

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 720**

51 Int. Cl.:  
**B03C 1/025** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02700029 .8**  
96 Fecha de presentación: **15.02.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1368127**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.12.2003**

54 Título: **Aparato y procedimiento para inducir magnetismo**

30 Prioridad:  
**16.02.2001 AU PR311801**  
**16.02.2001 AU PR312001**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.10.2012**

73 Titular/es:  
**AUSMETEC PTY LTD (100.0%)**  
**Unit 47, 176 South Creek Road**  
**Cromer NSW 2099, AU**

72 Inventor/es:  
**LUMSDEN, BARRY y**  
**MINER, ROBERT**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 389 720 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**

Aparato y procedimiento para inducir magnetismo.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un aparato y un procedimiento para inducir magnetismo en una corriente fluida de material en partículas para facilitar la separación subsiguiente de parte del material magnetizado.

**Técnica antecedente**

10 En la técnica se conocen dispositivos para inducir un campo magnético en una suspensión magnetizable en partículas magnetizable, tal como los del documento FR 2582232, y se han aplicado para coagular partículas finas. Específicamente, el documento FR 2582232 describe un filtro magnético. Este no es un dispositivo de  
 15 preconicionamiento. En este caso hay una separación de productos de corrosión arrastrados en un líquido que se separan mediante una capa de filtración. Antes de entrar en un depósito de sedimentación para la separación, la suspensión en partículas de este tipo se puede pasar a través de un recipiente en el que se aplica un campo magnético. Las partículas magnetizables llegan a magnetizarse y subsiguientemente se auto-atraen. Estas partículas que se auto-atraen pueden sedimentarse a continuación bajo la influencia de la gravedad a la región del  
 20 fondo del depósito más deprisa de lo que lo habrían hecho como partículas individuales, sin necesidad de usar coagulante químico ni reactivos de floculación. Un procedimiento de este tipo es útil para retirar partículas finas que generalmente no se separan rápida ni fácilmente bajo la influencia de la gravedad.

El aparato para un procedimiento de este tipo comúnmente hace uso de un campo magnético de gradiente bajo que tiene una pequeña velocidad de cambio de intensidad magnética. Este tipo de campo magnético reduce la tendencia  
 25 de las partículas magnetizadas a moverse hacia los polos del imán o los imanes que se usan para crear el campo magnético.

**Resumen de la invención**

La presente invención proporciona un aparato para inducir magnetismo en una corriente fluida de un material de  
 30 alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido, en uso para preconicionar la corriente fluida para un subsiguiente procedimiento de separación en una etapa separada, incluyendo el aparato:

- una cámara de tratamiento; caracterizada dicha cámara de tratamiento porque tiene una entrada y una salida a través de las cuales la corriente fluida, que incluye dicho material de alimentación en partículas  
 35 parcialmente magnetizables, respectivamente, entra y sale de la cámara; y
- una fuente magnética capaz de ser activada selectivamente con respecto a la cámara de tratamiento,

de tal manera que, cuando se activa, la fuente magnética induce magnetismo al menos en parte del material de alimentación en partículas dentro de la cámara.

Un aparato de este tipo permite la introducción de un campo magnético de gradiente alto para magnetizar  
 35 eficazmente las partículas tanto fuertemente como débilmente magnéticas para subsiguiente retirada mediante sedimentación u otras técnica. Cuando la fuente magnética se activa tanto las partículas fuertemente como débilmente magnéticas son atraídas hacia esa fuente magnética y llegan a magnetizarse, al menos en parte. Cuando la fuente magnética se desactiva, la corriente fluida de material de alimentación disipa los depósitos de material magnetizado de alrededor de la fuente para reducir la posibilidad de restricciones de flujo.

Si se utilizara un campo magnético de gradiente alto en el aparato conocido, las partículas magnéticas serían  
 40 atraídas fuertemente a los polos magnéticos en los que se recogerían, restringiendo el flujo de material en partículas suspendidas en el interior o a través del recipiente.

Adicionalmente, un campo magnético de gradiente bajo tiene una capacidad reducida para magnetizar partículas  
 45 débilmente magnéticas tales como las partículas paramagnéticas. En una mezcla de partículas fuertemente magnéticas (tales como las partículas ferromagnéticas) y partículas paramagnéticas un campo magnético de gradiente bajo probablemente magnetizará con eficacia solamente las partículas fuertemente magnéticas para subsiguiente retirada por sedimentación. Aun cuando podría ser preferible un campo magnético de gradiente alto para magnetizar las partículas tanto fuertemente como débilmente magnéticas, es probable que surjan en el aparato conocido los problemas anteriormente mencionados de reducción de la eficacia de los imanes, así como restricción  
 50 o bloqueo de flujo en el recipiente y limiten por tanto el uso de un campo magnético de este tipo para una finalidad de este tipo.

Preferiblemente, la activación de la fuente magnética implica que se mueva esa fuente dentro y fuera de la proximidad a la cámara.

Preferiblemente, la fuente magnética se monta en un medio movible que hace que la fuente magnética se mueva

alternativamente dentro y fuera de la proximidad a la cámara de tratamiento. La más preferiblemente el medio móvil es un émbolo.

Preferiblemente la cámara de tratamiento tiene forma de anillo, teniendo una cavidad alargada interna en la que se puede recibir alternativamente la fuente magnética.

5 Preferiblemente, una cara interior de la cámara de tratamiento, que linda con la cavidad alargada interna, tiene una membrana expandible situada sobre la misma, cuya expansión y contracción sirve para desprender el material de alimentación en partículas que se pueda adherir a la cavidad alargada interna.

10 Preferiblemente, la membrana está hecha de material elastómero que es expandible o contraíble por la respectiva introducción o retirada de un fluido desde el espacio entre la membrana, y esa parte de la cara interior de la cámara de tratamiento que linda con la cavidad alargada interna.

Preferiblemente, la cámara de tratamiento tiene una entrada de fluido a través de la que se puede introducir un fluido en el líquido para ayudar a la suspensión del material de alimentación en partículas en ese líquido.

15 Preferiblemente, la entrada de fluido está conectada a un tubo flexible que se sitúa internamente en la cámara de tratamiento, siendo el tubo capaz de moverse flexiblemente dentro de la cámara cuando se hace pasar el fluido a través del mismo para facilitar la suspensión del material de alimentación en partículas en el líquido.

20 Preferiblemente, el material de alimentación en partículas incluye partículas paramagnéticas y ferromagnéticas. La alimentación también puede incluir partículas diamagnéticas o no magnéticas (por ejemplo gangas de minerales). Preferiblemente, las partículas paramagnéticas incluyen al menos un mineral de sulfuro que contiene cobre, cinc u otro metal de transición. También es paramagnético el metal de platino y paladio y puede estar presente en el material de alimentación. Lo más preferiblemente los materiales en partículas paramagnéticos incluyen al menos uno del grupo que incluye mineral de esfalerita contaminada con hierro, arsenopirita, casiterita o calcopirita.

25 Preferiblemente, el aparato para magnetizar una porción de un material de alimentación, incluyendo el aparato dicha cámara de tratamiento y dicha fuente magnética selectivamente activable con respecto a la cámara de tratamiento para inducir magnetismo en la porción de modo que facilite la subsiguiente separación en una etapa separada de una fracción de material de alimentación más débilmente magnético de una fracción de material de alimentación más fuertemente magnético. El material de alimentación puede incluir también un componente de ganga diamagnético o no magnético.

30 Preferiblemente, la fracción de material de alimentación más débilmente magnético incluye principalmente partículas paramagnéticas y la fracción de material de alimentación más fuertemente magnético incluye principalmente partículas ferromagnéticas.

La presente invención también proporciona un aparato para inducir magnetismo en una corriente fluida de tal manera que, cuando se activa durante el uso, la fuente magnética induce magnetismo al menos en una porción del material de alimentación en partículas en la cámara, mientras que se mantenga esa porción en la corriente fluida en la cámara de tratamiento.

35 La presente invención proporciona un procedimiento para inducir magnetismo en una corriente fluida de un material de alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido, en uso para preacondicionar la corriente fluida para un subsiguiente procedimiento de separación en una etapa separada, caracterizado porque el procedimiento incluye las etapas de:

- 40
- pasar la corriente fluida, que incluye dicho material de alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables, a través de una cámara de tratamiento; y
  - activar selectivamente una fuente magnética con respecto a la cámara de tratamiento,

de tal manera que, cuando se activa, la fuente magnética induce magnetismo al menos en parte del material de alimentación en partículas situado dentro de la cámara.

45 Un procedimiento de este tipo permite la introducción de un campo magnético de gradiente alto para magnetizar eficazmente las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas para subsiguiente retirada mediante sedimentación u otras técnicas. Cuando la fuente magnética se activa tanto las partículas débilmente como fuertemente magnéticas son atraídas hacia esa fuente magnética y llegan a magnetizarse, al menos en parte. Cuando la fuente magnética se desactiva, la corriente fluida de material de alimentación disipa los depósitos de material magnetizado de alrededor de la fuente para reducir la posibilidad de restricciones de flujo.

50 Preferiblemente, la activación de la fuente magnética implica que se mueva esa fuente dentro y fuera de la proximidad a la cámara de tratamiento.

Preferiblemente, al menos parte del material de alimentación magnetizable es paramagnética, haciendo el magnetismo inducido que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas lleguen a agregarse en

la corriente fluida de líquido.

5 Preferiblemente, el procedimiento para magnetizar una porción de dicho material de alimentación, incluyendo la porción fracciones de material que tienen un intervalo de susceptibilidades magnéticas, incluyendo el procedimiento las etapas de pasar la alimentación a través de una cámara de tratamiento y activando selectivamente dicha fuente magnética con respecto a la cámara de tratamiento para inducir magnetismo en la porción de modo que se facilite la subsiguiente separación en una etapa separada de una fracción de material de alimentación más débilmente magnético de una fracción de material de alimentación más fuertemente magnético.

10 Preferiblemente, el procedimiento también incluye la etapa de separar subsiguientemente la fracción de material de alimentación débilmente magnetizado de la fracción de material de alimentación más fuertemente magnetizado mediante un procedimiento de separación por flotación. Lo más preferiblemente, el procedimiento de separación por flotación recupera el material de alimentación débilmente magnetizado en una fase de espumación.

Preferiblemente, la fracción de material de alimentación más débilmente magnético incluye principalmente partículas paramagnéticas y la fracción de material de alimentación más fuertemente magnético incluye principalmente partículas ferromagnéticas, así como algunas partículas de ganga diamagnéticas o no magnéticas.

15 Preferiblemente, al menos parte del material de alimentación magnetizable es paramagnético, haciendo el magnetismo inducido que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas lleguen a agregarse en la corriente fluida de líquido.

20 Preferiblemente, el procedimiento para inducir magnetismo en una corriente fluida de un material de alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido es tal que, cuando se activa durante el uso, la fuente magnética induce magnetismo al menos en una porción del material de alimentación en partículas en la cámara, mientras que se mantenga esa porción en la corriente fluida en la cámara de tratamiento.

**Modos de llevar a cabo la invención**

25 En una realización preferida, la presente invención proporciona un aparato 10 para inducir magnetismo en una corriente fluida 12 de un material de alimentación 14 en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido. El material de alimentación incluye típicamente una mezcla de partículas paramagnéticas y ferromagnéticas presentes con otros minerales de ganga no magnéticos o diamagnéticos en suspensión en agua. Los materiales en partículas paramagnéticas requieren habitualmente un campo magnético de gradiente alto para llegar a magnetizarse. Algunos minerales de sulfuro que contienen cobre (tal como calcopirita), cinc (tal como esfalerita contaminada con hierro) u otros metales de transición son paramagnéticos. Los materiales en partículas ferromagnéticas incluyen minerales de óxido de hierro (tales como magnetita) y partículas de hierro metálico (por ejemplo del desgaste de los medios de trituración).

30 Con referencia al dibujo, el aparato 10 incluye una cámara de tratamiento en forma de un recipiente 16 que tiene forma de anillo con una entrada por la parte superior 18 y una salida por la parte inferior 20 por las cuales puede fluir una corriente fluida de la mezcla mineral anteriormente mencionada, respectivamente, entrando y saliendo del recipiente 16 con cierto tiempo de residencia en el mismo. El aparato también se puede usar en modo "por lotes" y no requiere una corriente fluida continua de la mezcla de mineral en suspensión.

35 El recipiente de la cámara incorpora una cavidad alargada central 22. Una fuente magnética es capaz de ser activada selectivamente para que induzca magnetismo al menos en parte del material de alimentación en partículas 14 situado en el recipiente 16 mediante movimiento de la fuente magnética dentro y fuera de la proximidad al recipiente 16. En una realización preferida, la fuente magnética es al menos un imán permanente montado sobre un medio movable en forma de un émbolo que está conectado a un motor de manera que el émbolo se puede mover alternativamente dentro y fuera de la cavidad 22. En una realización preferida, el émbolo 24 es de forma cilíndrica, teniendo un diámetro de aproximadamente 300 milímetros y está provisto de cierto número de imanes permanentes encastrados 26 que son de forma cuadrada y tienen una dimensión de 50 milímetros de lado, hechos de neodimio u otros materiales. El diámetro de la cavidad 22 en el recipiente 16 es de 800 milímetros.

40 En realizaciones adicionales, los imanes permanentes pueden ser de cualquier forma, tamaño, o material y el émbolo no necesita ser cilíndrico, sino que puede ser de sección transversal cuadrada o triangular por ejemplo, y de cualquier longitud total. Los medios por los que el émbolo se mueve alternativamente con respecto al recipiente pueden incluir cualquier tipo de impulsor que incluye una leva, un resorte, un cilindro de aire (28, como se ilustra) o un eje que puede girar excéntricamente, etc.

45 En realizaciones todavía adicionales, el movimiento relativo del recipiente y la fuente magnética no necesita implicar a un émbolo que es recibido en una cavidad de un recipiente. La fuente magnética solamente necesita ponerse en la proximidad al recipiente, por ejemplo moviéndose cerca de un lado del recipiente de modo que un campo magnético pueda magnetizar los materiales en partículas situados en el recipiente. En otras realizaciones el propio recipiente se puede mover en relación con un imán fijo. El recipiente puede ser de cualquier forma, tamaño y orientación particulares para facilitar que la fuente magnética llegue a la proximidad al contenido del recipiente.

5 El aparato 10 descrito permite la introducción de un campo magnético de gradiente alto para magnetizar eficazmente las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas 14 para subsiguiente retirada de todos los materiales en partículas mediante sedimentación por gravedad potenciada o separación de las partículas débilmente magnéticas mediante técnicas tales como la flotación. Cuando el émbolo 24 que lleva los imanes 26 se mueve dentro de la cavidad 22 del recipiente 16, las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas 14 son atraídas y migran hacia la porción de la cara interior del recipiente 16 que linda con la cavidad alargada interna 22. Las partículas llegar a magnetizarse entonces, al menos en parte. Cuando el émbolo 24 que lleva los imanes 26 se mueve fuera de la cavidad 22, los depósitos de material en partículas magnetizado 14 no se mantienen más en la cara interior por atracción magnética y se disipan en su mayoría por la corriente fluida 12 del material de alimentación en el recipiente 16. Dependiendo de la situación y orientación de las acometidas de entrada y salida, el contenido del recipiente puede desarrollar un movimiento de fluido en torbellino (ilustrado en el dibujo mediante una flecha en el recipiente 16). La disipación de sólidos puede reducir la posibilidad de que se desarrollen restricciones de flujo en el recipiente y mejorar la eficacia de los imanes.

15 En realizaciones todavía adicionales, una fuente magnética se puede activar selectivamente para que induzca magnetismo en al menos parte del material de alimentación en partículas situado en el recipiente mediante el uso de uno o más electroimanes situados proximales al recipiente. El suministro de corriente eléctrica al electroimán o electroimanes se puede encender y apagar repetidamente para proporcionar el mismo efecto que si se moviera un imán permanente dentro y fuera de la proximidad al recipiente. En realizaciones todavía adicionales, el campo de un imán permanente se puede apartar o bloquear moviendo una barrera de campo magnético entre el imán permanente y el recipiente que contiene los materiales en partículas magnetizables.

20 El ciclo o frecuencia de movimiento de la fuente magnética se puede iniciar mediante un dispositivo temporizador o mediante sensores que detectan la masa de partículas acumuladas 30. La medición de esta masa se puede hacer determinando la interferencia con el campo magnético o midiendo la resistencia al flujo de la suspensión en partículas cuando aumenta la masa de partículas 30.

25 En la realización preferida que se muestra en el dibujo, la cara interior del recipiente 16 que linda con la cavidad alargada interna 22 tiene una membrana de caucho 32 delgada, expandible situada sobre la misma. Esta membrana 32 se puede expandir y subsiguientemente contraer por la respectiva introducción o retirada de un gas tal como aire desde el espacio 34 entre la membrana 32 y la parte de la cara interior del recipiente que linda con la cavidad alargada interna 22. El movimiento del exterior de la membrana 32 sirve para ayudar al desprendimiento de material de alimentación en partículas 30 que se puede estar adherido a la cavidad alargada interna 22 de modo que estos materiales en partículas se pueden disipar por la corriente fluida 12 de material de alimentación en el recipiente 16. En realizaciones adicionales, la membrana no necesita estar colocada sobre toda la cara interior de la cámara de tratamiento que linda con la cavidad alargada interna 22 y puede estar cubriendo solo parcialmente esa cara. En realizaciones todavía adicionales de la invención en las que el recipiente es de forma diferente, la membrana flexible puede estar colocada en cualquier otra posición sobre la cara interior del recipiente de modo que se extienda entre la fuente magnética y el contenido del recipiente que se ha de magnetizar mientras siga siendo capaz de expandirse y subsiguientemente contraerse mediante un flujo de gas que entra o sale del espacio entre la membrana y la cara interior del recipiente.

40 En realizaciones todavía adicionales, la membrana flexible se puede estirar o mover por otros medios tales como inyección de un fluido distinto de un gas en el espacio entre la membrana y la cara interior del recipiente o un dispositivo vibratorio, por ejemplo. La membrana no necesita estar hecha de caucho, sino que puede ser de cualquier material elastómero, por ejemplo plásticos, materiales sintéticos.

45 El recipiente de la realización preferida o de otras también se puede agitar por medios mecánicos internos o externos para facilitar la disipación del material magnético acumulado 30. Por ejemplo, se pueden usar espas mezcladoras motorizadas para agitar el contenido del recipiente. En la realización preferida que se muestra en el dibujo, la cámara de tratamiento tiene una entrada de fluido en forma de un orificio de chorro 36 a través del cual se puede introducir, en el líquido del recipiente 16, un gas tal como aire o un líquido tal como agua para ayudar a la suspensión del material de alimentación en partículas 14 en ese líquido. El gas introducido puede fluidizar cualquier material en partículas sedimentado. El orificio de chorro 36 se conecta a un extremo de un tubo flexible 38 situado en el interior del recipiente. El tubo 38 está provisto de una boquilla terminal 39. El tubo 38 se puede mover flexiblemente dentro del recipiente 16 cuando se hace pasar un gas o un fluido a través del mismo para facilitar la fluidización y suspensión de material de alimentación en partículas 14 en el líquido del recipiente 16, y funciona como un agitador aleatorio moviéndose por la base interna 40 del recipiente 16. Dicha agitación es importante para prevenir la sedimentación cuando se requiere una disminución del caudal de la suspensión en partículas a través del recipiente para aumentar el tiempo de exposición del material en partículas en suspensión 14 al campo magnético.

50 El tubo flexible 38 tiene varias ventajas sobre el uso de un solo orificio de chorro de entrada de fluido fijo. Los orificios de chorro fijos están limitados en su área de cobertura de la base 40 del recipiente y si se usan orificios de chorro que pueden pivotar mecánicamente, habitualmente incorporan cojinetes, cierres y otros componentes que se desgastan y que tienen una vida limitada en un medio acuoso y abrasivo. El tubo flexible 38 en la realización preferida barre una gran área de la base 40 del recipiente y usa menos gas o líquido introducido del que usaría un colectivo de chorros fijos. El tubo flexible 38 proporciona una gran área de barrido en la base 40 del recipiente

usando un dispositivo que no requiere cojinetes ni cierres.

5 Durante el uso, el aparato 10 se puede usar para inducir magnetismo en una corriente fluida 12 de material de alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables 14 suspendidas en un líquido. Una vez que la corriente fluida 12 (que por definición también puede incluir una secuencia de etapas de tratamiento por lotes que implican llenado, tratamiento y vaciado del recipiente) de una suspensión en partículas se hace pasar a través del recipiente 16, la fuente magnética (ya sea un electroimán o un aparato que se acciona mecánicamente tal como el de la realización preferida) se puede activar selectivamente para inducir magnetismo al menos en parte del material de alimentación en partículas 14 situado en el recipiente 16. Un procedimiento de este tipo permite la introducción de un campo magnético de gradiente alto para magnetizar eficazmente las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas para subsiguiente retirada mediante sedimentación, o separación mediante otras técnicas tales como la flotación. Cuando la fuente magnética se activa tanto las partículas débilmente magnéticas (por ejemplo paramagnéticas) como las fuertemente magnéticas (por ejemplo ferromagnéticas) son atraídas hacia esa fuente magnética y llegan a magnetizarse, al menos en parte. Cuando la fuente magnética se desactiva, la corriente fluida 12 de material de alimentación disipa la mayoría de los depósitos 30 de material magnetizado para reducir la posibilidad de restricciones de flujo en el recipiente 16.

10 En el caso de material de alimentación paramagnético, los inventores han descubierto sorprendentemente que el magnetismo inducido puede hacer que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas lleguen a agregarse en la corriente fluida de líquido. Los inventores han observado que las partículas paramagnéticas agregadas permanecen agregadas al menos durante varias horas y que las partículas agregadas pueden sobrevivir a las posteriores etapas de tratamiento en un procedimiento de separación de mineral tal como bombeo y agitación. En una alimentación con materiales en partículas de un intervalo de susceptibilidades magnéticas, se puede hacer que funcione el aparato preferido de manera que facilite la subsiguiente separación de la fracción de material de alimentación paramagnético magnetizado de la fracción de material de alimentación ferromagnético magnetizado. La fracción de alimentación paramagnética magnetizada también es separable de los minerales de ganga no magnéticos o diamagnéticos.

15 En el trabajo experimental, se usó un procedimiento de separación por flotación de varias menas de minerales finamente triturados (típicamente con 80% de las partículas de menas de un tamaño de partícula de menos de 100 micrómetros de diámetro) para separar el material de alimentación paramagnético magnetizado en una fase de espumación. Los resultados experimentales han demostrado buenos aumentos en recuperación de mineral de sulfuro mediante flotación debidos al uso de la etapa de tratamiento de magnetización antes de la etapa de flotación (véanse los resultados del Ejemplo 3 más adelante). Los inventores creen que las partículas paramagnéticas muy finas (por ejemplo <10 micrómetros de diámetro), que ordinariamente exhiben deficientes tasas de flotación y recuperaciones, una vez magnetizadas, pueden llegar a agregarse para dar un diámetro de partícula "efectivo" (coagulado) de más de 10 micrómetros. Los agregados de este tipo pueden exhibir buenas características de tasa de flotación y recuperación debidas a razones hidrodinámicas tales como mejor unión a las burbujas de aire que sube en una celda de flotación.

20 El uso de reactivos colectores de mineral de sulfuro tales como los xantatos o ditiofosfatos puede garantizar que las superficies de las partículas paramagnéticas de mineral lleguen a hacerse hidrófobas y se unan más fácilmente a la superficie de las burbujas de aire que suben en la celda de flotación. Típicamente, las partículas ferromagnéticas en una mezcla en partículas de minerales paramagnéticos y ferromagnéticos son rechazadas en un proceso de flotación (porque no tienen afinidad por los colectores de xantato o ditiofosfato) y se juntan a la ganga o los residuos. En los experimentos llevados a cabo, los reactivos colectores de mineral de sulfuro usados estaban presentes en el recipiente 16 de tratamiento de magnetización antes de cualquier etapa de flotación subsiguiente. En los experimentos en los que no se aplicó etapa de tratamiento magnético antes de la etapa de flotación, la alimentación a la flotación que contenía colector de mineral de sulfuro aun se hizo pasar a través del recipiente 16 antes de pasarse al subsiguiente aparato de flotación. El aparato de flotación usado puede comprender cualquier tipo estándar de celda de flotación agitada, columna de flotación o circuito de flotación.

25 Como ejemplo de las mejoras que este aparato y procedimiento han proporcionado sobre lo conocido en la técnica anterior, se presentan ahora los resultados experimentales que se han producido usando flotación de espumación convencional con y sin la etapa de pretratamiento de la invención.

30 El aparato de la presente puede permitir la introducción de un campo magnético de gradiente muy alto para magnetizar eficazmente las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas. Cuando se activa la fuente magnética las partículas tanto débilmente como fuertemente magnéticas son atraídas hacia esa fuente magnética y llegan a magnetizarse, al menos en parte. El aparato y los procedimientos previos no han permitido el uso de campos magnéticos de gradiente muy alto debido al problema de deposición de material de alimentación magnetizado alrededor de la fuente magnética y el bajo grado de magnetización de las partículas débilmente magnéticas. Una activación cíclica del campo magnético en una corriente fluida de una suspensión de alimentación así como el uso de la membrana flexible van a eliminar de alguna manera el problema de dicha deposición.

35 En el Ejemplo 1, se demuestra la influencia de cambiar el gradiente de campo magnético sobre la recuperación de flotación (%) y parámetros de calidad (% en peso).

**EJEMPLO 1.** El efecto de cambiar la intensidad del campo magnético sobre los datos de recuperación de la flotación subsiguiente en comparación con la ausencia de pre-tratamiento magnético.

	3000 Gauss	4500 Gauss
Aumento en la recuperación (%) de cobre por flotación con relación a la ausencia de tratamiento magnético	0,6%	0,5%
Aumento en la calidad de la flotación de cobre con relación a la ausencia de tratamiento magnético	0,2%	4,3%

5 Una medición de la mejora en el procedimiento de separación por flotación se obtiene por el aumento de la recuperación y la calidad (la pureza del concentrado mineral separado). En los resultados, mientras las intensidades de campo magnético de 0,3 T [3000 Gauss] y 0,45 T [4500 Gauss] dan una mejora efectivamente idéntica en la recuperación, hay una mejora muy grande en la pureza del cobre separado y claramente 0,45 T [4500 Gauss] es mejor que 0,3 T [3000 Gauss] a este respecto.

10 **EJEMPLO 2.** Efecto del tiempo de residencia en el campo magnético sobre la subsiguiente recuperación de cobre por flotación.

Tiempo de residencia de la suspensión en el campo magnético (minutos)	0	2	4	8
% de recuperación de cobre a concentrado de flotación	88,6	90,8	92,3	95,1

15 A partir de los resultados parece que tiempos de exposición más prolongados de partículas paramagnéticas a un campo magnético pueden producir recuperaciones mejoradas de flotación de mineral, posiblemente debido a la consecución de un mayor grado de magnetización de los minerales de valor paramagnético, y una capacidad potenciada de auto-atraerse.

**EJEMPLO 3.** Mejora conseguida con tratamiento magnético antes de flotación

% de recuperación de cinc por flotación después de tratamiento magnético	84,6
% de recuperación de cinc por flotación antes de tratamiento magnético	82,6

Estos resultados experimentales demuestran el efecto de una etapa de tratamiento de magnetización que produce un aumento beneficioso en la subsiguiente recuperación por flotación de mineral de sulfuro.

20 El recipiente y el émbolo se pueden hacer de materiales de construcción adecuados cualesquiera que se usen apropiadamente y a los que se pueda dar forma, conformar y ajustar de las maneras que se han descrito, tales como metal, aleación de metal, plásticos duros o cerámica. La membrana expandible y el tubo se pueden hacer de materiales flexibles adecuados cualesquiera que se puedan usar de la manera que se ha descrito.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (10) para inducir magnetismo en una corriente fluida (12) de un material de alimentación (14) en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido, en uso para preacondicionar la corriente fluida (12) para un subsiguiente procedimiento de separación en una etapa separada, incluyendo el aparato (10):
  - 5 (a) una cámara de tratamiento (16); caracterizada porque dicha cámara de tratamiento (16) tiene una entrada (18) y una salida (20) a través de las cuales la corriente fluida (12), que incluye dicho material de alimentación (14) en partículas parcialmente magnetizables, respectivamente, entra y sale de la cámara (16); y
  - (b) una fuente magnética (26) capaz de ser activada selectivamente con respecto a la cámara de tratamiento (16),
- 10 de tal manera que, cuando se activa, la fuente magnética (26) induce magnetismo al menos en parte del material de alimentación (14) en partículas dentro de la cámara (16).
2. Un aparato según se describe en la reivindicación 1 en el que la activación de la fuente magnética (26) implica que se mueva esa fuente dentro y fuera de la proximidad a la cámara (16).
- 15 3. Un aparato según se describe en la reivindicación 2 en el que la fuente magnética (26) se monta en un medio móvil (28) que hace que la fuente magnética (26) se mueva alternativamente dentro y fuera de la proximidad a la cámara de tratamiento (16).
4. Un aparato según se describe en la reivindicación 3 en el que el medio móvil es un émbolo (28).
5. Un aparato según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la cámara de tratamiento tiene forma de anillo, teniendo una cavidad alargada interna (22) en la que se puede recibir
- 20 alternativamente la fuente magnética (26).
6. Un aparato según se describe en la reivindicación 5 en el que una cara interior de la cámara de tratamiento (16), que linda con la cavidad alargada interna (22), tiene una membrana expandible (32) situada sobre la misma, cuya expansión y contracción sirve para desprender el material de alimentación en partículas (30) que se pueda adherir a la cavidad alargada interna (22).
- 25 7. Un aparato según se describe en la reivindicación 6 en el que la membrana (32) está hecha de material elastómero que es expandible o contraíble por la respectiva introducción o retirada de un fluido en el espacio entre la membrana (32), y esa parte de la cara interior de la cámara de tratamiento (16) que linda con la cavidad alargada interna (22).
8. Un aparato según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la cámara de
- 30 tratamiento (16) tiene una entrada de fluido (36) a través de la que se puede introducir un fluido en el líquido para ayudar a la suspensión del material de alimentación en partículas (14) en ese líquido.
9. Un aparato según se describe en la reivindicación 8 en el que la entrada de fluido (36) está conectada a un tubo flexible (38) que se sitúa internamente en la cámara de tratamiento (16), siendo el tubo (38) capaz de moverse
- 35 flexiblemente dentro de la cámara (16) cuando se hace pasar el fluido a través del mismo para facilitar la suspensión de dicho material de alimentación en partículas (14) en el líquido.
10. Un aparato según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el material de alimentación (14) incluye partículas paramagnéticas y ferromagnéticas.
11. Un aparato según se describe en la reivindicación 10 en el que las partículas paramagnéticas incluyen al menos un mineral de sulfuro que contiene cobre, cinc u otro metal de transición.
- 40 12. Un aparato según se describe en la reivindicación 10 o la reivindicación 11 en el que las partículas paramagnéticas incluyen al menos un mineral del grupo que incluye esfalerita contaminada con hierro, arsenopirita, casiterita, platino metal y paladio metal.
13. Un aparato para magnetizar una porción de un material de alimentación (14) según se describe en una
- 45 cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en el que dicha porción incluye fracciones de material que tienen un intervalo de susceptibilidades magnéticas, incluyendo el aparato dicha cámara de tratamiento y dicha fuente magnética selectivamente activable con respecto a la cámara de tratamiento para inducir magnetismo en la porción de modo que se facilite la subsiguiente separación en una etapa separada de una fracción de material de alimentación más débilmente magnético de una fracción de material de alimentación más fuertemente magnético.
- 50 14. Un aparato según se describe en la reivindicación 13 en el que la fracción de material de alimentación más débilmente magnético incluye principalmente partículas paramagnéticas y la fracción de material de alimentación más fuertemente magnético incluye principalmente partículas ferromagnéticas.

15. Un aparato para inducir magnetismo en una corriente fluida según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, de tal manera que, cuando se activa durante el uso, la fuente magnética induce magnetismo al menos en una porción del material de alimentación en partículas en la cámara, mientras que se mantenga esa porción en la corriente fluida en la cámara de tratamiento.
- 5 16. Un procedimiento para inducir magnetismo en una corriente fluida (12) de un material de alimentación (14) en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido, en uso para preacondicionar la corriente fluida (12) para un subsiguiente procedimiento de separación en una etapa separada, caracterizado porque el procedimiento incluye las etapas de:
- 10 - pasar la corriente fluida (12) que incluye dicho material de alimentación (14) en partículas al menos parcialmente magnetizables a través de una cámara de tratamiento (16); y
- activar selectivamente una fuente magnética (26) con respecto a la cámara de tratamiento (16),
- de tal manera que, cuando se activa, la fuente magnética (26) induce magnetismo al menos en parte del material de alimentación en partículas (14) situado dentro de la cámara (16).
- 15 17. Un procedimiento según se describe en la reivindicación 16 en el que la activación de la fuente magnética (26) implica que se mueva esa fuente dentro y fuera de la proximidad a la cámara de tratamiento (16).
18. Un procedimiento según se describe en la reivindicación 16 o la reivindicación 17 en el que al menos parte del material de alimentación magnetizable (14) es paramagnético, haciendo el magnetismo inducido que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas lleguen a agregarse en la corriente fluida de líquido.
- 20 19. El procedimiento según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, dicho procedimiento para magnetizar una porción de dicho material de alimentación (14), incluyendo la porción fracciones de materiales que tienen un intervalo de susceptibilidades magnéticas, incluyendo el procedimiento las etapas de pasar la alimentación a través de una cámara de tratamiento (16) y activar selectivamente dicha fuente magnética (26) con respecto a la cámara de tratamiento para inducir magnetismo en la porción de modo que se facilite la subsiguiente separación en una etapa separada de una fracción de material de alimentación más débilmente magnético de una fracción de material de alimentación más fuertemente magnético.
- 25 20. Un procedimiento según se define en la reivindicación 19 que también incluye la etapa de separar subsiguientemente la fracción de material de alimentación débilmente magnetizado de la fracción de material de alimentación más fuertemente magnetizado mediante un procedimiento de separación por flotación.
- 30 21. Un procedimiento según se define en la reivindicación 20 en el que el procedimiento de separación por flotación recupera el material de alimentación débilmente magnetizado en una fase de espumación.
22. Un procedimiento según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21 en el que la fracción de material de alimentación más débilmente magnético incluye principalmente partículas paramagnéticas y la fracción de material de alimentación más fuertemente magnético incluye principalmente partículas ferromagnéticas.
- 35 23. Un procedimiento según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22 en el que al menos parte del material de alimentación magnetizable es paramagnético, haciendo el magnetismo inducido que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas lleguen a agregarse en la corriente fluida de líquido.
- 40 24. Un procedimiento para inducir magnetismo en una corriente fluida de un material de alimentación en partículas al menos parcialmente magnetizables suspendidas en un líquido según se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 23 de tal manera que, cuando se activa durante el uso, dicha la fuente magnética induce magnetismo al menos en una porción del material de alimentación en partículas en la cámara, mientras que se mantenga esa porción en la corriente fluida en la cámara de tratamiento.

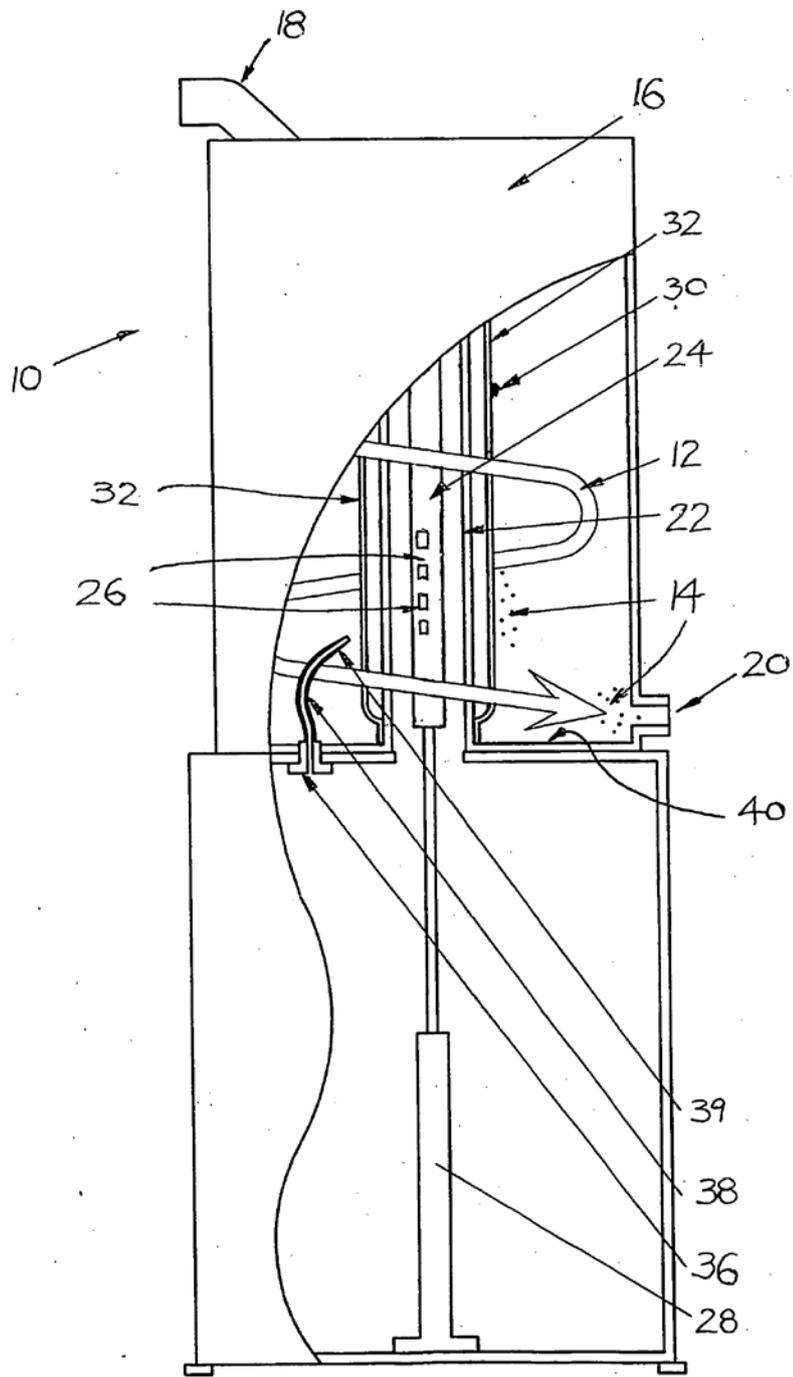


FIG. 1