G01N 29/11	(2006.01)
G01N 29/14	(2006.01)
B03D 1/02	(2006.01)
G01N 15/00	(2006.01)
G01N 15/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2016 PCT/AU2016/000394**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.06.2017 WO17096416**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2016 E 16871812 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.08.2021 EP 3387421**

54 Título: **Sistema y método para determinar la concentración**

30 Prioridad:

09.12.2015 AU 2015905092

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

03.03.2022

73 Titular/es:

**FLOLEVEL TECHNOLOGIES PTY LTD (100.0%)
Factory 50 41-49 Narcal Road
Nunawading, Victoria 3131, AU**

72 Inventor/es:

STIRLING, ROBERT SIDNEY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 897 911 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para determinar la concentración

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema y a un método que determina la concentración de un componente objetivo en una mezcla, tal como la concentración de sólidos en suspensión en una mezcla. La invención puede encontrar un uso particular en industrias que incluyen la minería, el tratamiento de aguas residuales y la fabricación de pulpa y papel, en los que la concentración de sólidos en suspensión en una mezcla en diversas etapas de procesamiento es a menudo importante para garantizar la eficiencia del procesamiento.

Antecedentes de la invención

10 Si bien el sistema y el método de la presente invención pueden encontrar uso en una serie de industrias, los antecedentes de la invención se describirán haciendo referencia a la industria minera y, en particular, el proceso de flotación por espuma. La supervisión y la medición de la concentración de sólidos en suspensión en diversas etapas durante el procesamiento del mena es un factor crítico en la recuperación de material y la eficiencia general del proceso.

15 La minería implica la extracción de minerales valiosos, u otros materiales geológicos, de la tierra y un aspecto importante de cualquier proceso de minería es la maximización de la recuperación de minerales y metales valiosos a partir del mena de baja ley al menor coste posible. Se reconoce que la separación selectiva de minerales hace que el procesamiento de menas mixtos sea económicamente viable. La flotación por espuma es un proceso que se viene utilizando desde mediados del siglo 20 como un medio de recuperación de materiales valiosos dentro del mena excavado que implica la separación selectiva de materiales en función de las diferencias en su hidrofobicidad, es decir, separar los materiales hidrófobos de los materiales hidrófilos.

20 El proceso de flotación por espuma se utiliza en la actualidad en la minería para separar una amplia gama de sulfuros, carbonatos y óxidos que se someten a un mayor refinamiento para extraer y separar metales, tales como hierro, níquel, cobre y plomo. La flotación por espuma también se utiliza durante la extracción de plata y oro, en la que la recuperación de tales metales a partir del mena de baja ley es fundamental para la viabilidad económica del procesamiento de oro y plata.

25 El procesamiento de minerales implica la liberación y la flotación por etapas de los valiosos minerales y metales objetivo de la roca madre (material de desecho) en el mena excavado. La liberación se logra por medios mecánicos de molienda y trituración, conocido como conminución, después de lo cual el mena liberado (de tamaños de partículas habitualmente menores de aproximadamente 3 mm) se somete a diversas etapas de flotación conocidas como *Desbaste*, *Limpieza* y *Barrido*, en las que cada etapa de flotación implica la recuperación de material progresivamente más fino.

30 Como parte del proceso de flotación por espuma, el mena triturado se mezcla con agua para formar una lechada que luego se transfiere a un "acondicionador" en el que se agrega tensioactivo a la lechada con el fin de alterar la hidrofobicidad de los sólidos. A este respecto, el mineral deseado que se va a recuperar, es decir, el material objetivo, generalmente necesita volverse hidrófobo mediante la adición de un tensioactivo y, en función del tipo de tensioactivo elegido, diversos minerales se pueden volver selectivamente hidrófobos con el fin de recuperar únicamente los minerales deseados mediante flotación por espuma. Con el fin de recuperar los minerales deseados, la lechada "acondicionada" que contiene una mezcla de partículas hidrófobas e hidrófilas se introduce entonces en unos tanques conocidos como celdas de flotación que se airean para producir burbujas a las que se adhiere el material hidrófobo objetivo y, por lo tanto, sube hasta la superficie, formando una espuma. La espuma cargada de minerales se extrae entonces de la celda de flotación, produciendo un concentrado del mineral objetivo. Una espuma estable es esencial para la recuperación eficiente de minerales valiosos y los agentes espumantes o "espumantes" se agregan habitualmente a los sistemas de flotación con el fin de potenciar y mantener la estabilidad de la espuma.

35 Se requieren una liberación y una flotación por etapas con el fin de minimizar la entrada de energía requerida durante la conminución y, por ende, los costes de procesamiento. A este respecto, la intención es recuperar la mayor cantidad posible del valioso material de curso durante una etapa de flotación inicial (es decir, *Desbaste*) con el fin de evitar triturar la totalidad del mena excavado en material recuperable más fino. Dado que el concentrado más basto producido durante la etapa de *Desbaste* es de baja calidad, por lo general, se debe someter a un procesamiento adicional en una o más celdas *Limpiadoras* o celdas *Barredoras*.

40 En las celdas *Limpiadoras*, el concentrado más basto se somete a una etapa de flotación adicional con el fin de separar cualquier material indeseable recuperado anteriormente como parte de la etapa de flotación *Desbastadora*. La intención de la etapa de flotación *de Limpieza* es producir un concentrado que sea de la más alta calidad posible y, por consiguiente, el producto de la etapa de flotación *de Limpieza* se denomina "concentrado más limpio" o "concentrado final".

45 Además de, o en lugar de, hacer progresar el concentrado más basto hasta una etapa de flotación *de Limpieza*, el

- concentrado más basto se puede someter a una trituración adicional (generalmente denominada re trituración) para lograr la liberación completa de los minerales valiosos. Debido a la menor masa del concentrado más basto en comparación con el mena excavado original, se requiere menos energía de la que sería necesaria si se re triturase todo el mineral excavado. Después de la re trituración, el concentrado más basto se puede someter entonces a una
- 5 etapa de flotación *Limpiadora* (como se describió anteriormente), o una etapa de flotación *Desbastadora* con la intención de recuperar cualesquiera minerales objetivo que no se recuperaron durante la etapa de flotación *de Desbaste* inicial. La etapa de Barrido puede requerir la alteración de las condiciones de flotación para garantizar la máxima recuperación de mineral, o puede ser necesario un triturado adicional con el fin de proporcionar una mayor liberación seguida de una etapa de flotación y recuperación adicional.
- 10 Durante cada etapa de flotación, los minerales que no flotan en la espuma se denominan relaves de flotación. Si son apreciable en términos de calidad y cantidad, estos relaves también se pueden someter a etapas de flotación adicionales para recuperar cualesquiera partículas valiosas que no flotarán durante las etapas de flotación anteriores. Los relaves finales después del desbastado normalmente se descartan para su eliminación como relleno de mina o se transportan a una instalación de eliminación de relaves para su almacenamiento a largo plazo.
- 15 Un sistema habitual de flotación por espuma contiene muchas variables relacionadas con el diseño del equipo, la química y el funcionamiento del sistema. Algunas consideraciones de equipo incluyen la elección del tipo de celda, los medios de agitación de lechada, los medios de aireación, la configuración y el control de celda. Algunas consideraciones químicas incluyen el tipo de tensioactivo y la dosificación, además del tipo de espumador y la dosificación y el pH del sistema. Algunas consideraciones de funcionamiento incluyen la tasa de alimentación de agua
- 20 y aire, la mineralogía, el tamaño de partícula, la temperatura del sistema y la densidad de la lechada (o sólidos en suspensión). Se apreciará que se requieren una elección y un control cuidadosos de tales variables con el fin de garantizar una alta eficiencia de procesamiento y recuperación de minerales. Además, cualquier desviación de las condiciones óptimas puede conducir a una disminución drástica en la recuperación de minerales, la eficiencia del proceso y, en última instancia, la rentabilidad y la viabilidad económica del proceso.
- 25 Una de las variables de funcionamiento críticas en un sistema de flotación por espuma es la densidad de la lechada (o sólidos en suspensión). En la actualidad, la densidad de sólidos en suspensión de una lechada se mide generalmente con el uso de un calibrador de densidad nuclear que se fija externamente a la tubería a través de la cual se alimenta la lechada (mena molido y agua) al acondicionador en el que se produce la dosificación del tensioactivo. La cantidad de tensioactivo añadida a la lechada está relacionada con la concentración de los sólidos en suspensión
- 30 de la lechada en la tubería de alimentación de acondicionador. Dado que también existen sólidos (distintos de los minerales objetivo que se desea recuperar) en la lechada que ingresa al acondicionador a través de la tubería de alimentación a la que se fija el calibrador de densidad nuclear, una disposición de este tipo tiende a sobrestimar la cantidad de tensioactivo requerida. La sobredosis del sistema con surfactante no solo da como resultado un desperdicio de surfactante, sino que también tiene efectos sobre la calidad de la espuma y puede dar como resultado
- 35 una recuperación de minerales ineficiente y unos rendimientos de recuperación inferiores.
- Adicionalmente, la concentración de sólidos en suspensión de la lechada en la tubería de entrada de alimentación al acondicionador puede variar desde 20% (p/v) hasta 65% (p/v) debido a variaciones en el mena extraído del sitio de la mina y variaciones dinámicas de esta magnitud pueden provocar el "lijado" de las partículas. El lijado se refiere a la pérdida de partículas debido a su "caída" de la suspensión de espuma cuando la concentración de sólidos en
- 40 suspensión aumenta por encima de un nivel que puede ser agitado y, por lo tanto, mantenido en suspensión, mediante, por ejemplo, un agitador de velocidad fija.
- Los esfuerzos actuales para aumentar la precisión asociada con la medición de la concentración del material valioso que se recuperará dentro de los sistemas de flotación por espuma implican el uso de una "prueba de botella" en la que se toma manualmente una muestra de la lechada acondicionada en la celda de flotación con el fin de determinar
- 45 la densidad de los sólidos en suspensión. Se apreciará que el muestreo manual es un proceso que requiere mucho tiempo y trabajo y que tampoco es capaz de supervisar adecuadamente los cambios dinámicos del sistema, reduciendo de este modo la precisión y la utilidad de tales mediciones.
- Otro problema asociado con la medición de la concentración de sólidos en suspensión utilizando calibradores de densidad convencionales es que las lechadas no solo están compuestas por partículas sólidas, sino que también incluyen burbujas de gas en suspensión como resultado de la aireación de la lechada durante el proceso de flotación por espuma. Tales burbujas de gas a menudo interfieren con las disposiciones de medición de densidad de los sólidos en suspensión que se utilizan en la actualidad dentro de la mezcla de lechada.
- 50 Otro problema más asociado con la medición de la concentración de sólidos en suspensión de lechadas utilizando calibradores de densidad convencionales es que a menudo se pueden acumular incrustaciones sobre la superficie del calibrador, lo que requiere una limpieza frecuente del equipo que puede provocar que el sistema de medición no esté disponible y/o se pierda la eficiencia del proceso.
- 55

El documento US2005/150275 describe un proceso de supervisión y caracterización de partículas con retrodispersión ultrasónica.

LEE JOHN H *ET AL.*: "Ultrasound image-based absolute concentration measurement technique for materials with low scatterer concentration" [Técnica de medición de concentración absoluta basada en imágenes de ultrasonido para materiales con baja concentración de dispersor], 2015 IEEE INTERNATIONAL ULTRASONICS SYMPOSIUM (IUS), IEEE, 21 de octubre de 2015 (21/10/2015), páginas 1-4, describe una técnica de medición de concentración absoluta basada en imágenes de ultrasonido para materiales con baja concentración de dispersor.

Por consiguiente, existe la necesidad de un sistema y un método de muestreo que sean capaces de rastrear dinámicamente los cambios en la concentración de sólidos en suspensión de lechadas, tales como las que existen en los sistemas de flotación por espuma. Además, existe la necesidad de un sistema de control que se pueda hacer funcionar para rastrear dinámicamente los cambios en la concentración de sólidos en suspensión en lechadas y, por consiguiente, ajustar los parámetros de funcionamiento de un sistema de procesamiento de minerales.

La presente invención busca abordar al menos una o más de las desventajas anteriores asociadas con los sistemas y métodos convencionales para medir la concentración de sólidos en suspensión en lechadas.

La referencia a cualquier técnica anterior en esta memoria descriptiva no es, y no se debería tomar como, un reconocimiento, ni una sugerencia, de que la técnica anterior forme parte del conocimiento general común en Australia.

Compendio de la invención

En un aspecto, la presente invención proporciona un sistema según la reivindicación 1.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un método según la reivindicación 12.

Compendio de la realización o realizaciones de la invención

Se apreciará que, en las realizaciones, con el fin de determinar la concentración del componente objetivo dentro de una mezcla, la potencia de la señal acústica se correlaciona inicialmente con concentraciones de sólidos en suspensión variables y conocidas dentro de un proceso de flotación particular. También se apreciará que el cambio en la potencia se mide frente a una medición de referencia llevada a cabo en un medio acuoso transparente. Por consiguiente, el cambio en la potencia de la señal acústica se correlaciona con la concentración variable de sólidos en suspensión para un proceso de flotación particular y, como tal, la correlación se puede utilizar para determinar e identificar diversas concentraciones de componentes objetivo en la mezcla durante el funcionamiento del proceso de flotación.

En las realizaciones, el sistema incluye dos o más transductores ubicados en una matriz.

En otras realizaciones, la matriz es una matriz lineal de transductores formada a partir de una única línea de transductores, aunque se entenderá que se pueden utilizar otras configuraciones de transductores dentro de la matriz.

En otra realización, la al menos una matriz incluye una pluralidad de matrices conectables entre sí para formar una matriz extendida.

Se apreciará que se puede utilizar cualquier número de transductores. Sin embargo, en una realización, la matriz incluye al menos tres transductores ubicados en una única línea para formar una matriz lineal.

En las realizaciones en las que se incluye más de un transductor en una matriz, la potencia medida de la señal acústica puede ser la potencia promedio de la pluralidad de transductores.

En una realización, el controlador está programado para controlar dos o más transductores para generar una señal acústica, en donde la potencia de las dos o más señales acústicas es la potencia promedio calculada de las dos o más señales. Se entenderá que, en esta realización, el cambio medido en el nivel de potencia de las dos o más señales acústicas se produce cuando la señal acústica se mueve a través de la mezcla que comprende el componente objetivo, y es el cambio promedio en la potencia de las dos o más señales acústicas.

En una realización, el controlador está programado para generar una señal para el al menos un transductor tras la entrada de un comando externo que genera una señal acústica para su transmisión a la mezcla.

En una realización, el controlador está programado para controlar la al menos una señal para generar una señal acústica periódica.

En otra realización, el controlador está programado para controlar la al menos una señal para generar una señal acústica continua.

En una realización, el sistema utiliza transductores de alta potencia, de frecuencia baja a media (aprox. 20 kHz) con impedancia coincidente para funcionar como transductores de sonar dentro de medios líquidos. Los transductores pueden tener niveles de excitación variables que son capaces de funcionar manualmente para producir diferentes salidas de potencia de los diafragmas de funcionamiento.

En una realización en la que se adoptan tres transductores en una matriz lineal, la potencia de salida de los tres transductores se promedia y se proporciona una salida analógica de 4-20 mA que es proporcional al cambio en la potencia de salida de los transductores.

5 En las realizaciones en las que se requiere un perfil de concentración de sólidos de la totalidad del tanque, se pueden utilizar hasta 80 transductores individuales, identificándose cada transductor individual y transmitiéndose la salida de cada transductor, mediante un protocolo de comunicación, a un sistema de control.

El sistema y el método de la invención permiten medir la concentración de sólidos en suspensión en un amplio intervalo de concentración y, en una realización, el sistema está configurado para medir la concentración de sólidos en suspensión en un intervalo de aproximadamente 20% a aproximadamente 65% (p/v).

10 Al producir salidas de potencia superiores a 100 vatios, los transductores requieren enfriamiento.

Al hacer funcionar el uno o más transductores a un nivel de tensión y frecuencia fijas en un medio acuoso, se observa que la salida de potencia del transductor medida en agua limpia aumenta, proporcionalmente, con un aumento en la cantidad de sólidos dentro del medio acuoso inmediatamente delante del diafragma de funcionamiento del transductor. Sin estar limitado por la teoría, se considera que el cambio observado (aumento) en el nivel de potencia requerido para hacer funcionar los transductores con una tensión y frecuencia fijas es provocado por la "impedancia reflectante acústica". La "impedancia reflectante acústica" es la relación entre la presión acústica y el flujo volumétrico acústico y se postula que la impedancia reflectante acústica cambia de conformidad con la concentración de sólidos en suspensión dentro de un medio líquido.

15

Se postula, además, que, cuando se genera y transmite una señal acústica a través de una mezcla y se encuentra con la superficie de cualesquiera partículas sólidas en suspensión en la mezcla líquida, la señal se refleja desde las partículas sólidas de regreso hacia el diafragma de funcionamiento de los transductores. Por consiguiente, a medida que aumenta la concentración de sólidos dentro de un medio líquido, se observa un cambio proporcional en la impedancia reflectante acústica y un cambio proporcional en la salida de potencia del transductor.

20

En una realización, la capa de líquido se agita y airea en el tanque de flotación, de tal manera que las burbujas de gas asciendan a través de la capa de líquido para producir una capa de espuma. Si bien la impedancia acústica cambia debido a cualquier aumento en la concentración de sólidos en suspensión y la salida de potencia del transductor requerida aumenta, se ha observado que la impedancia acústica y la salida de potencia del transductor no se ven sustancialmente afectadas por la presencia de burbujas de gas dentro del medio líquido. Se cree que esto se puede deber al hecho de que las burbujas de gas, a diferencia de las partículas sólidas, se pueden comprimir y dispersar al entrar en contacto con la señal acústica y, por lo tanto, no contribuyen a la impedancia acústica ni a la reflexión de la señal acústica de regreso al diafragma de funcionamiento del transductor.

25

30

Por consiguiente, el sistema y el método de la presente invención se pueden utilizar en diversas realizaciones para determinar la concentración de sólidos en suspensión dentro de un medio líquido incluso en presencia de burbujas de gas que se producen como resultado de la aireación del medio durante el proceso de flotación por espuma.

Los transductores también se pueden controlar para producir salidas de alta potencia que ayudan a eliminar la acumulación de incrustaciones del diafragma de funcionamiento sumergido dentro de la mezcla. En las realizaciones, el controlador está, además, adaptado para controlar cada transductor para funcionar en un modo de limpieza para generar una señal que forma cavitación en la mezcla, de tal manera que, si una o más sustancias dentro de la mezcla se han acumulado en, o cerca de, el transductor, la cavitación elimina al menos parte de la acumulación de, y/o cerca de, el transductor. A este respecto, la amplitud de pulso de la señal es suficiente para provocar un fenómeno denominado "rarefacción", que, a su vez, provoca cavitación. La cavitación puede dar como resultado la disolución de cualquier sustancia acumulada, si es una sustancia soluble en el medio de lechada (generalmente agua), y si la energía de cavitación es suficiente para efectuar tal disolución. La cavitación puede dar como resultado el desplazamiento de una sustancia acumulada, si no es soluble en el medio de lechada, por ejemplo, petróleo, grasa e incrustaciones.

35

40

Se apreciará que el sistema y el método de la invención se pueden utilizar para determinar la concentración de un componente objetivo dentro de una mezcla, por ejemplo, la concentración de sólidos en suspensión dentro de una lechada. En las realizaciones, la lechada está contenida dentro de un recipiente de flotación en el que el material valioso (mena) se separa del material de desecho o roca madre.

45

En otro aspecto, la presente invención proporciona un sistema configurado para determinar la concentración de sólidos en suspensión de una lechada, incluyendo el sistema al menos un transductor acústico ubicado dentro de la lechada, generando un controlador una señal de entrada para el al menos un transductor, generando, por tanto, una señal acústica en la mezcla y transmitiendo la misma para su transmisión hacia los sólidos en suspensión dentro de la mezcla, en donde la señal acústica se genera a un nivel de potencia conocido y fijo, y un procesador para medir un cambio en el nivel de potencia de los transductores acústicos a medida que la señal acústica se transmite a través de la lechada, en donde la magnitud del cambio en el nivel de potencia se utiliza para determinar la concentración de los sólidos en suspensión en la lechada.

50

55

En otro aspecto más, la presente invención proporciona un método para determinar la concentración de sólidos en

5 suspensión de una lechada, incluyendo el método las etapas de generar, en al menos un transductor, una señal acústica a un nivel de potencia conocido y fijo, medir un cambio en el nivel de potencia del uno o más transductores acústicos a medida que la señal acústica se transmite a través de la lechada, en donde la detección de un cambio en el nivel de potencia del uno o más transductores se utiliza para indicar la presencia de sólidos en suspensión en la lechada, y en donde la magnitud del cambio en el nivel de potencia del uno o más transductores se utiliza para determinar la concentración de sólidos en suspensión de la lechada.

10 En una realización, la lechada está contenida dentro de un tanque de flotación por espuma e incluye una capa de líquido en la parte más inferior, una capa de espuma intermedia y una capa gaseosa en la parte más superior, en donde el uno o más transductores de la matriz están sumergidos dentro de la capa de líquido en la parte más inferior de la lechada. Se apreciará que uno de los beneficios del sistema y el método de la invención descritos por la presente es que la concentración de sólidos en suspensión dentro de la capa de líquido de lechada se puede supervisar y medir continuamente con suficiente precisión y sin la necesidad de ninguna manipulación manual o tiempo de inactividad del sistema durante el análisis de sólidos en suspensión y/o el mantenimiento del equipo. Por consiguiente, un operario del sistema puede estar ubicado geográficamente lejos del tanque y aún así garantizar que el proceso se esté ejecutando de manera óptima y con una eficiencia pico.

15 En otras realizaciones, se contempla que el sistema y el método se puedan disponer para dar retroalimentación de la concentración de sólidos en suspensión en la capa de líquido del tanque de flotación directamente a un medio de entrada automatizado. A este respecto, el procesador puede estar configurado para enviar información a un controlador para controlar, por ejemplo, válvulas de dardo, las cuales regulan el flujo de líquido hacia el tanque de flotación; agitadores (incluidos propulsores ubicados en el tanque); o; aireadores (incluidos tubos de aireación conectados al tanque), o cualquier otro dispositivo para regular o controlar el funcionamiento del tanque. A este respecto, el tanque de flotación se puede hacer autónomo o semiautónomo.

20 En una realización, la capa de líquido es una lechada o pulpa que contiene una capa de al menos un mineral. El tanque de flotación se podría utilizar para procesar diversos productos de la minería y otros métodos de extracción geológica, tales como: cobre, molibdeno, oro, plata, plomo, níquel, mena de hierro, carbón, potasa, petróleo y arenas petrolíferas, yeso y muchas otras sustancias. Sin embargo, también se contempla que el sistema y el método de la invención se podrían aplicar a otros procesos fuera del procesamiento de minerales, tales como la producción de alimentos o bebidas u otros tipos de fabricación donde la medición de la concentración de sólidos en suspensión de una lechada mediante medición acústica puede proporcionar una ventaja sobre otros tipos de medición. Es importante señalar que el sistema y el método de la presente invención se pueden utilizar para determinar la concentración de sólidos en suspensión en un líquido independientemente de si el líquido se somete o no a aireación. Sin embargo, es particularmente ventajoso que el sistema y el método de la presente invención sean capaces de determinar la concentración de sólidos en suspensión en un líquido que está sometido a niveles variables de aireación sin ningún efecto apreciable sobre la determinación de la concentración de sólidos en el líquido. Se postula que la presencia de burbujas de aire en un medio líquido no tiene un efecto sobre el resultado de la determinación, ya que la burbuja de aire no presenta ninguna impedancia reflectante acústica y, por ende, no provoca ningún cambio significativo en la potencia requerida para generar y transmitir la señal acústica a través de la mezcla.

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con mayor detalle haciendo referencia a las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 es una vista en sección transversal de un recipiente y un sistema de conformidad con una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista en perspectiva parcialmente recortada de un tanque de flotación con una matriz de transductores de conformidad con una realización de la invención;

45 la figura 3 es una vista en perspectiva de una realización alternativa de una matriz que tiene tres (3) transductores en una configuración lineal;

la figura 4 es una vista en perspectiva de una única matriz con ocho (8) transductores en una matriz según una realización alternativa de la invención;

la figura 5 es una vista en perspectiva de una matriz extendida de una pluralidad de matrices, de conformidad con otra realización más de la invención.

50 Descripción detallada de la realización o realizaciones de la invención

A continuación, se describirá el sistema según cualquier realización de la invención y como se muestra en la figura 1. Esta figura muestra el tanque de flotación 32 con la capa de líquido 36, una capa de espuma 38 y una capa de aire 40 con unas interfaces 37, 39 entre estas. La capa de líquido 36 también tiene sólidos en suspensión 41 a través de esta.

55 Como se muestra además en la figura 1, la matriz extendida 30 está sumergida dentro de la capa de líquido 36 que comprende sólidos en suspensión 41. La figura 1 muestra, además, el controlador 42 para controlar el funcionamiento

de la matriz extendida 30. También se muestra el aparato de supervisión 44 (que en las realizaciones también puede incluir el procesador para procesar la potencia de salida de la matriz de transductores). Se entenderá que el monitor puede estar geográficamente próximo al tanque de flotación, o lejos.

5 Haciendo referencia a la figura 2, se muestran otras características del tanque de flotación 32, esta vez sin el controlador, el procesador o el aparato de supervisión que se muestra en la figura 1. Como se muestra en la figura 2, el tanque 32 también tiene un aireador 110, incluido un motor 112, un árbol 114 y unas palas 116. El tanque 32 también incluye una matriz sumergida de una matriz extendida 30B de transductores 12 dentro de la capa de líquido 36 que se utiliza para realizar un muestreo en línea de la concentración de sólidos en suspensión 41 dentro de la capa de líquido 36. En esta realización, el conjunto extendido 30B incluye dos matrices de componentes 10, cada una con ocho transductores 12 dispuestos en una única línea para formar una matriz extendida de configuración lineal. La matriz 10
10 30B está montada sustancialmente en vertical en el tanque 32 y, por lo tanto, abarca la altura de la capa de líquido 36 para obtener una medición de los sólidos en suspensión sustancialmente a lo largo de la totalidad de la capa de líquido 36.

15 Si bien la matriz extendida 30B que se muestra en la figura 2 tiene 16 transductores en total (a través de los dos componentes de matriz 10, cada uno con ocho transductores 12 dentro de la matriz extendida 30B), se apreciará que se puede adoptar cualquier número de transductores en el sistema de la invención que oscila desde un sistema con un único transductor hasta un sistema que tiene una matriz de aproximadamente 80 transductores para tanques muy grandes donde se requiere un perfil de concentración de sólidos total de la totalidad del tanque de flotación.

20 En una realización, el sistema incluye tres transductores 12 ubicados en una matriz 10A, como se muestra en la figura 3. En determinadas realizaciones, la potencia de salida medida de los transductores es el promedio calculado de la potencia de salida a través de la pluralidad de transductores y, en la realización que se muestra en la figura 3, la potencia de salida medida es la potencia de salida promedio en los tres transductores 12. La figura 3 también muestra los transductores 12 dispuestos en un alojamiento 14.

25 En otra realización, que se muestra en la figura 4, el sistema incluye una matriz de transductores 10B que incluye ocho transductores 12, montados en el alojamiento de matriz de transductores 14B en una única línea, y espaciados estrechamente (o colindando entre sí). La matriz de transductores 10B puede formar un componente de matriz en una matriz extendida 30B (véase las figuras 2).

30 La figura 5 muestra una realización, en donde cuatro matrices de transductores 10B forman unos componentes de matriz de transductores y están conectadas entre sí para formar una matriz extendida 30C. Los componentes de matriz 10B están conectados entre sí a través de orificios de perno 22 y pernos de conexión 24. Sin embargo, se entenderá que puede haber otros medios para conectar los componentes de matriz 10B entre sí para formar la matriz extendida 30C. Un bus (que no se muestra) puede conectar los componentes de matriz entre sí, de modo que los datos se transmitan entre las matrices, los transductores de las matrices, el controlador y el procesador. Sin embargo, un diseño eficiente puede incluir únicamente un controlador y un procesador para el sistema y el método de la invención.

35 En las realizaciones, el aireador puede ser controlado por el procesador del sistema para establecer la velocidad de rotación y, por tanto, la cantidad de aireación. Esto puede controlar la cantidad de producción de espuma y alterar la concentración de sólidos en suspensión dentro de la lechada. En algunos otros tipos de tanque de flotación, la aireación se proporciona a través de unos tubos de aireación en los que se bombea aire hacia el líquido. Estos tubos de aireación también pueden ser controlados por el procesador para regular la aireación en el tanque.

40 Haciendo referencia una vez más a la figura 1, la capa de espuma 38 que contiene el concentrado de mineral se puede extraer periódicamente del tanque 32 a través de la tubería 33 hacia un recipiente de recolección, tal como una artesa (que no se muestra), donde se produce un procesamiento adicional del concentrado de mineral. En las realizaciones, el sistema 1, a través del procesador del sistema, también puede controlar la velocidad a la que se extrae el concentrado de mineral del tanque 32.

45 La tasa de alimentación de agua y/o material mineral que se va a procesar en el tanque 32 también puede ser controlada por el procesador del sistema. Se apreciará que, con el fin de lograr una eficiencia y un funcionamiento óptimos del proceso, la concentración de sólidos en suspensión dentro de un tanque de flotación se mantiene habitualmente a 30-40% (p/v) de sólidos en suspensión. La capacidad de llevar a cabo un muestreo continuo en línea de la concentración de sólidos en suspensión dentro del tanque permite, por lo tanto, un ajuste continuo y rápido de las condiciones del proceso. Por ejemplo, la tasa de alimentación de agua y/o material mineral hacia el tanque se puede ajustar continuamente en respuesta a las lecturas de muestra en línea de la concentración de sólidos en suspensión utilizando el sistema 1, de modo que se mantenga la concentración de sólidos en suspensión dentro del tanque 32 dentro de un intervalo de concentración aceptable.

55 En las realizaciones, los transductores pueden ser productos del tipo comerciales listos para usar (COTS, por las siglas en inglés de *Commercial Off-The-Shelf*). A menudo, estos transductores tienen su propia protección exterior y/o carcasa, que puede ser adecuado para aplicaciones mineras. El sistema y el método pueden proporcionar protección adicional mediante el uso de una carcasa exterior o alojamiento, que también proporciona protección para cualquier electrónica, además de proporcionar protección adicional para los transductores. En algunas realizaciones, los

espaciadores en la carcasa exterior/alojamiento pueden estar llenos de una sustancia, tal como una resina epoxi, para reforzar la carcasa/alojamiento en las condiciones de alta presión de la celda de flotación/tanque de flotación.

5 Cuando se desee proporcionar una matriz extendida, los componentes de matriz (matrices de transductores) están conectados entre sí de modo que formen una matriz longitudinal extendida. En una realización de este tipo, puede estar provista una conexión de bus entre los componentes de matriz (módulos de matriz). Se entenderá que cualesquiera de tales conexiones de bus, junto con todos los demás componentes electrónicos situados en la celda de flotación/tanque de flotación, deben estar protegidas contra las condiciones producidas por sustancias en la celda de flotación/tanque de flotación y, por ello, deben estar encerradas en los componentes de matriz, y también deben estar encerradas cuando los componentes de matriz se conectan entre sí para formar la matriz extendida.

10 En una realización, el sistema puede incluir un alojamiento para la matriz. El alojamiento puede estar fabricado a partir de propileno reforzado con vidrio o ABS. Se ha descubierto que el propileno ayuda a evitar la acumulación de incrustaciones y, por lo tanto, es más fácil limpiar el alojamiento.

15 En una realización, la matriz de transductores, o matriz extendida, se puede pulsar de modo que todos los transductores de la matriz produzcan cavitación para su autolimpieza al mismo tiempo. Esta función puede ser útil para fines de limpieza entre funcionamientos.

Se apreciará que se obtendrán eficiencias mejoradas mediante la capacidad de ajustar y controlar continuamente la tasa de aireación en respuesta a la concentración medida de sólidos en suspensión en un proceso de flotación de minerales. Tal control automático y continuo evita la sobredosis de reactivo que no solo mejora la estructura de la espuma, sino que también mejora la economía del proceso.

20 El sistema y el método según las realizaciones de la invención se describirán ahora con mayor detalle haciendo referencia a las siguientes pruebas experimentales llevadas a cabo para demostrar el principio de funcionamiento del sistema y el método según las realizaciones de la invención.

Prueba experimental 1 - Medición del cambio en la impedancia reflectante acústica (salida de potencia del transductor) con cambio en el área de superficie de las placas perforadas que simulan densidades objetivo variables

25 Prueba 1(a) - prueba a pequeña escala en ausencia de aireación media

Con el fin de demostrar el cambio en la impedancia acústica (potencia de salida del transductor) con densidades objetivo variables, se adoptaron placas perforadas de tamaños de orificio variables (y, por ende, áreas de superficie variables) y se ubicaron delante del diafragma de funcionamiento de los transductores ubicados dentro de una matriz de transductores sumergida en un medio acuoso.

30 Se apreciará que las placas perforadas con tamaños de orificio variables se diseñaron para simular densidades objetivo variables, como se observaría en situaciones donde se utilice el sistema de la invención para determinar la concentración (es decir, la densidad) de sólidos en suspensión en un medio acuoso. Un ejemplo práctico de dónde se utilizaría un sistema de este tipo es en los sistemas de flotación por espuma que se utilizan generalmente en el procesamiento de minerales, en donde la lechada es un sistema dinámico en el que la concentración de sólidos en suspensión (es decir, la densidad de sólidos) cambia con el tiempo.

35 La prueba se realizó en un tanque de dimensiones H: 600 cm x W: 500 cm x D: 400 cm que se llenó de agua y se equipó con una matriz lineal de tres transductores (como se muestra en, por ejemplo, la figura 2). No se realizó aireación del tanque.

40 Los transductores acústicos se calibraron a 90 W en agua limpia ajustando el nivel de tensión de excitación. Cada ejecución de prueba se realizó con una placa perforada diferente que tenía un tamaño de orificio específico (y, por ende, densidad de área de superficie/sólida simulada). Cada placa se sumergió en agua y se ubicó delante del diafragma de funcionamiento de los transductores acústicos. En cada ejecución de funcionamiento, se garantizó que la placa perforada cubriera completamente el diafragma de funcionamiento de cada transductor.

Se observaron los siguientes resultados:

Placa n.º	% de Área de superficie		Cambio medido en la potencia (W) promedio
	Cerrada	Abierta	
1	23	77	116
2	42	58	133
3	60	40	142
4	80	20	160

45 Como lo demuestran los resultados anteriores, se observa un aumento en la salida de potencia del transductor a

medida que el % de área de superficie de la placa perforada (es decir, densidad de sólidos simulada) aumenta.

Prueba 1(b) - prueba a pequeña escala en presencia de aireación media

Se repitió la Prueba 1(a), esta vez, en presencia de aireación con el fin de determinar el efecto, si lo hubiera, de la presencia de burbujas de gas en el nivel de salida de potencia de los transductores con densidad de sólidos variable.

5 El caudal de aireación se redujo inicialmente al caudal más bajo posible y luego se aumentó progresivamente hasta el caudal máximo.

Cada placa perforada (1 a 4 - véase la Prueba 1(a)) fue probada en cada nivel de aireación y se obtuvieron resultados similares a los obtenidos en la Prueba 1(a) con un cambio de $\pm 1\%$ en la salida de potencia promedio (W) observada de caudal de aireación mínimo a caudal de aireación máximo para todas las placas 1 a 4. Esto demuestra que el sistema y el método de la presente invención son independientes de, o no se ven afectados por, la presencia de burbujas de gas durante la aireación del medio.

10

Prueba experimental 2 - Medición del cambio en la impedancia reflectante acústica (salida de potencia del transductor) con cambio en la densidad de sólidos en suspensión (suelo) dentro de un medio acuoso

La prueba se realizó en un tanque de aireación de dimensiones de 3 m de alto y 1,5 m de diámetro que se llenó de agua y se equipó con una matriz lineal de tres transductores. Se realizó una aireación media del tanque. La aireación se realizó utilizando unos filtros sinterizados que produjeron una concentración de burbujas de <3 mm. No se midieron caudales de aire.

15

Los transductores acústicos se calibraron a 90 vatios en agua limpia ajustando el nivel de tensión de excitación y con tasas de aireación que variaban de aireación mínima a máxima, se obtuvieron resultados similares con las placas perforadas en comparación con La Prueba Experimental 1.

20

A medida que los sólidos se introducían gradualmente en el líquido del tanque, se midieron los cambios en la potencia suministrada a los transductores y una correlación similar del material sólido en suspensión en comparación con la potencia de entrada a los transductores que funcionaban a una tensión y una frecuencia fijas y conocidas.

Los sólidos (partículas de suelo) se asientan progresivamente de la suspensión con el tiempo, la potencia de entrada promedio para hacer funcionar los transductores disminuyó, proporcionando de este modo claramente una confirmación adicional de una correlación entre la densidad de sólidos en suspensión y la potencia promedio del transductor (W).

25

Prueba experimental 3: Medición del cambio en el nivel de potencia con cambio en la densidad de sólidos en suspensión

La prueba se realizó en un recipiente de dimensiones (600 x 400 x 260 mm) utilizando el aparato de la presente invención que incluye tres transductores de 20 kHz estándar.

30

La prueba se realizó en 25 litros de agua utilizando una concentración de sólidos en suspensión que variaba entre 0% y 46% (p/v) que cubría el intervalo de concentración de sólidos en suspensión que se observa habitualmente en las celdas de flotación industriales (es decir, aproximadamente de 20% a 40% (p/v) con una carga de sólidos óptima de aproximadamente 30% a aproximadamente 40% (p/v)).

35

Se mantuvo una mezcla uniforme de los contenidos a lo largo del recipiente con el uso de 2 agitadores de alta velocidad controlados a un RPM apropiado con el fin de mantener los sólidos en suspensión en el intervalo de concentración probado.

Tierra de diatomeas (de grado alimenticio, 200 micrómetros) se adoptó como sólidos en suspensión durante la prueba (consúltense los resultados de la Prueba 3(a)). Se realizaron pruebas adicionales utilizando tierra de diatomeas de grado alimenticio con un tamaño de partícula de 500 micrómetros (consúltense los resultados de la Prueba 3(b)).

40

Se eligió tierra de diatomeas de grado alimenticio (200 y 500 micrómetros) para las pruebas ya que este material está libre de impurezas y su comportamiento y sus características se aproximan a los de las partículas de cobre, oro y níquel que se observan habitualmente en las celdas de flotación de los procesos de minería industriales. Los tamaños de partícula seleccionados también cubren el intervalo de tamaño de partícula que se observa habitualmente en las celdas de flotación de los procesos de minería industriales.

45

Prueba 3(a) con tierra de diatomeas de grado alimenticio (200 micrómetros)

Mientras se agitaban los contenidos del recipiente a un 0% (p/v) de sólidos en suspensión, los transductores acústicos se calibraron en un punto de ajuste inicial de 82 vatios.

Se probaron incrementos de uno por ciento (250 g) de tierra de diatomeas pesando cada lote y midiendo la potencia de salida promedio de tres pulsos de muestra de los transductores. Se observaron los siguientes resultados:

50

% de Sólidos (p/v)	Vatios medidos (promedio de tres pulsos)
0	82
1	93
2	96
3	98
4	99
5	101
6	103
7	104
8	105
9	107
10	110

Prueba 3(b) con tierra de diatomeas de grado alimenticio (200 micrómetros)

Se llevaron a cabo pruebas adicionales en las que la concentración de sólidos en suspensión dentro del recipiente se incrementó progresivamente en incrementos de 4% (p/v) (1000 g).

5 Tierra de diatomeas (de grado alimenticio, 500 micrómetros) se adoptó como sólidos en suspensión durante esta prueba adicional. Todos los demás parámetros fueron los mismos que para la Prueba 3(a).

Se observaron los siguientes resultados con esta prueba adicional (Prueba 3(b)):

% de Sólidos (p/v)	Vatios medidos (promedio de tres pulsos)
14	117
18	126
22	133
26	144
30	152
34	159
38	167
42	171
46	176

10 Por consiguiente, como demuestran los resultados de las Pruebas 3(a) y 3(b), existe una tendencia observable y repetible entre la concentración de sólidos en suspensión y la potencia medida (W) tras la transmisión de un pulso acústico de frecuencia fija acústico, a través de la lechada. En particular, a medida que aumenta la concentración de sólidos en suspensión de la lechada, se observa un aumento correspondiente en la potencia medida (W).

Se apreciará que este método de medición y la tendencia observable entre la concentración de sólidos en suspensión y la salida de potencia medida (W) pueden proporcionar a las empresas mineras y similares ventajas en el control del funcionamiento de su celda de flotación, o cualquier recipiente en el que se vaya a medir la concentración de sólidos en suspensión.

15 Por consiguiente, el sistema y el método de la invención no solo son capaces de proporcionar resultados que son indicativos de una mayor concentración de sólidos en suspensión dentro de un recipiente de flotación (o similar), sino que también son un sistema con autolimpieza debido a la capacidad de inducir cavitación en la mezcla (lechada), lo cual es deseable desde una perspectiva de eficiencia de funcionamiento y de procesamiento.

20 En las realizaciones, el sistema y el método de la invención no se ven afectados sustancialmente por la presencia de medio gaseoso dentro de la lechada.

En las realizaciones, el sistema y el método permiten el muestreo continuo de los sólidos en suspensión y permiten la retroalimentación automática al tanque de dosificación de reactivos para la adición/sustracción de agua para

proporcionar una concentración de sólidos promedio deseada constante (30-40% p/v).

Las realizaciones del sistema son adecuadas para su uso en las duras condiciones que existen habitualmente en el procesamiento de minerales y también son adecuadas para su uso en todos los minerales de sulfuros en el proceso de celda de flotación.

- 5 Cualquier referencia a una técnica anterior en esta memoria descriptiva no es, y no se debería tomar como, un reconocimiento, ni una sugerencia, de que la técnica anterior forme parte del conocimiento general común.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para determinar la concentración de un componente objetivo en una mezcla, incluyendo el aparato:
al menos un transductor acústico (12) ubicado dentro de la mezcla: un controlador (42) que genera una señal para el
al menos un transductor acústico que genera una señal acústica en la mezcla, que funciona a una tensión y una
5 frecuencia fijas y transmitiendo la misma hacia el componente objetivo dentro de la mezcla, en donde la señal acústica
se genera con un nivel de potencia conocido; y
un procesador para medir el cambio en el nivel de potencia del al menos un transductor acústico que se requiere para
mantener el al menos un transductor acústico a la tensión y la frecuencia fijas a medida que la señal acústica se
transmite a través de la mezcla, en donde la magnitud del cambio en el nivel de potencia del al menos un transductor
10 acústico determina la concentración del componente objetivo en la mezcla.
2. Un aparato según la reivindicación 1, que incluye dos o más transductores ubicados en una matriz lineal.
3. Un aparato según la reivindicación 2, donde la al menos una matriz incluye una pluralidad de matrices conectables
entre sí para formar una matriz extendida.
4. Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde, cuando dos o más transductores
15 están ubicados en la mezcla, el nivel de potencia medido es el nivel de potencia promedio de los dos o más
transductores.
5. Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el controlador está programado
para controlar dos o más transductores para generar una señal acústica, en donde la potencia de las dos o más
señales acústicas es la potencia promedio calculada de las dos o más señales.
- 20 6. Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el controlador está programado
para generar una señal para el al menos un transductor tras la entrada de un comando externo que genera una señal
acústica para su transmisión a la mezcla.
7. Un aparato según la reivindicación 6, en donde el controlador está programado para controlar la al menos una señal
para generar una señal acústica periódica.
- 25 8. Un aparato según las reivindicaciones 6 o 7, en donde el controlador está programado para controlar la al menos
una señal para generar una señal acústica continua.
9. Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el componente objetivo son sólidos
en suspensión y el aparato está configurado para medir la concentración de sólidos en suspensión en un intervalo de
aproximadamente 20% a aproximadamente 65% (p/v).
- 30 10. Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el aparato se utiliza para
determinar una concentración de sólidos en suspensión dentro de un medio líquido, en donde el cambio en el nivel de
potencia no se ve afectado sustancialmente por la presencia de un medio gaseoso dentro del medio líquido.
11. Un sistema de control configurado para determinar la concentración de un componente objetivo dentro de una
mezcla, incluyendo el sistema un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes y uno o más
35 controladores adicionales, en donde el aparato genera una señal de control representativa de la concentración del
componente objetivo, utilizándose dicha señal de control para controlar el uno o más controladores adicionales.
12. Un método para determinar la concentración de un componente objetivo en una mezcla, incluyendo el método las
etapas de:
generar una señal para al menos un transductor acústico generando, por tanto, una señal acústica y controlando la
40 potencia de la señal acústica, funcionando dicho transductor a una tensión y una frecuencia fijas;
medir el cambio en el nivel de potencia del al menos un transductor acústico (12) que se requiere para mantener el al
menos un transductor acústico a la tensión y la frecuencia fijas a medida que la señal acústica se transmite a través
de la mezcla; en donde
la detección de un cambio en el nivel de potencia de al menos una señal acústica es indicativa de la presencia del
45 componente objetivo en la mezcla; y, en donde
la magnitud del cambio en el nivel de potencia de la al menos una señal acústica determina la concentración del
componente objetivo en la mezcla.
13. Un método según la reivindicación 12, en donde la mezcla está contenida dentro de un tanque de flotación que
incluye una capa de líquido en la parte más inferior, una capa de espuma intermedia y una capa gaseosa en la parte
50 más superior, en donde el uno o más transductores están sumergidos dentro de la capa de líquido en la parte más

inferior de la mezcla.

14. Un método según la reivindicación 12 o 13, en donde el cambio en el nivel de potencia del al menos un transductor acústico no se ve afectado sustancialmente por la presencia de medio gaseoso dentro del medio líquido.

5 15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde se observa una relación sustancialmente lineal entre la concentración del componente objetivo en la mezcla y el nivel de potencia medido del uno o más transductores acústicos.

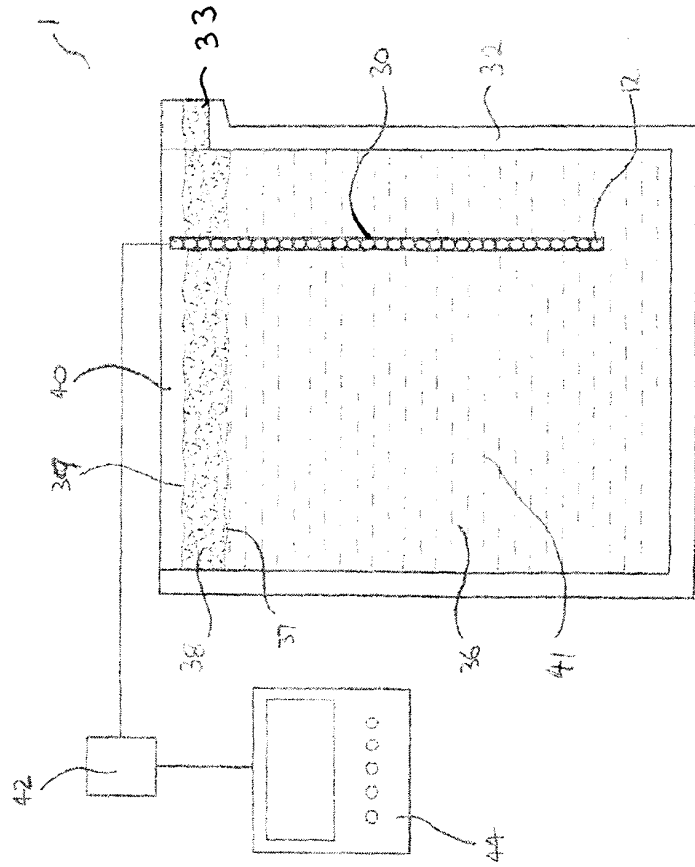


FIG. 1

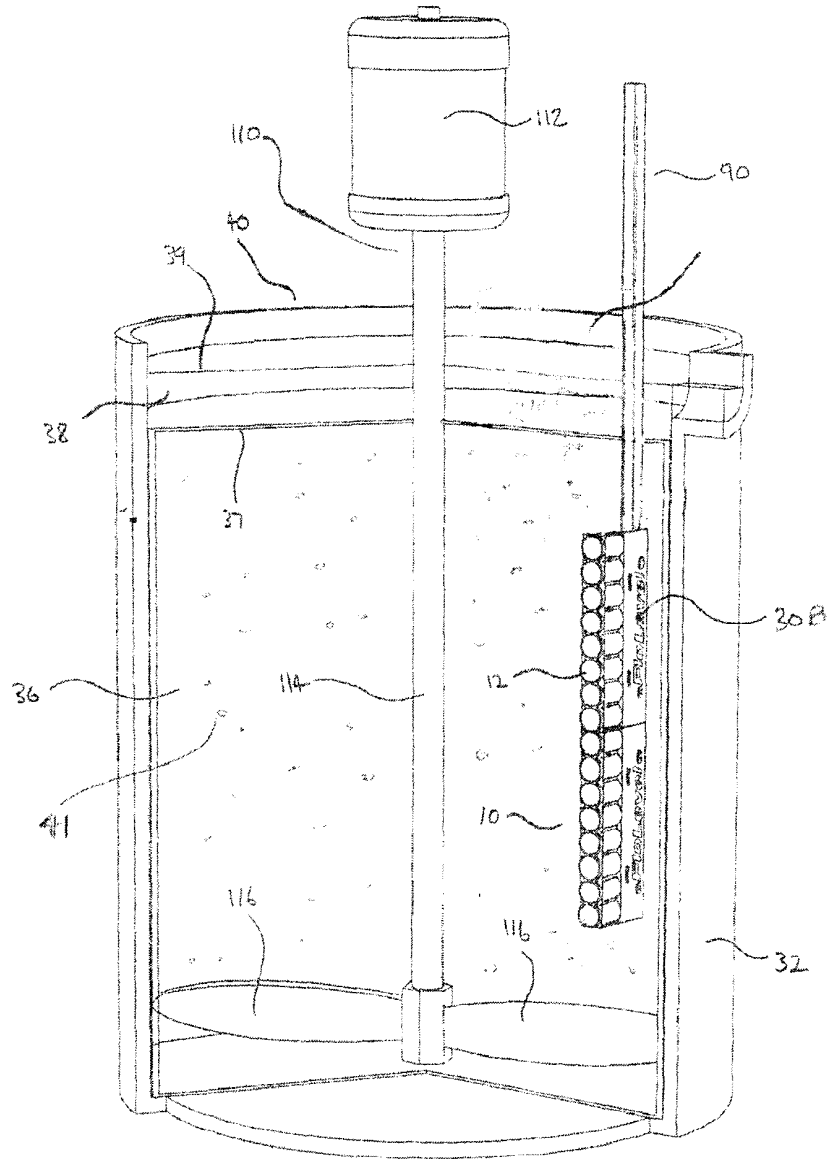


FIG. 2

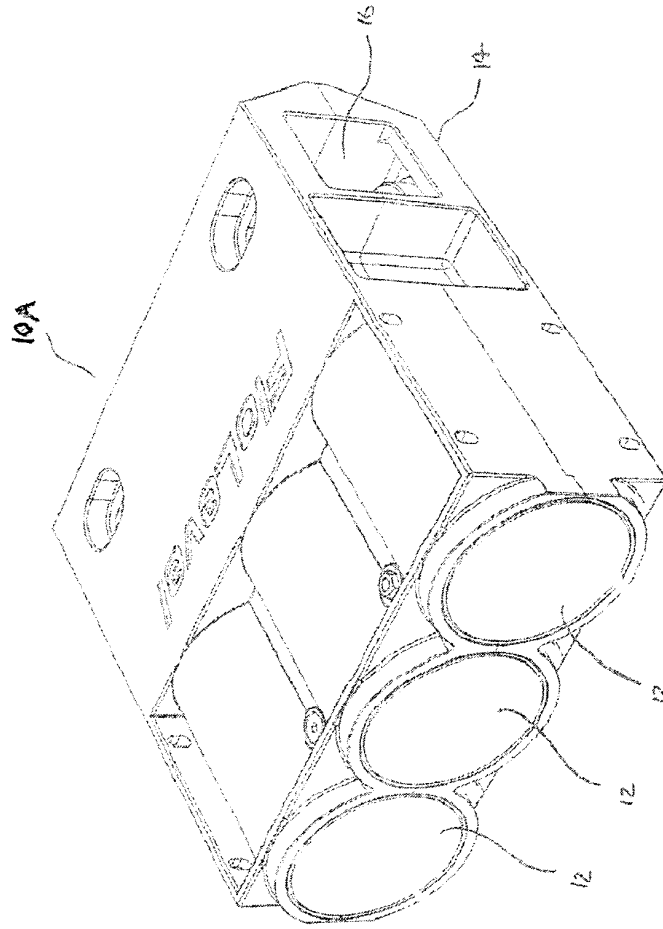


FIG. 3

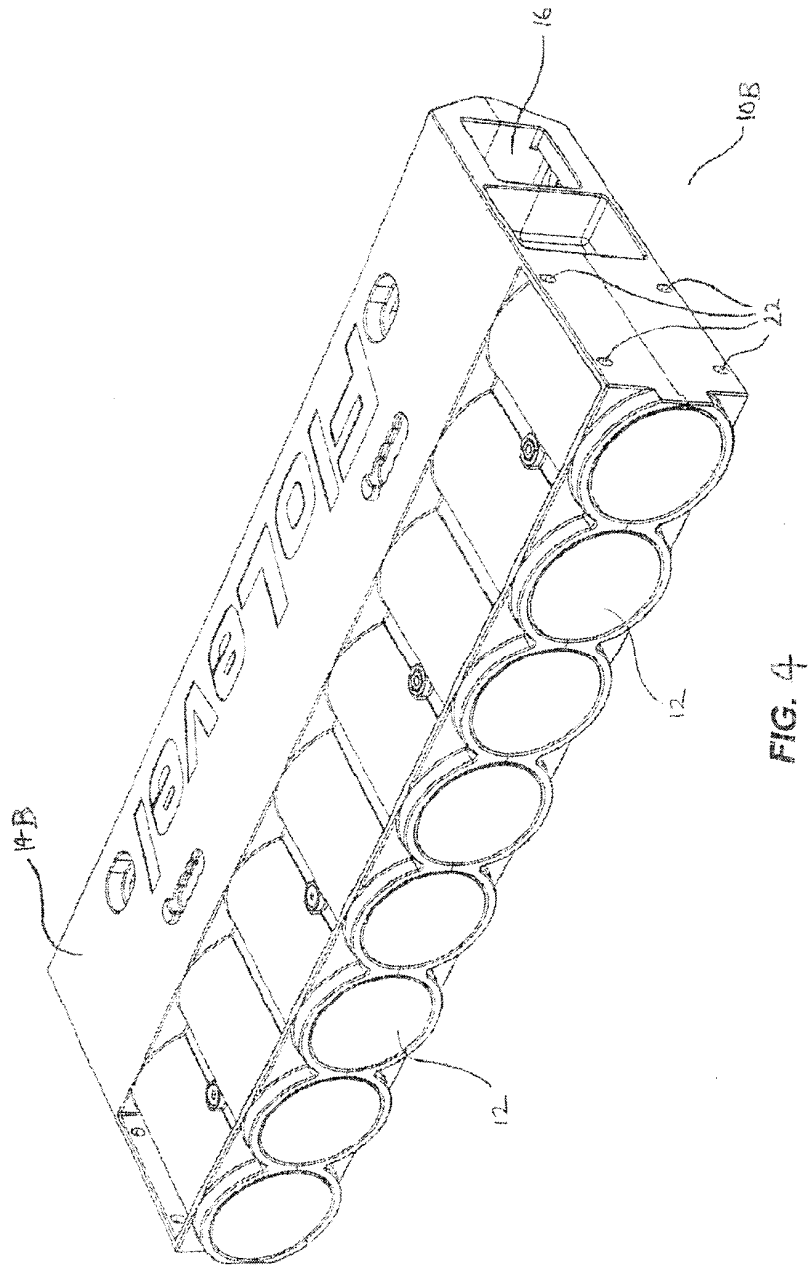


FIG. 4

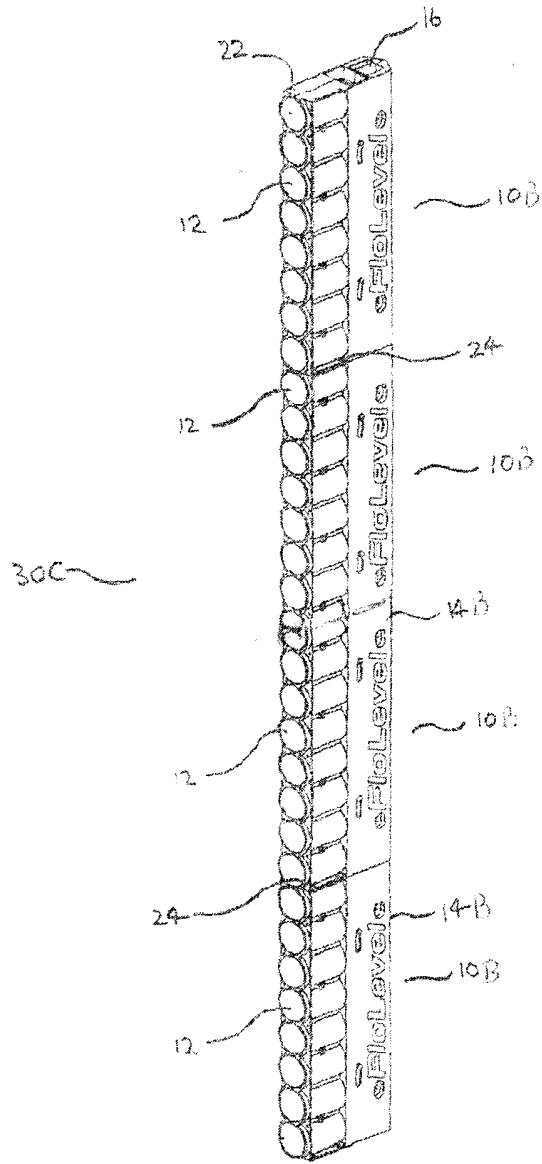


FIG. 5