

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 464**

51 Int. Cl.:

B03D 1/14 (2006.01)

B03D 1/24 (2006.01)

B03D 103/02 (2006.01)

B03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2018** **PCT/FI2018/050565**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2020** **WO20025850**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2018** **E 18928304 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024** **EP 3829774**

54 Título: **Celda de flotación.**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2025

73 Titular/es:

METSO FINLAND OY (100.00%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI

72 Inventor/es:

BOURKE, PETER;
SCHMIDT, STEVE;
RINNE, ANTTI;
TUOMINEN, JERE;
VAARNA, VALTTERI y
PELTOLA, ALEKSI

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 015 464 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

Celda de flotación.

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a una celda de flotación para separar material valioso que contiene partículas de partículas suspendidas en una suspensión y a una línea de flotación y su uso.

Antecedentes de la invención

10 US 2008/0251427 A1 divulga una celda de flotación que comprende una unidad de pulverización y un tanque de separación. La unidad de pulverización incluye un mecanismo de pulverización configurado para dispersar burbujas de gas dentro de la suspensión y una boquilla de salida para descargar la suspensión y la dispersión de burbujas en el tanque de separación.

CN 107 362 911 A divulga una celda de flotación que comprende un tanque de flotación y tubos de chorro para introducir suspensión en el tanque de flotación.

15 US 2013/0341252 A1 divulga una celda de flotación que comprende un tanque de flotación y un tubo de chorro para introducir suspensión en el tanque de flotación. El tubo de chorro comprende una boquilla de salida configurada para producir una onda de choque supersónica en la suspensión.

Resumen de la invención

La celda de flotación de acuerdo con la presente divulgación se caracteriza por lo presentado en la reivindicación 1.

20 La línea de flotación de acuerdo con la presente divulgación se caracteriza por lo presentado en la reivindicación 13.

El uso de la línea de flotación de acuerdo con la presente divulgación se caracteriza por lo presentado en la reivindicación 15.

25 Se proporciona una celda de flotación para tratar partículas suspendidas en una suspensión y para separar la suspensión en un flujo inferior y un flujo superior. La celda de flotación comprende un tanque de flotación que comprende a su vez un centro, un perímetro, un fondo sustancialmente horizontal y nivelado, y una pared lateral; y un canal de evacuación y un borde del canal de evacuación que rodean el perímetro del tanque. El tanque de flotación tiene una altura, medida como la distancia desde el fondo hasta el borde del canal de evacuación. La celda de flotación se caracteriza en que el tanque de flotación comprende además tubos de chorro para introducir la alimentación de suspensión en el tanque de flotación. Un tubo de chorro comprende una boquilla de entrada para alimentar el tubo de chorro con la alimentación de suspensión; una entrada para gas a presión, la alimentación de suspensión sometida al gas a presión a medida que se descarga de la boquilla de entrada; una cámara alargada dispuesta para recibir bajo presión la alimentación de suspensión; y una boquilla de salida configurada para restringir el flujo de la entrada de alimentación de suspensión desde la boquilla de salida, para mantener la alimentación de suspensión en la cámara alargada bajo presión, y para inducir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión a medida que sale del tubo de chorro. La boquilla de salida está situada en el interior del tanque de flotación a una distancia vertical del borde del canal de evacuación, siendo la distancia de al menos 1.5 m.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una línea de flotación. La línea de flotación comprende un número de celdas de flotación conectadas fluidamente, y se caracteriza en que al menos una de las celdas de flotación es una celda de flotación de acuerdo con la invención.

De acuerdo con un aspecto posterior de la invención, el uso de la línea de flotación de acuerdo con la invención está destinado a recuperar partículas que comprenden un material valioso suspendido en una suspensión.

45 Con la invención descrita en el presente documento, puede mejorarse la recuperación de partículas finas en un procedimiento de flotación. Las partículas pueden, por ejemplo, comprender partículas de mineral de mena tales como partículas que comprenden un metal.

50 En la flotación por espuma para mena mineral, la mejora del concentrado se dirige a un rango de tamaño de partículas intermedio entre 40 μm y 150 μm . Las partículas finas son, por tanto, partículas con un diámetro de 0 a 40 μm , y las partículas ultrafinas pueden identificarse como comprendidas en el extremo inferior del rango de tamaños de partículas finas. Las partículas gruesas tienen un diámetro superior a 150 μm . En la flotación por espuma del carbón, la mejora del concentrado se dirige a un rango de tamaño de partículas intermedio entre 40 μm y 300 μm . Las partículas finas en el tratamiento del carbón son partículas con un diámetro de 0 a 40 μm , y las partículas ultrafinas aquellas que hacen parte del extremo inferior del rango de tamaño de las partículas finas. Las partículas gruesas de carbón tienen un diámetro superior a 300 μm .

Recuperar partículas muy gruesas o muy finas es un reto, ya que, en una celda de flotación mecánica tradicional, las partículas finas no son fácilmente atrapadas por las burbujas de gas de flotación y por lo tanto pueden perderse en los relaves. Normalmente, en la flotación por espuma, el gas de flotación se introduce en una celda o tanque de flotación a través de un agitador mecánico. Las burbujas de gas de flotación así generadas tienen un rango de tamaño relativamente grande, típicamente de 0.8 a 2.0 mm, o incluso mayor, y no son particularmente adecuadas para recoger partículas que tienen un tamaño de partícula más fino.

La recuperación de partículas finas puede mejorarse aumentando el número de celdas de flotación dentro de una línea de flotación, o recirculando el material una vez flotado (flujo superior) o el flujo de relaves (flujo inferior) de vuelta al principio de la línea de flotación, o a celdas de flotación precedentes. Se puede utilizar una línea de flotación más limpia para mejorar especialmente el grado o ley, también para las partículas finas. Además, se han ideado un número de disposiciones de flotación que emplean finas burbujas de gas de flotación o incluso las denominadas microburbujas. La introducción de estas burbujas más pequeñas o microburbujas puede hacerse antes de alimentar la suspensión a la celda de flotación, es decir, las partículas de mena se someten a burbujas finas en una conexión de alimentación o similar para promover la formación de aglomerados de partículas de mena-burbujas finas, que luego pueden flotar en celdas de flotación tales como celdas de flotación flash o celdas de columna. Alternativamente, se pueden introducir burbujas finas o microburbujas directamente en la celda de flotación, por ejemplo, mediante pulverizadores que utilicen la cavitación. Este tipo de soluciones no son necesariamente viables en relación con las celdas de flotación mecánica, ya que la turbulencia causada por la agitación mecánica puede hacer que los aglomerados de partículas de mena y burbujas finas se desintegren antes de que puedan subir a la capa de espuma para ser recogidos en el flujo superior y así recuperados.

Las celdas de flotación en columna actúan como sedimentadores de tres fases en los que las partículas se mueven hacia abajo en un entorno de sedimentación obstaculizada en contracorriente con un flujo de burbujas de gas de flotación ascendente generadas por pulverizadores situados cerca del fondo de la celda. Aunque las celdas de flotación en columna pueden mejorar la recuperación de partículas más finas, el tiempo de residencia de las partículas depende de la velocidad de sedimentación, lo que puede repercutir en la flotación de partículas grandes. En otras palabras, mientras que las soluciones de flotación mencionadas pueden tener un efecto beneficioso para la recuperación de partículas finas, el rendimiento global de la flotación (recuperación de todo el material valioso, grado del material recuperado) puede verse socavado por el efecto negativo en la recuperación de partículas más grandes.

Para superar los problemas anteriores, se utilizan las denominadas celdas de flotación neumáticas, en las que el gas de flotación se introduce en un dispositivo de alto cizallamiento tal como un tubo descendente con alimentación de suspensión, creando así burbujas de gas de flotación más finas que son capaces de atrapar partículas también más finas ya durante la formación de burbujas en el tubo descendente. Sin embargo, estas celdas de flotación de alto rendimiento pueden requerir la creación de un vacío en el tubo descendente para lograr eficazmente la tasa de formación de burbujas requerida para atrapar las partículas deseadas en el corto tiempo que la alimentación de suspensión permanece en el tubo descendente.

Una vez que han salido del tubo descendente, los aglomerados de partículas burbuja de gas de flotación ascienden inmediatamente hacia la capa de espuma en la parte superior de la celda de flotación, y no se producen más atrapamientos de partículas en la parte de la celda de flotación hacia abajo desde la salida del tubo descendente. Esto puede llevar a que una parte significativa de las partículas que componen un material deseado (mineral) simplemente caigan al fondo del tanque de flotación y acaben en los relaves, lo que reduce la tasa de recuperación de la celda de flotación.

Sin embargo, típicamente las denominadas celdas de flotación de alto rendimiento o celdas de flotación neumáticas del tipo de celda Jameson no incluyen ninguna restricción de flujo para controlar la presión dentro del tubo descendente después de que se haya producido la formación de aglomerados de partículas-burbujas de aire de flotación. Dicho control de la presión es ventajoso también en vista de la presión a la que se forman las burbujas de gas de flotación (efecto sobre el tamaño de las burbujas), pero también para el ajuste de la presión relativa a la que se van a utilizar en el tanque de flotación. De este modo, se puede minimizar la coalescencia de las burbujas tras su formación. Esto es especialmente ventajoso, ya que la tasa de atrapamiento de partículas por las burbujas de gas de flotación disminuye a medida que aumenta el tamaño de la burbuja (siempre que la proporción de aire y líquido permanezca la misma).

Además, las denominadas celdas de flotación de alto rendimiento pueden utilizarse en operaciones de liberación de carbón, en las que típicamente hay una línea de flotación que comprende una o dos celdas de flotación de este tipo al final del circuito de liberación para la recuperación de partículas de carbón especialmente finas. En el circuito de liberación, un sistema de recirculación de agua de procedimiento hace circular el agua desde la parte final del circuito (es decir, desde la línea de flotación y un circuito de deshidratación) de vuelta al circuito frontal (comienzo del circuito de liberación). Los productos químicos de flotación, especialmente los espumantes, suelen causar problemas en los procedimientos posteriores al circuito de flotación. Los problemas pueden aliviarse hasta cierto punto reduciendo al mínimo el uso de espumantes en la línea de flotación, pero si no se añade suficiente espumante al procedimiento de flotación, la formación

de espuma en los tubos descendentes de acuerdo con el estado de la técnica puede sufrir, lo que conduce a condiciones de procedimiento inestables y especialmente a un funcionamiento inestable de los tubos descendentes y de la capa de espuma en una celda de flotación, lo que a su vez afecta negativamente a la recuperación de las partículas deseadas, en particular las partículas gruesas. La recuperación de partículas dentro de toda la distribución de tamaño de partículas de una suspensión se ve afectada a medida que aumenta el tamaño de la burbuja con una menor dosificación de espumante, en particular la de partículas gruesas.

En los tubos descendentes de la técnica anterior, el gas de flotación se introduce de manera autoaspirante debido a la formación de un vacío dentro del tubo descendente. El tiempo de residencia del aire de flotación que se arrastra en la suspensión es muy corto (de 3 a 5 segundos), por lo que el sistema es muy sensible a las variaciones del procedimiento. Es necesario añadir constantemente espumantes para superar el efecto de restricción del caudal de aire necesario para mantener o incluso aumentar el vacío en el interior del tubo descendente con el fin de mantener las condiciones lo más constantes posible para el acoplamiento burbuja-partícula, ya que los espumantes impiden que las burbujas se coalezcan y vuelvan a subir al espacio de aire no llenado por la suspensión en el interior del tubo descendente. Sin embargo, la adición de una cantidad de espumantes requerida por la utilización constante de un tubo descendente de la técnica anterior crea problemas en otras partes del procedimiento, particularmente en las operaciones de carbón, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, la solución ha sido disminuir la dosificación de espumante, lo que afecta negativamente al vacío del tubo descendente, a la formación de burbujas, así como al tamaño de las burbujas y al área superficial, y disminuye significativamente la recuperación de las partículas deseadas, haciendo que las celdas de flotación de alto rendimiento conocidas en la técnica anterior sean ineficientes en esa aplicación.

Mediante el uso de una celda de flotación de acuerdo con la presente invención, la cantidad de espumante requerida para optimizar el procedimiento de flotación puede reducirse significativamente sin comprometer significativamente la formación de burbujas, el acoplamiento de las burbujas con las partículas, la formación de una capa de espuma estable o la recuperación del material deseado. Al mismo tiempo, se pueden aliviar los problemas asociados a la recirculación del agua de procedimiento desde el circuito posterior al anterior. Un tubo de chorro que funciona a presión es completamente independiente del tanque de flotación. Se puede alcanzar un mejor caudal de gas de flotación, crear burbujas más finas y optimizar el uso de espumante, ya que el funcionamiento del tubo de chorro no depende de la dosificación de espumante.

En las soluciones conocidas de la técnica anterior, los problemas se refieren especialmente a las limitaciones de la cantidad de gas de flotación que puede suministrarse en relación con la cantidad de líquido que fluye a través del tubo descendente, y a la necesidad de concentraciones relativamente altas de espumantes u otros agentes tensioactivos costosos para producir burbujas pequeñas. Con la invención que aquí se presenta, puede mejorarse la flotación de partículas finas y ultrafinas que comprenden, por ejemplo, mena mineral o carbón, reduciendo el tamaño de las burbujas de gas de flotación introducidas en la alimentación de suspensión en un tubo de chorro, aumentando la tasa de suministro de gas de flotación en relación con la tasa de caudal de flujo de partículas suspendidas en la suspensión, y aumentando la intensidad de cizallamiento o la tasa de disipación de energía en el tubo de chorro o adyacente a él. Aumenta la probabilidad de que las partículas más finas se adhieran o queden atrapadas por burbujas de gas de flotación más pequeñas, y mejora la tasa de recuperación del material deseado, tales como un mineral o carbón. En una celda de flotación de acuerdo con la invención, pueden crearse burbujas de gas de flotación suficientemente pequeñas, las llamadas burbujas ultrafinas, para garantizar un atrapamiento eficaz de las partículas finas de mena. Típicamente, las burbujas ultrafinas pueden tener una distribución de tamaño de burbuja de 0.05 mm a 0.7 mm. Por ejemplo, disminuyendo el tamaño medio de las burbujas de gas de flotación a un diámetro de 0.3 a 0.4 mm significa que el número de burbujas en 1 m³ de suspensión puede llegar a ser de 30 a 70 millones, y la superficie media total de las burbujas de 15 a 20 m². En cambio, si el tamaño medio de las burbujas es de aproximadamente 1 mm, el número de burbujas en 1 m³ de suspensión es de unos 2 millones, y la superficie media total de 6 m². En la celda de flotación de acuerdo con la invención puede ser posible entonces alcanzar una superficie de burbuja de 2.5 a 3 veces mayor que en las celdas de flotación de acuerdo con soluciones de la técnica anterior. No es necesario resaltar que el efecto de dicho aumento de la superficie de la burbuja en la recuperación de material valioso que comprende partículas es significativo.

Al mismo tiempo, la recuperación de partículas más gruesas puede mantenerse a un nivel aceptable mediante el logro de una fracción de gas de flotación alta en la suspensión, y por la ausencia de zonas de alta turbulencia en la región por debajo de la capa de espuma. Es decir, se pueden emplear las ventajas conocidas de las celdas de flotación mecánica, aunque no haya necesariamente agitación mecánica presente en la celda de flotación. Además, el movimiento ascendente de suspensión o la pulpa dentro del tanque de flotación aumenta la probabilidad de que también las partículas más gruesas asciendan hacia la capa de espuma con el flujo de la suspensión.

Uno de los efectos que pueden obtenerse con la presente invención es el aumento de la profundidad o espesor de una capa de espuma. Una capa de espuma más gruesa contribuye a una mayor ley, pero también a una mayor recuperación de partículas más pequeñas, y puede descartarse un paso de lavado de espuma separada, típica de las celdas de flotación en columna.

Al disponer un número de tubos de chorro en una celda de flotación de acuerdo con la invención, se puede aumentar la probabilidad de colisiones entre burbujas de gas de flotación, así como entre burbujas de gas y partículas. Tener un número de tubos de chorro puede garantizar una mejor distribución de las burbujas de gas de flotación dentro de un tanque de flotación, y las burbujas que salen de los tubos de chorro se distribuyen uniformemente por todo el tanque de flotación, las áreas de distribución de los tubos de chorro individuales tienen la posibilidad de intersecarse entre sí y converger, promoviendo así una distribución ampliamente uniforme de las burbujas de gas de flotación en el tanque de flotación, lo que a su vez puede afectar beneficiosamente a la recuperación de partículas especialmente pequeñas, y contribuir también a la mencionada capa de espuma uniforme y gruesa. Cuando hay varios tubos de chorro, se promueven las colisiones entre las burbujas de gas de flotación y/o las partículas en la alimentación de suspensión de diferentes tubos de chorro, ya que los diferentes flujos se entremezclan y crean subzonas de mezcla locales. A medida que aumentan las colisiones, se crean más aglomerados de burbujas y partículas que se capturan en la capa de espuma y, por lo tanto, se puede mejorar la recuperación de material valioso.

Mediante la generación de burbujas finas de gas de flotación o burbujas ultrafinas, poniéndolas en contacto con las partículas, y mediante el control de la mezcla burbuja de gas de flotación-aglomerados de partículas-líquido de la suspensión, puede ser posible maximizar la recuperación de partículas hidrófobas en la capa de espuma y en el flujo superior o concentrado de la celda de flotación, aumentando así la recuperación del material deseado independientemente de su distribución de tamaño de partícula dentro de la suspensión. Puede ser posible lograr una alta ley para una parte de la corriente de la suspensión, y al mismo tiempo, una alta recuperación para toda la corriente de suspensión que pasa a través de una línea de flotación.

Disponiendo las boquillas de salida de los tubos de chorro a una profundidad adecuada, es decir, disponiéndolas a una distancia vertical específica del borde del canal de evacuación, la distribución de la burbuja de gas de flotación puede optimizarse de manera uniforme y constante. Como el tiempo de residencia de las burbujas dentro de una zona de mezcla puede mantenerse lo suficientemente alto mediante una profundidad adecuada de las boquillas de salida del tubo de chorro, las burbujas pueden ser capaces de contactar y adherirse a las partículas finas de la suspensión de manera eficiente, mejorando así la recuperación de partículas más pequeñas, y también promoviendo la profundidad de la espuma, la estabilidad y la uniformidad en la parte superior del tanque de flotación.

Por zona de mezcla se entiende en el presente documento una parte o sección vertical del tanque de flotación en la que tiene lugar la mezcla activa de partículas suspendidas en la suspensión con burbujas de gas de flotación. Además de esta zona de mezcla creada en toda una sección vertical del tanque de flotación, pueden crearse subzonas de mezcla individuales separadas y regionales en áreas donde los flujos de suspensión dirigidos radialmente hacia fuera por impulsores individuales se encuentran y entremezclan. Esto puede favorecer aún más los contactos entre las burbujas de gas de flotación y las partículas, aumentando así la recuperación de partículas valiosas. Además, este mezclado adicional puede eliminar la necesidad de un mezclador mecánico para suspender los sólidos en la suspensión.

Por zona de sedimentación se entiende una parte vertical de sección del tanque de flotación en la que las partículas no asociadas con burbujas de gas de flotación o que de otro modo no pueden ascender hacia la zona de espuma en la parte superior del tanque de flotación descienden y se sedimentan hacia el fondo del tanque para ser eliminadas en los relaves como flujo inferior. La zona de sedimentación está por debajo de la zona de mezcla.

Disponiendo una salida de relaves en la pared lateral del tanque de flotación, se puede eliminar el flujo inferior en una zona en la que la suspensión en su mayor parte comprende partículas que descienden o se sedimentan hacia el fondo del tanque. En la celda de flotación de acuerdo con la invención, la zona de sedimentación es más profunda cerca de la pared lateral del tanque de flotación. En esta zona, la acción de mezcla y las turbulencias creadas por los tubos de chorro no afectan a las partículas sedimentadas, que, en su mayor parte, no comprenden ningún material valioso, o comprenden sólo una cantidad muy pequeña de material valioso. En esta parte, la acción de sedimentación es también más pronunciada debido a la ausencia de turbulencias que interfieran en el descenso por gravedad de las partículas. Además, las fuerzas de fricción creadas por la pared lateral del tanque disminuyen aún más la turbulencia y/o los flujos. De este modo, sacando el flujo inferior del tanque de flotación en una posición dispuesta en esta zona de sedimentación relativamente tranquila, se puede asegurar que se extraiga del tanque de flotación la menor cantidad posible del material valioso que comprende partículas - estas partículas deberían, más bien, flotar, o, si por alguna razón han terminado en la zona de sedimentación, recircular de nuevo al tanque de flotación como alimentación de suspensión a través de los tubos de chorro. Además, mediante la eliminación del flujo inferior de la zona de sedimentación cerca de la pared lateral del tanque de flotación, todo el volumen del tanque de flotación puede ser utilizado de manera eficiente - no hay necesidad de configurar una zona de sedimentación inferior separada por debajo de los tubos de chorro, como es el caso, por ejemplo, en una celda Jameson. En algunas realizaciones, es incluso previsible que el volumen del tanque de flotación pueda reducirse en el centro del tanque, disminuyendo así el volumen de la zona de sedimentación, donde la turbulencia causada por la alimentación de suspensión de los tubos de chorro puede influir en la probabilidad de que las partículas se sedimenten hacia el fondo del tanque, y permitiendo el uso completo del volumen del tanque de flotación. El volumen del tanque de flotación puede

reducirse en el centro del tanque, por ejemplo, disponiendo una estructura de fondo en el fondo del tanque de flotación, en el centro del tanque. Además, puede ser posible disponer los tubos de chorro (las boquillas de salida) relativamente profundo en el tanque de flotación, y aun así garantizar una suficiente zona de sedimentación tranquila en la pared lateral del tanque de flotación. Además, esto favorece de forma posterior el uso eficiente de todo el volumen del tanque de flotación.

La celda de flotación, y la línea de flotación y su uso de acuerdo con la invención tienen el efecto técnico de permitir la recuperación flexible de diversos tamaños de partícula, así como la recuperación eficiente de partículas de mineral valioso que contienen partículas de mena a partir de materia prima de mena pobre con cantidades relativamente bajas de mineral valioso inicialmente. Las ventajas que proporciona la estructura de la línea de flotación permiten ajustar con precisión los parámetros estructurales de la línea de flotación en función del material valioso objetivo de cada instalación.

Al tratar la suspensión de acuerdo con la presente invención como se define en esta divulgación, puede aumentarse la recuperación de material valioso que contiene partículas. El grado inicial del material recuperado puede ser inferior, pero el material (es decir, la suspensión) también se prepara fácilmente para su posterior procesamiento, que puede incluir, por ejemplo, una nueva molienda y/o limpieza.

En la presente divulgación, se utilizan las siguientes definiciones en referencia a la flotación.

Básicamente, la flotación tiene por objeto recuperar un concentrado de partículas de mena que comprende un mineral valioso. Por concentrado se entiende en el presente documento la parte de la suspensión recuperada en el flujo superior o el flujo inferior que sale de una celda de flotación. Por mineral valioso se entiende cualquier mineral, metal u otro material de valor comercial.

La flotación implica fenómenos relacionados con la flotabilidad relativa de los objetos. El término flotación incluye todas las técnicas de flotación. La flotación puede ser, por ejemplo, por espuma, por aire disuelto (DAF) o por gas inducido. La flotación por espuma es un procedimiento para separar materiales hidrofóbicos de materiales hidrofílicos mediante la adición de gas, por ejemplo, aire o nitrógeno o cualquier otro medio adecuado, al procedimiento. La flotación por espuma puede realizarse en función de la diferencia hidrofílica/hidrofóbica natural o en función de diferencias hidrofílicas/hidrofóbicas generadas mediante la adición de un tensioactivo o un reactivo colector. El gas puede añadirse a la materia prima objeto de flotación (suspensión o pulpa) de varias maneras diferentes.

Una celda de flotación destinada al tratamiento por flotación de partículas de mena mineral suspendidas en una suspensión. De este modo, se recuperan las partículas de mena que contienen metales valiosos a partir de las partículas de mena suspendidas en la suspensión. Por línea de flotación se entiende en el presente documento una disposición de flotación en la que un número de celdas de flotación están dispuestas en conexión fluida entre sí, de modo que el flujo inferior de cada celda de flotación precedente se dirige a la celda de flotación siguiente o subsiguiente como alimentación hasta la última celda de flotación de la línea de flotación, desde la cual el flujo inferior se dirige fuera de la línea como flujo de relaves o de rechazo. La suspensión se alimenta a través de una entrada de alimentación a la primera celda de flotación de la línea de flotación para iniciar el procedimiento de flotación. Una línea de flotación puede formar parte de una planta de flotación más grande o de una disposición que contenga una o más líneas de flotación. Por lo tanto, un número de diferentes dispositivos de pretratamiento y postratamiento o etapas pueden estar en conexión operativa con los componentes de la disposición de flotación, como es conocido por el experto en la técnica.

Las celdas de flotación de una línea de flotación están conectadas entre sí de forma fluida. La conexión de fluidos puede lograrse mediante conductos de diferentes longitudes, como tuberías o tubos, que también pueden comprender bombas o unidades de molienda; la longitud del conducto dependiendo de la construcción física general de la disposición de flotación. Alternativamente, las celdas de flotación pueden estar dispuestas en conexión directa de celda entre sí. Por conexión directa de celdas se entiende en el presente documento una disposición, en la que las paredes exteriores de dos celdas de flotación subsecuentes cualesquiera están conectadas entre sí para permitir que la salida de una primera celda de flotación se conecte a la entrada de la celda de flotación posterior sin ningún conducto separado. Un contacto directo reduce la necesidad de tuberías entre dos celdas de flotación adyacentes. Así, reduce la necesidad de componentes durante la construcción de la línea de flotación, acelerando el procedimiento. Además, podría reducir el lijado y simplificar el mantenimiento de la línea de flotación. Las conexiones de fluidos entre las celdas de flotación pueden comprender diversos mecanismos de regulación.

Por celda de flotación "vecina", "adyacente" o "colindante" se entiende en el presente documento la celda de flotación inmediatamente posterior o anterior a cualquier celda de flotación, ya sea aguas abajo o aguas arriba, ya sea en una línea de flotación de desbaste, en una línea de flotación de barrido, o la relación entre una celda de flotación de una línea de flotación de desbaste y una celda de flotación de una línea de flotación de barrido a la que se dirige el flujo inferior de la celda de flotación de la línea de flotación de desbaste.

Por celda de flotación se entiende en el presente documento un tanque o recipiente en el que se realiza un paso de un procedimiento de flotación. Una celda de flotación suele tener forma cilíndrica, la forma siendo definida por una o varias paredes exteriores. Las celdas de flotación suelen tener una sección transversal circular. Las celdas de flotación también pueden tener una sección transversal poligonal, como rectangular, cuadrada, triangular, hexagonal o pentagonal, o de otro modo radialmente simétrica. El número de celdas de flotación puede variar de acuerdo con una línea de flotación y/u operación específica para tratar un tipo y/o grado específico de mena, como es conocido por un experto en la técnica.

La celda de flotación puede ser una celda de flotación de espuma, tal como una celda agitada mecánicamente, por ejemplo, una TankCell, una celda de flotación de columna, una celda Jameson, o una celda de flotación doble. En una celda de flotación doble, la celda comprende al menos dos recipientes separados, un primer recipiente a presión agitado mecánicamente con un mezclador y una entrada de gas de flotación, y un segundo recipiente con una salida de relaves y una descarga de espuma de flujo superior, dispuesto para recibir la suspensión agitada del primer recipiente. La celda de flotación también puede ser una celda de flotación de lecho fluidizado (como una celda HydroFloat™), en la que el aire u otras burbujas de gas de flotación dispersadas por el sistema de fluidización se filtran a través de la zona de obstaculizada de sedimentación y se adhieren al componente hidrófobo alterando su densidad y haciéndolo suficientemente flotante para flotar y ser recuperado. En una celda de flotación de lecho fluidizado no es necesaria la mezcla axial. La celda de flotación también puede ser una celda de flotación de flujo superior operada con un flujo superior constante de la suspensión. En una celda de flotación de flujo superior, la suspensión se trata introduciendo burbujas de gas de flotación en la suspensión y creando un flujo ascendente continuo de suspensión en la dirección vertical de la primera celda de flotación. Al menos una parte de las partículas de mena que contienen metales valiosos están adheridas a las burbujas de gas y ascienden por flotabilidad, al menos una parte de las partículas de mena que contienen metales valiosos están adheridas a las burbujas de gas y ascienden con el flujo ascendente continuo de la suspensión, y al menos una parte de las partículas de mena que contienen metales valiosos ascienden con el flujo ascendente continuo de la suspensión. Las partículas de mena que contienen metales valiosos se recuperan conduciendo el flujo ascendente continuo de suspensión fuera de la al menos una celda de flotación de flujo superior como flujo superior de la suspensión. Como la celda de flujo superior funciona prácticamente sin profundidad de espuma ni capa de espuma, efectivamente no se forma ninguna zona de espuma en la superficie de la pulpa en la parte superior de la celda de flotación. La espuma puede no ser continua sobre la celda. El resultado de esto es que más partículas mena que contienen mineral valioso pueden ser arrastradas a la corriente de concentrado, y la recuperación total de material valioso puede aumentar.

Todas las celdas de flotación de una línea de flotación de acuerdo con la invención pueden ser de un solo tipo, es decir, las celdas de flotación de desbaste en la parte de desbaste, las celdas de flotación de barrido en la parte de barrido, y las celdas de flotación de barrido de limpiador de la línea de flotación de barrido de limpiador pueden ser de un solo tipo de celdas de flotación de manera que la disposición de flotación comprenda solamente un tipo de celdas de flotación como se ha enumerado anteriormente. Alternativamente, un número de celdas de flotación puede ser de un tipo mientras que otras celdas son de uno o más tipos, de modo que la línea de flotación comprenda dos o más tipos de celdas de flotación como las enumeradas anteriormente.

Dependiendo de su tipo, la celda de flotación puede comprender un mezclador para agitar la suspensión y mantenerla en estado de suspensión. Por mezclador se entiende en el presente documento cualquier medio adecuado para agitar la suspensión dentro de la celda de flotación. El mezclador puede ser un agitador mecánico. El agitador mecánico puede comprender un rotor-estator con un motor y un eje de transmisión, la construcción del rotor-estator dispuesta en la parte inferior de la celda de flotación. La celda puede tener agitadores auxiliares dispuestos más arriba en la dirección vertical de la celda, para garantizar un flujo ascendente suficientemente fuerte y continuo de la suspensión.

Una celda de flotación puede comprender uno o más concentradores de espuma. En el presente documento se entiende por concentrador de espuma un bloqueador de espuma, un deflector de espuma, una tabla de apilamiento o un dispositivo de tabla de apilamiento, o cualquier otra estructura o estructura lateral de este tipo, por ejemplo, una pared lateral, inclinada o vertical, que tenga un efecto de concentración, es decir, una pared lateral de concentración, que también puede ser una pared lateral de concentración interna al tanque de flotación, es decir, un concentrador perimetral interno.

Mediante la utilización de un concentrador de espuma, puede ser posible dirigir la denominada "espuma quebradiza", es decir, una capa de espuma de textura suelta que comprende burbujas de gas de flotación generalmente más grandes aglomeradas con las partículas de mineral de mena destinadas a la recuperación, de manera más eficiente y fiable hacia el borde del flujo superior de espuma y el canal de evacuación de colección de espuma. Una espuma quebradiza puede romperse fácilmente, ya que los aglomerados de burbujas de gas y partículas de mena son menos estables y tienen una tenacidad reducida. Dicha espuma o capade espuma no puede sostener fácilmente el transporte de partículas de mena, y especialmente de partículas más gruesas, hacia el borde del flujo superior de espuma para su recogida en el canal de evacuación, dando lugar por tanto a un retroceso de las partículas a la pulpa o suspensión dentro de la celda o tanque de flotación, y a una recuperación reducida del material deseado. La espuma quebradiza se asocia típicamente

- con una mineralización baja, es decir, aglomerados de burbujas de gas y partículas de mena con una cantidad limitada de partículas de mena que comprenden un mineral deseado que ha podido adherirse a las burbujas de gas durante el procedimiento de flotación dentro de una celda o tanque de flotación. El problema es especialmente pronunciado en las celdas de flotación de gran tamaño o en los tanques de gran volumen y/o gran diámetro. Con la invención que nos ocupa, puede ser posible concentrar y dirigir la espuma hacia el canal de flujo superior de la espuma, para reducir la distancia de transporte de la espuma (reduciendo así el riesgo de retroceso) y, al mismo tiempo, mantener o incluso reducir la longitud del canal de flujo superior. En otras palabras, el manejo y la dirección de la capa de espuma en una celda o tanque de flotación por espuma pueden ser más eficientes y sencillos.
- 10 También puede ser posible mejorar la recuperación de espuma y con ello la recuperación de partículas minerales valiosas en celdas o tanques de flotación grandes a partir de espuma quebradiza específicamente en las etapas posteriores de una línea de flotación, por ejemplo, en las etapas de desbaste y/o barrido de un procedimiento de flotación.
- 15 Además, con la invención descrita en el presente documento, el área de espuma en la superficie de la suspensión dentro de un tanque de flotación puede disminuirse de una manera mecánica robusta y sencilla. Al mismo tiempo, puede reducirse la longitud total del canal del flujo superior en una unidad de flotación por espuma. En este caso, robustez significa simplicidad estructural y durabilidad. Al reducir el área de la superficie de espuma de una unidad de flotación mediante un concentrador de espuma en lugar de agregar canales de evacuación de espuma adicionales, la unidad de flotación por espuma en su conjunto puede tener una construcción más sencilla, por ejemplo, porque no es necesario conducir la espuma recolectada y/o el flujo superior fuera del concentrador adicional. Por el contrario, en el caso de un canal de evacuación adicional, el flujo superior recogido tendría que ser conducido al exterior, lo que aumentaría las piezas de construcción de la unidad de flotación.
- 20 Especialmente en el extremo aguas abajo de una línea de flotación, la cantidad de material deseado que puede quedar atrapado en la suspensión dentro de la suspensión puede ser muy baja. Para recoger este material de la capa de espuma a los canales de evacuación de recogida de espuma, debe disminuirse el área de superficie de espuma. Por medio de la disposición de un concentrador de espuma en el tanque de flotación, se puede controlar la superficie de espuma abierta entre los bordes de los flujos superiores de espuma. El concentrador puede utilizarse para dirigir o guiar la suspensión que fluye hacia arriba dentro del tanque de flotación más cerca de un borde del flujo superior de espuma de un canal de evacuación de recogida de espuma, permitiendo o facilitando así la formación de espuma muy cerca del borde del flujo superior de espuma, lo que puede aumentar la recogida de partículas de mena valiosas. El concentrador de espuma también puede influir en la convergencia general de las burbujas de gas de flotación y/o de los aglomerados de partículas de mena y burbujas de gas en la capa de espuma. Por ejemplo, si el flujo de burbujas de gas y/o de aglomerado de partículas de mena y burbujas de gas se dirige hacia el centro de un tanque de flotación, puede utilizarse un concentrador de espuma para aumentar el área de espuma en el perímetro del tanque, y/o más cerca de cualquier borde del flujo superior de espuma deseado. Además, puede ser posible reducir la superficie de espuma abierta en relación con la longitud del borde, mejorando así la eficacia de la recuperación en la celda de flotación por espuma.
- 25 Una celda de flotación puede comprender una estructura de fondo dispuesta en el fondo del tanque de flotación, y que tiene una forma que permite que las partículas suspendidas en la suspensión se mezclen en una zona de mezcla creada por el flujo de alimentación de suspensión desde las boquillas de salida de los tubos de chorro sobre la estructura de fondo; y que se asienten en una zona de sedimentación que rodea la estructura de fondo.
- 30 Disponiendo una estructura de fondo en el fondo de un tanque de flotación, extendiéndose la estructura de fondo hacia arriba en el tanque de flotación, puede ser posible obtener una mejor distribución de partículas finas y/o pequeñas suspendidas en la suspensión. En el centro del tanque de flotación, las partículas no pueden descender y sedimentarse, ya que el flujo de alimentación de suspensión procedente de los tubos de chorro puede alcanzar la parte central elevada del tanque de flotación, lo que garantiza una buena mezcla en esa parte. Las partículas que ya se hayan desprendido de las burbujas de gas de flotación e iniciado su descenso pueden ser recapturadas por las burbujas debido a las condiciones turbulentas de la zona de mezcla. Por otro lado, el fondo del tanque de flotación más cercano al perímetro del tanque tiene una zona de una profundidad suficiente que permite que las partículas no flotadas, probablemente sin valor, se asienten y desciendan para ser eliminadas eficientemente del tanque de flotación. Esta zona de sedimentación no se ve afectada por el flujo de alimentación de suspensión procedente de los tubos de chorro. Además, dicha zona relativamente tranquila puede inhibir la formación de cortocircuitos en los flujos de suspensión dentro del tanque de flotación, donde el mismo material de suspensión sigue recirculando dentro del tanque sin ser adecuadamente separado o sedimentado. Las características anteriores pueden favorecer una mayor recuperación de partículas finas.
- 35 Disponiendo la estructura de fondo para que tenga un tamaño determinado, especialmente con respecto a la zona de mezcla, la zona de mezcla y la zona de sedimentación pueden diseñarse para que tengan las características deseadas (tamaño, profundidad, turbulencia, tiempo de residencia de las partículas en la zona

de mezcla, velocidad de sedimentación y probabilidad de fracción sin valor en la zona de sedimentación, etc.). En una celda de flotación convencional, la mayor parte de esta zona (sin mezcla mecánica en el fondo del tanque de flotación) estaría sometida a lijado, ya que la mezcla es escasa o nula. Si la zona se llena de sólidos, existe el riesgo de que estos sólidos se desplomen y, al mismo tiempo, bloqueen una salida de relaves y/o una salida de recirculación situada en la zona de sedimentación.

Por tubo de chorro se entiende un dispositivo doble de alto cizallamiento en el que se introduce gas de flotación en la alimentación de suspensión, creando así burbujas de gas de flotación más finas que son capaces de atrapar partículas también más finas ya durante la formación de burbujas en el tubo de chorro. En particular, un tubo de chorro en una celda de flotación de acuerdo con la invención funciona bajo presión, y no se necesita ningún vacío.

Por flujo superior se entiende en el presente documento la parte de la suspensión recogida en el canal de evacuación de la celda de flotación y que sale así de la celda de flotación. El flujo superior puede estar comprendido por espuma, espuma y suspensión o, en algunos casos, sólo o en su mayor parte por suspensión. En algunas realizaciones, el flujo superior puede ser un flujo de aceptación que contiene las partículas de material valioso recogidas de la suspensión. En otras realizaciones, el flujo superior puede ser un flujo de rechazo. Este es el caso cuando la disposición, planta y/o método de flotación se utiliza en flotación inversa.

Por flujo inferior se entiende en el presente documento la fracción o parte de la suspensión que no flota en la superficie de la suspensión en el procedimiento de flotación. En algunas realizaciones, el flujo inferior puede ser un flujo de rechazo que sale de una celda de flotación a través de una salida que normalmente está dispuesta en la parte inferior de la celda de flotación. Eventualmente, el flujo inferior de la celda de flotación final de una línea de flotación o de una disposición de flotación puede salir de toda la disposición como flujo de relaves o residuo final de una planta de flotación. En algunas realizaciones, el flujo inferior puede ser un flujo de aceptación que contiene las partículas minerales valiosas. Este es el caso cuando la disposición, planta y/o método de flotación se utiliza en flotación inversa.

Por flotación inversa aquí se entiende un procedimiento de flotación inversa típicamente utilizado en la recuperación de hierro. En ese caso, el procedimiento de flotación se dirige a recoger la parte no valiosa del flujo de suspensión en el flujo superior. En el procedimiento de flotación inversa del hierro, el flujo superior suele contener silicatos, mientras que las partículas minerales valiosas que contienen hierro se recogen en el flujo inferior. La flotación inversa también puede utilizarse para minerales industriales, es decir, minerales geológicos extraídos por sus valores comerciales que no son combustibles ni fuentes de metales, tales como la bentonita, la sílice, el yeso y el talco.

Por aguas abajo se entiende en el presente documento la dirección concurrente con el flujo de la suspensión hacia los relaves (corriente de avance, denotada en las figuras con flechas), y por aguas arriba se entiende en el presente documento la dirección contracorriente con o contra el flujo de la suspensión hacia los relaves.

Por concentrado se entiende en el presente documento la parte flotada o fracción de suspensión de partículas de mena que comprenden un mineral valioso. En la flotación normal, el concentrado es la parte de la suspensión que flota en la capa de espuma y, por tanto, se recoge en los canales de evacuación como flujo superior. Un primer concentrado de concentración puede incluir partículas de mena que comprenden un mineral valioso, mientras que un segundo concentrado de concentración puede incluir partículas de mena que comprenden otro mineral valioso. Alternativamente, las definiciones distintivas primera, segunda, pueden referirse a dos concentrados de partículas de mena que comprenden el mismo mineral valioso pero dos distribuciones de tamaño de partículas claramente diferentes.

Por flotación de desbaste, parte de desbaste de la línea de flotación, etapa de desbaste y/o celdas de desbaste se entiende aquí la primera etapa de flotación que produce un concentrado. El objetivo es extraer la máxima cantidad de mineral valioso con el mayor grosor de tamaño de partícula que sea prácticamente posible. El objetivo principal de una etapa de desbaste es recuperar la mayor cantidad posible de minerales valiosos, con menos énfasis en la calidad del concentrado producido.

El concentrado de desbaste se somete normalmente a etapas adicionales de flotación más limpia en una línea de flotación de desbaste más limpia para rechazar más de los minerales indeseables que también se han reportado a la espuma, en un procedimiento conocido como limpieza. El producto de la limpieza se conoce como concentrado limpiador o concentrado final. Es posible realizar un paso de molienda antes del procedimiento de limpieza.

La flotación de desbaste suele ir seguida de una flotación de barrido que se aplica a los relaves de desbaste. Por flotación de barrido, parte de barrido de la línea de flotación, etapa de barrido y/o celda de barrido se entiende una etapa de flotación en la que el objetivo es recuperar cualquier material mineral valioso que no se haya recuperado durante la etapa de desbaste inicial. Esto podría lograrse cambiando las condiciones de flotación para hacerlas más rigurosas que el desbaste inicial o, en algunas realizaciones de la invención, mediante la introducción de microburbujas en la suspensión. El concentrado de una celda o etapa de barrido

podría devolverse a la alimentación de desbaste para su refluotación o dirigirse a un paso de molienda y, posteriormente, a una línea de flotación del limpiador de barrido.

5 Por flotación de limpieza, una línea del limpiador de desbaste/barrido, etapa de limpieza/limpiadora y/o una celda de limpieza se entiende una etapa de flotación en la que el objetivo de la limpieza es producir un grado de concentrado tan alto como sea posible.

10 Por pretratamiento y/o postratamiento y/o procesamiento posterior se entiende, por ejemplo, trituración, molienda, separación, cribado, clasificación, fraccionamiento, acondicionamiento o limpieza, todos los cuales son procedimientos convencionales conocidos por un experto en la técnica. Un paso posterior de procesamiento puede incluir también al menos una de las siguientes: una celda de flotación adicional, que puede ser una celda de flotación de limpieza convencional, una celda de recuperación, una celda de desbaste o una celda de barrido.

15 Por nivel de la superficie de la suspensión se entiende en el presente documento la altura de la superficie de la suspensión dentro de la celda de flotación medida desde el fondo de la celda de flotación hasta el borde del canal de evacuación de la celda de flotación. En efecto, la altura de la suspensión es igual a la altura de un borde del canal de evacuación de una celda de flotación, siendo medida desde el fondo de la celda de flotación hasta el borde del canal de evacuación de la celda de flotación. Por ejemplo, cualquiera de las dos celdas de flotación subsiguientes puede estar dispuesta de manera escalonada en una línea de flotación, de modo que el nivel de la superficie de la suspensión de dichas celdas de flotación sea diferente (es decir, el nivel de la superficie de la suspensión de la primera de tales celdas de flotación sea más alto que el nivel de la superficie de la suspensión de la segunda de tales celdas de flotación). Esta diferencia en los niveles de superficie de la suspensión se define en el presente documento como "paso" entre dos celdas de flotación posteriores cualesquiera. El paso o la diferencia en los niveles de la superficie de la suspensión es una diferencia de altura que permite que el flujo de suspensión sea impulsado por la fuerza de gravedad o gravitación, creando una cabeza hidráulica entre las dos celdas de flotación subsiguientes.

25 Por línea de flotación en el presente documento se entiende un conjunto o disposición que comprende un número de unidades de flotación o celdas de flotación en las que se realiza una etapa de flotación, y que están dispuestas en conexión fluida entre sí para permitir el flujo de suspensión impulsado por gravedad o bombeado entre celdas de flotación, para formar una línea de flotación. En una línea de flotación, un número de celdas de flotación están dispuestas en conexión fluida entre sí, de modo que el flujo inferior de cada celda de flotación precedente se dirige a la celda de flotación siguiente o subsiguiente como alimentación hasta la última celda de flotación de la línea de flotación, desde la cual el flujo inferior se dirige fuera de la línea como flujo de relaves o de rechazo. También es concebible que una línea de flotación comprenda sólo una etapa de flotación realizada en una celda de flotación o, por ejemplo, en dos o más celdas de flotación paralelas.

35 La suspensión se alimenta a través de una entrada de alimentación a la primera celda de flotación de la línea de flotación para iniciar el procedimiento de flotación. La línea de flotación puede formar parte de una planta de tratamiento más grande que contenga una o más líneas de flotación, y una serie de otras etapas de procedimiento para la liberación, limpieza y otros tratamientos de un material deseado. Por lo tanto, un número de diferentes dispositivos de pretratamiento y postratamiento o disposiciones pueden estar en conexión operativa con los componentes de la línea de flotación, como es conocido por el experto en la técnica.

40 Por burbujas ultrafinas se entienden en el presente documento burbujas de gas de flotación que caen en un rango de tamaño de 0.05 mm a 0.7 mm, introducidas en la suspensión en un tubo de chorro. Por el contrario, las burbujas de gas de flotación "normales" utilizadas en la flotación por espuma presentan un rango de tamaño de aproximadamente 0.8 a 2 mm. Las burbujas de gas de flotación de mayor tamaño pueden tender a coalescer en burbujas aún mayores durante su permanencia en la zona de mezcla, donde se producen colisiones entre las partículas y las burbujas de gas de flotación, así como únicamente entre las burbujas de gas de flotación. Dado que las burbujas ultrafinas se introducen en la alimentación de suspensión antes de su alimentación a un tanque de flotación, no es probable que se produzca dicha coalescencia con las burbujas ultrafinas, y su tamaño puede permanecer más pequeño a lo largo de su residencia en la celda de flotación, afectando así a la capacidad de las burbujas ultrafinas para atrapar partículas finas.

50 La boquilla de salida está configurada para producir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión, la onda de choque supersónica induce la formación de aglomerados de partículas - burbujas de gas de flotación.

55 Se crea una onda de choque supersónica cuando la velocidad de la alimentación de suspensión que pasa a través de la boquilla de salida supera la velocidad del sonido, es decir, el flujo de alimentación de suspensión se estrangula cuando la relación entre la presión absoluta aguas arriba de la boquilla de salida y la presión absoluta aguas abajo del estrangulamiento de la boquilla de salida supera un valor crítico. Cuando la relación de presión es superior al valor crítico, el flujo de alimentación de suspensión aguas abajo de la parte de estrangulamiento de la boquilla de salida se vuelve supersónico y se forma una onda de choque. Las pequeñas burbujas de gas de flotación en la mezcla de alimentación de suspensión se dividen en partes aún más

- pequeñas al ser forzadas a través de la onda de choque, y son forzadas a entrar en contacto con las partículas hidrofóbicas de mena en la alimentación de suspensión, creando así aglomerados de burbujas de gas de flotación y partículas de mena. La onda de choque supersónica producida en la alimentación de suspensión en la descarga de la boquilla de salida se transporta a la suspensión dentro del tanque de flotación inmediatamente adyacente a una boquilla de salida, promoviendo así la formación de burbujas de gas de flotación también en la suspensión fuera de las boquillas de salida. Después de salir de la boquilla de salida, las partículas finas de mena pueden entrar en contacto con las pequeñas burbujas de gas de flotación por segunda vez, ya que hay varios de tales tubos de chorro/boquillas de salida que descargan en una zona de mezcla común en la que la probabilidad de contactos secundarios entre burbujas y partículas aumenta debido a los flujos entremezclados de suspensión que salen de los tubos de chorro.
- En una realización de la celda de flotación, la distancia de una boquilla de salida desde el borde del canal de evacuación es de al menos 1.7 m y una distancia de la boquilla de salida desde el fondo del tanque de flotación es de al menos 0.4 m.
- En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, la altura del tanque de flotación en el perímetro del tanque de flotación es como máximo un 20 % menor que en el centro del tanque de flotación.
- En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, la relación entre la distancia de una boquilla de salida desde el borde del canal de evacuación y la altura del tanque de flotación es 0.9 o inferior.
- En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, una relación entre la distancia de una boquilla de salida desde el fondo del tanque de flotación y la altura del tanque de flotación es de 0.1 a 0.75.
- En una realización de la celda de flotación, una relación entre la altura del tanque de flotación, y el diámetro del tanque de flotación, medida a una altura (h_1) de una boquilla de salida (43) desde el fondo del tanque de flotación, es de 0.5 a 1.5, es decir, la relación entre la altura del tanque y el diámetro del tanque es de 0.5 a 1.5.
- En una realización de la celda de flotación, el volumen del tanque de flotación es de al menos 20 m³, preferentemente de 20 a 1000 m³.
- Disponiendo un tanque de flotación para que tenga un volumen suficiente se puede controlar mejor el procedimiento de flotación. La distancia de ascenso a la capa de espuma en la parte superior del tanque de flotación no llega a ser demasiado grande, lo que puede ayudar a garantizar que los aglomerados de partículas de mena y burbujas de gas de flotación permanezcan juntos hasta que la capa de espuma y el retroceso de partículas puedan reducirse. Además, puede alcanzarse una velocidad de ascenso de burbujas adecuada para mantener una buena calidad del concentrado. La utilización de celdas de flotación con un tamaño volumétrico suficiente aumenta la probabilidad de colisiones entre las burbujas de gas creadas en las celdas de flotación, por ejemplo, mediante un rotor, y las partículas que comprenden mineral valioso, mejorando así la tasa de recuperación del mineral valioso, así como la eficiencia general de la disposición de flotación. Las celdas de flotación más grandes tienen una mayor selectividad, ya que pueden producirse más colisiones entre las burbujas de gas y las partículas de mena debido al mayor tiempo que la suspensión permanece en la celda de flotación. Por lo tanto, la mayoría de las partículas de mena que comprenden mineral valioso pueden flotar. Además, el retroceso de las partículas de mena flotante puede ser mayor, lo que significa que las partículas de mena que contienen una cantidad muy baja de mineral retroceden al fondo de la celda de flotación. Por lo tanto, el grado de flujo superior y/o concentrado de las celdas de flotación más grandes puede ser mayor. Este tipo de celdas de flotación puede garantizar un alto grado junto con una alta recuperación. Además, puede mejorarse la eficacia global de la celda de flotación y/o de toda la línea de flotación. Además, en caso de que las primeras celdas de flotación en una línea de flotación tengan un volumen relativamente grande, puede que no haya necesidad de grandes celdas de flotación subsecuentes, sino que, las celdas de flotación aguas abajo de la primera o primeras celdas de flotación pueden ser más pequeñas y, por lo tanto, más eficientes. En los procedimientos de flotación de ciertos minerales, puede ser fácil hacer flotar una parte significativa de las partículas de la mena que comprenden mineral valioso de alto grado o ley. En ese caso, puede ser posible tener celdas de flotación de menor volumen aguas abajo en la línea de flotación y aun así lograr una alta tasa de recuperación.
- En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, la celda de flotación comprende de 2 a 40 tubos de chorro, preferentemente de 4 a 24 tubos de chorro.
- El número de tubos de chorro influye directamente en la cantidad de gas de flotación que puede dispersarse en la suspensión. En la flotación por espuma convencional, la dispersión de una cantidad creciente de gas de flotación conduciría a un aumento del tamaño de las burbujas de gas de flotación. Por ejemplo, en una celda Jameson, se utiliza una relación aire-burbuja de 0.50 a 0.60. El aumento del tamaño medio de las burbujas afectará negativamente al flujo de superficie de área de las burbujas (S_b), lo que significa que la recuperación puede disminuir. En una celda de flotación de acuerdo con la invención, con tubos de chorro presurizados, puede introducirse significativamente más gas de flotación en el procedimiento sin aumentar el tamaño de la burbuja ni disminuir el S_b , ya que las burbujas de gas de flotación creadas en la alimentación de la suspensión

siguen siendo relativamente pequeñas en comparación con los procedimientos convencionales. Por otra parte, manteniendo el número de tubos de chorro lo más pequeño posible, los costes de reacondicionamiento de las celdas de flotación existentes, o los gastos de capital de la creación de tales celdas de flotación pueden mantenerse bajo control sin causar ninguna pérdida de rendimiento de flotación de las celdas de flotación.

- 5 En una realización de la celda de flotación, los tubos de chorro están dispuestos concéntricamente al perímetro del tanque de flotación a una distancia del centro del tanque de flotación.

En una realización adicional de la celda de flotación, una distancia de una boquilla de salida de un tubo de chorro desde el centro del tanque de flotación es del 10 al 40 % del diámetro del tanque de flotación, medido a una distancia de la boquilla de salida desde el fondo del tanque de flotación, preferentemente el 25 % del diámetro del tanque de flotación.

10

En una realización de la celda de flotación, los tubos de chorro están dispuestos paralelos a la pared lateral del tanque de flotación, a una distancia de la pared lateral.

En una realización posterior de la celda de flotación, una distancia de una boquilla de salida de un tubo de chorro desde la pared lateral del tanque de flotación es de 10 a 40 % del diámetro del tanque de flotación, medido a una distancia de la boquilla de salida desde el fondo del tanque de flotación; preferentemente 25 % del diámetro o del tanque de flotación.

15

En una realización de la celda de flotación, los tubos de chorro están dispuestos a igual distancia unos de otros de modo que una distancia entre dos boquillas de salida adyacentes cualesquiera es la misma.

El número exacto de tubos de chorro dentro de una celda de flotación puede depender del tamaño o volumen del tanque de flotación, del tipo de material a recoger y de otros parámetros del procedimiento. Disponiendo un número suficiente de tubos de chorro en una celda de flotación, y disponiéndolos de una manera específica en relación con el centro del tanque de flotación y el perímetro y/o la pared lateral, se puede asegurar una distribución uniforme de burbujas finas, al tiempo que se garantiza una alta probabilidad de colisión entre burbujas y burbujas y partículas de mena. Se puede asegurar un efecto de mezcla uniforme causado por las fuerzas de cizallamiento dentro del tanque de flotación.

20

25

En una realización de la celda de flotación, el diámetro de una boquilla de salida es del 10 % al 30 % del diámetro de una cámara alargada de un tubo de chorro.

En una realización posterior de la celda de flotación, el diámetro de la boquilla de salida es de 40 a 100 mm.

Disponiendo una boquilla de salida para que tenga un determinado diámetro, la velocidad de la alimentación de la suspensión puede mantenerse a un nivel favorable para la creación de burbujas de gas de flotación de pequeño tamaño, y para la probabilidad de que estas burbujas entren en contacto con las partículas de mena en la suspensión. Especialmente, para mantener una onda de choque después de la boquilla de salida, es necesario mantener una velocidad de la suspensión de 10 m/s o superior. Por medio de realizar el diseño de la boquilla de salida en relación con el tamaño del tubo de chorro se permite tener en cuenta el efecto del caudal de flujo de la alimentación de la suspensión en distintos tipos de celdas de flotación.

30

35

En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, un tubo de chorro comprende además un impulsor configurado para entrar en contacto con un flujo de alimentación de suspensión procedente de la boquilla de salida y para dirigir el flujo de alimentación de suspensión radialmente hacia fuera y hacia arriba del impulsor.

En una realización posterior de la celda de flotación, una distancia desde un fondo del impulsor hasta la boquilla de salida es de 2 a 20 veces el diámetro de la boquilla de salida.

40

En otra realización posterior de la celda de flotación, una distancia de un fondo del impulsor desde el fondo del tanque de flotación es de al menos 0.3 m.

Un impulsor desvía el flujo de alimentación de suspensión radialmente hacia fuera, hacia la pared lateral del tanque de flotación y hacia arriba, hacia la superficie superior del tanque de flotación (es decir, hacia la capa de espuma), de modo que los aglomerados de partículas de mena - burbujas finas de gas de flotación no entran en cortocircuito en los relaves. Toda la alimentación de suspensión de los tubos de chorro se ve obligada a subir hacia la capa de espuma en la región superior del tanque de flotación antes de que la gravedad tenga la oportunidad de influir en las partículas no adheridas a las burbujas de gas de flotación, obligándolas a descender y, eventualmente, a reportarse al flujo de relaves o al flujo inferior. De este modo puede disminuirse la probabilidad de cortocircuito del material valioso que contiene partículas. La suspensión se agita mucho por la energía del flujo desviado y forma vórtices de mezcla en los que el tamaño de las burbujas puede reducirse aún más por las fuerzas de cizallamiento que actúan sobre ellas. Las condiciones de alto cizallamiento también inducen favorablemente un elevado número de contactos entre las burbujas de gas de flotación y las partículas de la suspensión dentro del tanque de flotación. A medida que el flujo de suspensión es forzado hacia arriba,

45

50

55

hacia la capa de espuma, la turbulencia se reduce y el flujo se vuelve relativamente uniforme, lo que puede contribuir a la estabilidad de las burbujas ya formadas, y a la flotación de los aglomerados de burbujas de gas y partículas de mena, especialmente los que comprenden partículas más gruesas.

5 Disponiendo la boquilla de salida y el impulsor a una distancia óptima entre sí, el impulsor puede configurarse para desviar y dirigir el flujo de la alimentación de suspensión radialmente hacia fuera y hacia arriba del impulsor para crear las zonas de mezcla anteriormente mencionadas dentro del tanque de flotación, y para promover el ascenso de partículas hacia la capa de espuma. Al mismo tiempo, puede ser necesario minimizar el desgaste causado por los flujos de suspensión a alta velocidad en el impulsor. Posicionando la boquilla de salida y el impulsor en una cierta relación entre sí, puede ser posible optimizar el procedimiento de flotación dentro de una celda de flotación equipada con tubos de chorro, así como minimizar el desgaste de las piezas del impulsor.

En una realización de la celda de flotación de acuerdo con la invención, una boquilla de salida comprende un estrangulador para restringir el flujo de alimentación de suspensión desde la boquilla de salida.

15 Se crea una onda de choque supersónica cuando la velocidad de la alimentación de suspensión que pasa a través de la boquilla de salida supera la velocidad del sonido, es decir, el flujo de alimentación de suspensión se estrangula cuando la relación entre la presión absoluta aguas arriba de la boquilla de salida y la presión absoluta aguas abajo del estrangulador de la boquilla de salida supera un valor crítico. Cuando la relación de presiones es superior al valor crítico, el flujo de alimentación de la suspensión aguas abajo de la parte de estrangulamiento de la boquilla de salida se vuelve supersónico y se forma una onda de choque. Las pequeñas burbujas de gas de flotación en la mezcla de alimentación de suspensión se dividen en partes aún más pequeñas al ser forzadas a través de la onda de choque, y son forzadas a entrar en contacto con las partículas hidrofóbicas de mena en la alimentación de suspensión, creando así aglomerados de burbujas de gas de flotación y partículas de mena. Después de salir de la boquilla de salida, las partículas finas de mena pueden entrar en contacto con las pequeñas burbujas de gas de flotación por segunda vez, ya que hay varios de tales tubos de chorro/boquillas de salida que descargan en una zona de mezcla común en la que la probabilidad de contactos secundarios entre burbujas y partículas aumenta debido a los flujos entremezclados de suspensión que salen de los tubos de chorro.

En una realización de la celda de flotación, ésta comprende además un circuito de acondicionamiento.

En una realización posterior de la celda de flotación, el circuito de acondicionamiento comprende un tanque de bombeo en comunicación fluida con el tanque de flotación, en el que la alimentación del tanque de bombeo de suspensión fresca y una fracción de suspensión tomada del tanque de flotación a través de una salida están dispuestas para combinarse en la alimentación de suspensión.

En aún otra realización más de la celda de flotación, la salida está dispuesta en la pared lateral del tanque de flotación, a una distancia del fondo del tanque de flotación.

35 En aún otra realización más de la celda de flotación, la distancia de la salida desde el fondo del tanque de flotación es de 0 a 50 % de la altura del tanque de flotación.

En una realización posterior de la celda de flotación, el circuito de acondicionamiento comprende además una bomba dispuesta para la admisión de la fracción de suspensión desde el tanque de flotación y para el reenvío de la alimentación de suspensión desde el tanque de bombeo.

40 En una realización posterior de la celda de flotación, el circuito de acondicionamiento comprende además una unidad de distribución dispuesta para distribuir la alimentación de suspensión en tubos de chorro.

Tomando suspensión del fondo de una celda de flotación se puede asegurar que las partículas más finas asentadas en el fondo del tanque de flotación pueden ser reintroducidas eficientemente en la parte del tanque de flotación donde tiene lugar el procedimiento de flotación activa, antes de que las partículas más finas sean reportadas a relaves. De este modo, la tasa de recuperación de material valioso puede mejorarse, ya que las partículas que comprenden incluso cantidades mínimas de material valioso pueden recogerse en el concentrado.

50 Recirculando en los tubos de chorro una fracción de suspensión procedente de la parte inferior del tanque de flotación a través de una salida dispuesta en la pared lateral del tanque de flotación, la fracción recirculada se obtiene así en una zona en la que la suspensión en su mayor parte comprende partículas que descienden o se sedimentan hacia el fondo del tanque. Debido a la naturaleza probabilística de un procedimiento de flotación, las partículas pueden, sin embargo, seguir conteniendo material valioso. Especialmente en la zona de sedimentación más cercana a la pared lateral del tanque de flotación, la suspensión puede comprender material valioso que comprende partículas que no han sido capturadas por las burbujas de gas de flotación y/o por el flujo de suspensión dirigido hacia arriba cerca de los impulsores en la zona de mezcla. En esta posición, la suspensión también se ve afectada por el flujo de alimentación de suspensión procedente de un único tubo de chorro, lo que crea turbulencias. Por lo tanto, hay una mayor probabilidad de que las partículas que contienen material valioso no sean capturadas por las burbujas de gas de flotación y/o el flujo de suspensión dirigido

hacia arriba. Para recuperar también material valioso de estas partículas, puede ser favorable tratar de nuevo esta fracción de suspensión en la misma celda de flotación, por ejemplo, como parte de la alimentación de suspensión. Por lo tanto, la recuperación global puede mejorarse aún más.

- 5 El procedimiento de flotación puede hacerse más eficiente cuando sólo una parte de la suspensión dentro del tanque de flotación se recircula de nuevo al mismo tanque de flotación como alimentación de suspensión a través de los tubos de chorro. Especialmente como los impulsores, diseñados para dirigir el flujo de suspensión radialmente hacia fuera y hacia arriba para formar condiciones turbulentas a la zona de mezcla y a las subzonas de mezcla adicionales, como se explicó anteriormente, son altamente eficientes en la creación de condiciones favorables para la creación de aglomerado de burbujas de gas de flotación - partículas y así asegurar la recuperación efectiva de partículas que comprenden material valioso, puede no ser necesario recircular cantidades sustanciales de suspensión para ser tratada de nuevo en la misma celda de flotación. Puede bastar con tratar los relaves de una celda de flotación en otra celda de flotación para garantizar una alta recuperación. Como la probabilidad de que las partículas que contienen material valioso hagan cortocircuito en los relaves/flujo inferior, puede que no sea necesario recircular una fracción de la suspensión del tanque de flotación, o puede que sólo sea necesario recircular una pequeña parte para mejorar la recuperación de ese tal modo.

- 20 Los tubos de chorro y especialmente los impulsores pueden crear condiciones favorables con respecto a la recuperación de partículas, que una celda de flotación puede disponerse para tratar únicamente suspensión fresca, es decir, una alimentación de suspensión procedente de una celda de flotación anterior o de un paso de procedimiento anterior. Puede que no sea necesario recircular suspensión del tanque de flotación para volver a tratarla en el mismo tanque de flotación, pero cualquier material valioso que comprenda partículas que permanezcan en la parte de la suspensión que desciende hacia el fondo del tanque puede ser conducido a un tratamiento adicional a un tanque de flotación posterior, y la recuperación de material valioso aún mejorada por la invención.

- 25 En una realización de la línea de flotación de acuerdo con la invención, la celda de flotación de acuerdo con la invención está precedida por una celda de flotación. La celda de flotación precedente puede ser de cualquier tipo adecuado.

En una realización de la línea de flotación, la celda de flotación de acuerdo con la invención está precedida por una celda de flotación mecánica.

- 30 En una realización posterior de la línea de flotación, la línea de flotación comprende una parte de desbaste con una celda de flotación; una parte de barrido con una celda de flotación dispuesta para recibir el flujo inferior de la parte de desbaste; y una parte de barrido de limpieza con una celda de flotación dispuesta para recibir el flujo superior de la parte de barrido, en la que la última celda de flotación de la parte de barrido y/o de la parte de barrido de limpieza es una celda de flotación de acuerdo con la invención.

- 35 En una realización aún posterior de la línea de flotación, la celda de flotación de acuerdo con la invención está precedida por una celda de flotación mecánica.

Una realización del uso de la línea de flotación de acuerdo con la invención está destinada particularmente a recuperar partículas de mena mineral que comprenden minerales no polares tales como grafito, azufre, molibdenita, carbón y talco.

- 40 El tratamiento de suspensiones para la recuperación de tales minerales industriales tales como bentonita, sílice, yeso o talco, puede mejorarse utilizando flotación inversa. En la recuperación de minerales industriales, el objetivo de la flotación puede ser, por ejemplo, la eliminación de las partículas oscuras en el rechazo del flujo superior, y la recuperación de las partículas blancas en la aceptación del flujo inferior. En ese tipo de procedimiento, algunas de las partículas blancas más ligeras y finas pueden acabar en el flujo superior. Esas partículas podrían recuperarse eficazmente mediante la invención de acuerdo con la presente divulgación. En la flotación inversa, las partículas que comprenden material indeseable se eliminan de la suspensión disponiendo las burbujas de gas para que se adhieran a esas partículas y retirándolas de la celda de flotación en el flujo superior, mientras que las partículas que comprenden material valioso se recuperan en el flujo inferior, invirtiendo así los flujos de flotación convencionales de aceptación en el flujo superior y rechazo en el flujo inferior. Normalmente, en la flotación inversa, el gran arrastre de masa de material no valioso puede causar problemas significativos en el control del procedimiento de flotación.

Una realización del uso de la línea de flotación de acuerdo con la invención está particularmente destinada a recuperar partículas que comprenden minerales polares.

- 55 Una realización del uso de la línea de flotación está particularmente prevista en la recuperación de partículas de minerales que tienen una dureza Mohs de 2 a 3, tales como galena, minerales de sulfuro, minerales PGM, y/o minerales REO.

Una realización posterior del uso de la línea de flotación está particularmente destinada a recuperar partículas que comprenden Pt.

Una realización del uso de la línea de flotación está particularmente destinada a recuperar partículas que comprenden Cu a partir de minerales que tienen una dureza Mohs de 3 a 4.

- 5 Una realización posterior del uso de la línea de flotación está particularmente destinada a recuperar partículas que comprenden Cu a partir de mena de baja ley.

El mineral valioso puede ser por ejemplo Cu, o Zn, o Fe, o pirita, o sulfuro metálico tal como sulfuro de oro. También pueden recuperarse, de acuerdo con los diferentes aspectos de la presente invención, partículas de mena mineral que contengan otros minerales valiosos como Pb, Pt, PGMs (metales del grupo del platino Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt), mineral de óxido, minerales industriales tales como Li (es decir, espodumeno), petalita y minerales de tierras raras.

- 10

Por ejemplo, en la recuperación de cobre a partir de menas de baja ley obtenidos de depósitos pobres de mena mineral, las cantidades de cobre pueden ser tan bajas como el 0.1 % en peso de la alimentación, es decir, de la alimentación de suspensión en la línea de flotación. La línea de flotación de acuerdo con la invención puede ser muy práctica para recuperar cobre, ya que el cobre es un mineral denominado fácilmente flotable. En la liberación de partículas de mena que comprenden cobre, puede ser posible obtener un grado relativamente alto de las primeras celdas de flotación de la línea de flotación. La recuperación puede incrementarse aún más mediante una celda de flotación de acuerdo con la invención.

- 15

Mediante el uso de la disposición de flotación de acuerdo con la presente invención, la recuperación de tales cantidades bajas de mineral valioso, por ejemplo, cobre, puede aumentarse eficientemente, e incluso los depósitos pobres pueden utilizarse de manera rentable. Como los yacimientos ricos conocidos ya se han explotado cada vez más, existe una necesidad tangible de procesar también los yacimientos menos favorables, que antes podían haberse dejado sin explotar por falta de tecnología y procedimientos adecuados para recuperar el material valioso en cantidades muy bajas en la mena.

- 20

25 **Breve descripción de los dibujos**

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mayor comprensión de la presente divulgación y que constituyen una parte de esta especificación, ilustran realizaciones de la divulgación y junto con la descripción ayudan a explicar los principios de la presente divulgación. En los dibujos:

La Figura 1 es una proyección en 3D de una celda de flotación de acuerdo con una realización de la invención,

- 30 La Figura 2 representa una celda de flotación de acuerdo una realización de la invención, vista desde arriba,

La Figura 3 representa una celda de flotación de acuerdo con una realización de la invención en vista lateral,

La Figura 4 es una sección transversal vertical de la celda de flotación de la Figura 3 a lo largo de una sección A-A,

- 35 La Figura 5 es una ilustración esquemática de una celda de flotación de acuerdo con la invención, en la que se detallan las dimensiones de la celda de flotación,

La Figura 6 muestra esquemáticamente realizaciones de la celda de flotación donde los tubos de chorro están dispuestos a diferentes profundidades dentro del tanque de flotación,

Las Figuras 7a y 7b son dibujos esquemáticos de líneas de flotación de acuerdo con realizaciones de la invención, y

- 40 La Figura 8 muestra secciones transversales verticales esquemáticas de realizaciones de tanques de flotación de acuerdo la invención.

La Figura 9 es una presentación esquemática de las formas de la estructura del fondo de acuerdo con las realizaciones de la celda de flotación.

Descripción detallada

- 45 Se hará referencia ahora en detalle a las realizaciones de la presente divulgación, un ejemplo de las cuales se ilustra en los dibujos adjuntos.

La descripción a continuación divulga algunas realizaciones con tal detalle que un experto en la técnica es capaz de utilizar la celda de flotación, la línea de flotación y su uso basado en la divulgación. No todos los pasos de las realizaciones se discuten en detalle, ya que muchos de los pasos serán obvios para el experto en la técnica basado en esta divulgación.

- 50

Por razones de simplicidad, los números de artículo se mantendrán en las siguientes realizaciones ejemplares en el caso de componentes que se repiten.

Las figuras adjuntas 1-6 y 8 ilustran una celda de flotación 1 con cierto detalle. Las figuras no están dibujadas en proporción, y muchos de los componentes de la celda de flotación 1 se omiten para mayor claridad. Las Figuras 7a-b ilustran de manera esquemática realizaciones de la línea de flotación. La dirección de los flujos de suspensión se muestra en las figuras mediante flechas.

La celda de flotación 1 de acuerdo con la invención está destinada a tratar partículas de mena mineral suspendidas en suspensión y a separar la suspensión en un flujo inferior 400 y un flujo superior 500, comprendiendo el flujo superior 500 un concentrado de un mineral deseado.

Refiriéndose en particular a las figuras 1-5, la celda de flotación 1 comprende un tanque de flotación 10 que tiene un centro 11, un perímetro 12, un fondo 13 y una pared lateral 14. La celda de flotación 1 comprende además un canal de evacuación 2 y un borde del canal de evacuación 21 que rodea el perímetro 12 del tanque de flotación 10.

En las figuras adjuntas, el canal de evacuación 2 es un canal de evacuación perimetral. Debe entenderse que un canal de evacuación 2 puede comprender, alternativa o adicionalmente, un canal de evacuación central dispuesto en el centro 11 del tanque de flotación 10, como es conocido en el campo técnico. El borde del canal de evacuación de un canal de evacuación central puede estar orientado hacia el perímetro 12 del tanque de flotación 10, o hacia el centro 11 del tanque de flotación 10, o hacia ambos. El flujo superior 500 se recoge en el canal de evacuación 2 o en los canales de evacuación a medida que pasa sobre el borde del canal de evacuación 21, a partir de una capa de espuma formada en la parte superior del tanque de flotación 10. La capa de espuma comprende una superficie de espuma abierta A_f en la parte superior del tanque de flotación 10.

El flujo inferior 400 se retira o se conduce fuera del tanque de flotación a través de una salida de relaves 140. De acuerdo con una realización, la salida de relaves 140 puede estar dispuesta en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 (véase la Figura 4). La salida de relaves 140 puede estar dispuesta en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 a una distancia del fondo 13 del tanque de flotación 10. La distancia debe entenderse como la distancia del punto más bajo de la salida de relaves 140 o abertura de salida en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 desde el fondo del tanque 13. La distancia L_6 puede ser del 1 al 15 % de la altura H del tanque de flotación 10. Por ejemplo, la distancia L_6 puede ser del 2 %, o del 5 %, o del 7.5 %, o del 12 % de la altura H . Alternativamente, la salida de relaves 140 puede estar dispuesta en el fondo 13 del tanque de flotación 10 (véase la Figura 1). La salida de relaves 140 puede ser controlada por una válvula de dardo, o por cualquier otra forma adecuada conocida en el campo, para controlar el caudal de flujo inferior del tanque de flotación 10. Incluso si la salida de relaves 140 está controlada por estructuras internas o externas, tales como cajas de dardos de flujo ascendente o descendente, respectivamente, la salida de relaves 140 está situada idealmente en la parte inferior del tanque de flotación 10, es decir, cerca o adyacente al fondo 13 del tanque de flotación, o incluso en el fondo 13 del tanque de flotación 10. Más específicamente, el flujo inferior 400 o los relaves se retiran de la parte inferior del tanque de flotación 10, y en o cerca de la pared lateral 14 del tanque de flotación 10.

El tanque de flotación 10 puede comprender además un concentrador de espuma 6 conformado para dirigir la espuma en la superficie de espuma abierta A_f hacia el borde del canal de evacuación 21. El concentrador de espuma 6 puede ser un concentrador de espuma central, como se muestra en la Figura 2, o un concentrador de espuma perimetral interno dispuesto dentro del tanque de flotación 10 a una profundidad deseada, en la pared lateral del tanque de flotación 10.

Un concentrador de espuma central 61 está dispuesto concéntricamente al centro 11 del tanque de flotación 10. El concentrador de espuma central 61 puede tener forma de cono o de cono truncado. El concentrador de espuma central 61 puede tener forma de pirámide o de pirámide truncada. En otras palabras, una sección transversal vertical de un concentrador de espuma central 61 puede ser un triángulo invertido con un vértice apuntando hacia el fondo 13 del tanque de flotación. En el caso de que el concentrador de espuma central 61 tenga una estructura o forma truncada, el vértice es sólo funcional, es decir, debe visualizarse como el punto más bajo de la estructura o forma en continuidad con una forma completa no truncada, por lo que puede identificarse un ángulo incluido α independientemente de la forma real del concentrador de espuma central. El ángulo incluido α puede ser de 20 a 80°. Por ejemplo, el ángulo incluido α puede ser de 22°, o 37.5° o 45°, o 55°, o 63.75°, o 74°. En una realización, el concentrador de espuma central 61 está dispuesto para bloquear del 25 al 40 % de la superficie de espuma abierta A_f .

Alternativa o adicionalmente al concentrador de espuma central 61, el tanque de flotación puede comprender un concentrador perimetral interno 62, dispuesto en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 de manera que un punto más bajo 620 del concentrador perimetral interno esté situado a una distancia h_2 del fondo 13 del tanque de flotación 10. La distancia h_2 puede ser de 1/2 a 2/3 de la altura H del tanque de flotación 10. El concentrador perimetral interno 62 puede estar formado para comprender una entrada diagonal que parte del

punto más bajo 620, y está inclinada hacia el centro 11 del tanque de flotación 10, y se extiende entre una primera parte de la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 y una segunda parte de la pared lateral 14, de modo que el ángulo de inclinación de la entrada diagonal con respecto a la primera parte de la pared lateral 14 es de 20 a 80°. El ángulo de inclinación puede ser, por ejemplo, de 22°, o 37.5°, o 45°, o 55°, o 63.75°, o 74°.

5 El concentrador perimetral interno 62 puede estar dispuesto para bloquear 1/5 a 1/4 de un área de pulpa A_p , que se mide a una distancia h_1 de una boquilla de salida 43 de un tubo de chorro 4 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10, en un área de mezcla A. El área de mezcla A, es decir, la parte o zona del tanque de flotación en dirección vertical donde la suspensión es agitada o inducida de otro modo a mezclar las partículas de mena suspendidas en la suspensión con las burbujas de gas de flotación, se forma aproximadamente en una sección

10 vertical del tanque de flotación 10 alrededor de las partes inferiores de los tubos de chorro 4 y los impulsores 44 (véase la Figura 5).

Adicional o alternativamente, el tanque de flotación 10 puede comprender además una estructura de fondo 7 (véanse las Figuras 5 y 9), dispuesta en el fondo (13), y con una forma que permite que las partículas suspendidas en la suspensión se mezclen en una zona de mezcla creada sobre la estructura del fondo 7, y se

15 asienten en una zona de sedimentación que rodea la estructura del fondo 7.

La forma de la estructura de fondo 7 puede definirse como sigue (véase la Figura 9): puede entenderse que la sección transversal vertical de la estructura de fondo presenta la forma de un triángulo funcional 700 que comprende un primer vértice (superior) 71, que apunta en dirección opuesta al fondo 13 del tanque de flotación 10; un segundo vértice 71a; y un tercer vértice 71b, estos dos últimos dispuestos en el fondo 13 del tanque de

20 flotación 10. Entre el primer vértice 71 y el segundo vértice 71a se forma un primer lado a. Entre el primer vértice 71 y el tercer vértice 71b se forma un segundo lado b. Entre el segundo vértice 71a y el tercer vértice 71b se forma una base c, siendo la base c entonces paralela al y en el fondo 13 del tanque de flotación 10. Un eje central 70 del triángulo funcional 700 es sustancialmente concéntrico con el centro 11 del tanque de flotación 10. "Sustancialmente" en este contexto debe entenderse de manera que durante la fabricación y/o instalación

25 de la estructura del fondo 7, es posible que se produzcan de forma natural ligeras desviaciones del centro 11 del tanque de flotación 10. La intención es, no obstante, que los dos ejes, el eje central 70 del triángulo funcional (que es también el eje central de la estructura del fondo 7) y el centro del tanque de flotación 10 sean coaxiales.

Un ángulo de base α entre el primer lado a y la base c y/o entre el segundo lado b y la base c), con respecto al fondo 13 del tanque de flotación 10 es de 20 a 60°. Por ejemplo, el ángulo α puede ser de 22°, o 27.5° o 35°, o 45°, o 53.75°. Además, un ángulo incluido β entre el primer lado a y el segundo lado b es de 20 a 100°.

30 Preferentemente, el ángulo incluido β es de 20 a 80°. Por ejemplo, el ángulo incluido β puede ser de 22°, o 33.5°, o 45°, o 57.75°, o 64°, u 85.5°. Por tanto, el triángulo funcional puede ser un triángulo isósceles o un triángulo equilátero.

El triángulo funcional es en esencia una forma que puede identificarse a través de las características mencionadas, independientemente de la forma real de la estructura del fondo 7, que puede ser, dependiendo de la sección transversal y de otros detalles estructurales del tanque de flotación 10, por ejemplo, un cono, un cono truncado, una pirámide o una pirámide truncada. Un cono o un cono truncado pueden ser adecuados para un tanque de flotación con una sección transversal circular. Una pirámide o una pirámide truncada puede ser una forma adecuada para un tanque de flotación con una sección transversal rectangular.

35

La estructura del fondo 7 comprende una base 73, correspondiente a la base c del triángulo funcional 700 (es decir, la base c del triángulo funcional 700 define la base 73 de la estructura del fondo 7), y dispuesta sobre el fondo 13 del tanque de flotación 10. Además, la estructura del fondo comprende un manto 72. El manto 72 está definido al menos por el primer vértice 71, el segundo vértice 71a y el tercer vértice 71b del triángulo funcional 700. Por lo tanto, independientemente de la forma real de la estructura del fondo 7, el triángulo funcional 700

40 define las dimensiones físicas extremas de la estructura del fondo 7. Por ejemplo, en el caso de que la estructura del fondo 7 tenga una forma irregular, pero sea rotacionalmente simétrica, encajaría en el triángulo funcional 700 en su totalidad (véase la última imagen de la Figura 9). En una realización, el manto 72 está definido al menos en parte por el primer lado a y el segundo lado b del triángulo funcional. Un ejemplo de tal realización es una estructura del fondo 7 que tiene la forma de un cono truncado (véase la imagen central de la Figura 9). En una realización, el manto 72 está definido esencialmente en su totalidad por el primer lado a y el segundo lado b del triángulo funcional 700, es decir, la estructura del fondo 7 tiene forma de cono (véase la

45 primera imagen de la Figura 9).

50

La estructura del fondo 7 tiene una altura h_4 , medida desde la parte más superior de la estructura del fondo 7 hasta el fondo 13 del tanque de flotación 10. En caso de que la forma de la estructura del fondo sea un cono o una pirámide, la parte más superior es también el primer vértice 71 del triángulo funcional 700. En caso de que la estructura del fondo 7 tenga algún tipo de forma truncada, la altura h_4 se mide desde el nivel superior de la forma truncada (véase la imagen central de la Figura 8) hasta el fondo 13 del tanque de flotación 10. La altura h_4 es mayor que 1/5 y menor que 3/4 de la altura H del tanque de flotación 10. Además, el diámetro d_3 de la base 73 de la estructura del fondo 7 puede ser de 1/4 a 3/4 de un diámetro d_1 del fondo 13 del tanque de

55 flotación 10. En caso de que el tanque de flotación 10 y/o la estructura del fondo 7 tengan una sección transversal no circular, los diámetros se miden como las diagonales máximas de las partes respectivas (base

60

73 y fondo 13). En una realización, el área de superficie de una base 73 de la estructura del fondo 7 es inferior al 80 % del área de superficie del fondo 13 del tanque de flotación 10. El área de superficie de la base 73 puede ser del 25 al 80 % del área de superficie del fondo 13 del tanque de flotación 10.

- 5 Además, el volumen del tanque de flotación 10 tomado por la estructura del fondo 7 puede ser del 30 al 70 % del volumen del tanque de flotación 10 tomado por la zona de mezcla A.

La estructura del fondo 7 puede comprender adicionalmente cualesquiera estructuras de soporte y/o estructuras de conexión adecuadas para instalar la estructura del fondo 7 en el tanque de flotación 10, en el fondo 13 del tanque de flotación 10. La estructura del fondo 7 puede estar hecha de cualquier material adecuado, tal como metal, por ejemplo, acero inoxidable.

- 10 El tanque de flotación 10 tiene una altura H , medida como la distancia desde el fondo 13 del tanque de flotación 10 hasta el borde del canal de evacuación 21. En el perímetro 12 de la cuba de flotación 10, la altura H es como máximo un 20 % inferior a la altura H en el centro 11 del tanque de flotación 10. En otras palabras, el tanque de flotación 10 puede tener diferentes secciones transversales verticales (véase la Figura 8); por ejemplo, la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 puede incluir en su parte inferior una sección inclinada hacia el centro 11 del tanque de flotación 10.

Además, el tanque de flotación 10 tiene un diámetro D , medido a una distancia h_1 de una boquilla de salida 43 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10. En una realización, la relación entre la altura H y el diámetro D H/D del tanque de flotación 10 es de 0.5 a 1.5.

- 20 El tanque de flotación 10 puede tener un volumen de al menos 20 m³. El tanque de flotación 10 puede tener un volumen comprendido entre 20 y 1000 m³. Por ejemplo, el volumen del tanque de flotación 10 puede ser de 100 m³, o de 200 m³, o de 450 m³, o de 630 m³.

- 25 El tanque de flotación 10 comprende tubos de chorro 4 para introducir la alimentación de suspensión 100 en el tanque de flotación 10. Un tubo de chorro 4 comprende una boquilla de entrada 41 para alimentar la alimentación de suspensión 100 en el tubo de chorro 4; una entrada 42 para aire a presión u otro gas, de modo que la alimentación de suspensión 100 pueda someterse a aire a presión u otro gas a medida que se descarga de la boquilla de entrada 41; una cámara alargada 40 dispuesta para recibir bajo presión la alimentación de suspensión 100; una boquilla de salida 43 configurada para restringir el flujo de la alimentación de suspensión 100 desde la boquilla de salida 43, y para mantener la alimentación de suspensión en la cámara alargada 40 bajo presión.

- 30 La boquilla de salida 43 puede configurarse además para producir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión, induciendo la onda de choque supersónica la formación de aglomerados de partículas - burbujas de gas de flotación. Por ejemplo, y a la boquilla de salida 43 puede inducir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión 100 a medida que sale del tubo de chorro 40. Además, la onda de choque supersónica puede extenderse a la suspensión adyacente o circundante a la boquilla de salida, de modo que incluso fuera del tubo de chorro es posible la creación de aglomerados de partículas - burbujas de gas de flotación de pequeño tamaño.

- 40 El gas de flotación es arrastrado a través de una acción de mezcla turbulenta provocada por el chorro, y se dispersa en pequeñas burbujas en la alimentación de suspensión 100 a medida que se desplaza hacia abajo a través de la cámara alargada 40 hasta una boquilla de salida 43 configurada para restringir el flujo de la alimentación de suspensión 100 desde la boquilla de salida 43, y configurada además para mantener la alimentación de suspensión 100 bajo presión en la cámara alargada 40.

Para restringir el flujo, una boquilla de salida 43 puede comprender un estrangulador tal como una estructura de restricción en forma de garganta. Desde la boquilla de salida 43, más concretamente desde el estrangulador, la alimentación de suspensión 100 sale a presión hacia el tanque de flotación 10.

- 45 A medida que la alimentación de suspensión 100 pasa a través de la boquilla de salida 43, o a través del estrangulador de la boquilla de salida 43, las burbujas de gas de flotación se reducen de tamaño por los cambios de presión, y por el entorno de alto cizallamiento aguas abajo de la boquilla de salida 43. La velocidad de la mezcla gas-líquido en la boquilla de salida 43, o en el estrangulamiento, puede superar la velocidad del sonido cuando el flujo de la alimentación de suspensión 100 se convierte en un flujo estrangulado y el flujo aguas abajo del estrangulamiento se vuelve supersónico, y se forma una onda de choque en la sección divergente de la boquilla de salida 43. En otras palabras, la boquilla de salida 43 está configurada para inducir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión 100.

- 55 El flujo de alimentación de suspensión 100 se estrangula cuando la relación entre la presión absoluta aguas arriba de la boquilla de salida 43 y la presión absoluta aguas abajo de un estrangulador u otra estructura de restricción de la boquilla de salida 43 supera un valor crítico. Cuando la relación de presión es superior al valor crítico, el flujo de alimentación de suspensión 100 aguas abajo del estrangulamiento de la boquilla de salida 43 se vuelve supersónico y se forma una onda de choque. Las pequeñas burbujas de gas de flotación en la mezcla

de la alimentación de suspensión 100 se dividen en burbujas aún más pequeñas al ser forzadas a través de la onda de choque, y son forzadas a entrar en contacto con partículas de mena hidrofóbicas en la alimentación de suspensión 100, creando así aglomerados de burbujas de gas de flotación y partículas de mena.

Para restringir el flujo, una boquilla de salida 43 puede comprender un estrangulador tal como una estructura de restricción en forma de garganta. Desde la boquilla de salida 43, más concretamente desde el estrangulador, la alimentación de suspensión 100 sale a presión hacia el tanque de flotación 10. A medida que la alimentación de suspensión 100 pasa a través de la boquilla de salida 43, o a través del estrangulador de la boquilla de salida 43, las burbujas de gas de flotación se reducen de tamaño por los cambios de presión, y por el entorno de alto cizallamiento aguas abajo de la boquilla de salida 43. La velocidad de la mezcla gas-líquido en la boquilla de salida 43, o en el estrangulamiento, puede superar la velocidad del sonido cuando el flujo de la alimentación de suspensión 100 se convierte en un flujo estrangulado y el flujo aguas abajo del estrangulamiento se vuelve supersónico, y se forma una onda de choque en la sección divergente de la boquilla de salida 43. En otras palabras, la boquilla de salida 43 está configurada para inducir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión 100. El flujo de alimentación de suspensión 100 se estrangula cuando la relación entre la presión absoluta aguas arriba de la boquilla de salida 43 y la presión absoluta aguas abajo de una estructura de restricción de la boquilla de salida 43 supera un valor crítico. Cuando la relación de presiones es superior al valor crítico, el flujo de alimentación de suspensión 100 aguas abajo de la estructura de restricción de la boquilla de salida 43 se vuelve supersónico y se forma una onda de choque. Las pequeñas burbujas de gas de flotación en la mezcla de la alimentación de suspensión 100 se dividen en burbujas aún más pequeñas al ser forzadas a través de la onda de choque, y son forzadas a entrar en contacto con partículas de mena hidrofóbicas en la alimentación de suspensión 100, creando así aglomerados de burbujas de gas de flotación y partículas de mena.

Una boquilla de salida 43 puede estar dispuesta dentro del tanque de flotación 10 a una profundidad deseada. Una boquilla de salida 43 puede estar situada a una distancia vertical L_5 del borde del canal de evacuación 21, siendo la distancia L_5 de al menos 1.5 m. En otras palabras, la longitud de la porción de un tubo de chorro 4 dispuesto dentro del tanque de flotación 10 por debajo del nivel del borde del canal de evacuación 21 es de al menos 1.5 m. En una realización, la distancia L_5 es de al menos 1.7 m, y la distancia h_1 de la boquilla de salida 43 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10 es de al menos 0.4 m. Por ejemplo, la distancia L_5 puede ser de 1.55 m, o 1.75 m, o 1.8 m, o 2.2 m, o 2.45 m, o 5.25 m; y la distancia h_1 , independientemente de la distancia L_5 , puede ser de 0.45 m, 0.55 m, 0.68 m, 0.9 m, o 1.2 m. Además, la relación entre la distancia L_5 y la altura H del tanque de flotación 10 puede ser de 0.9 o inferior. En la Figura 6 se muestran de manera ejemplar celdas de flotación 10 con tubos de chorro 4 a diferentes profundidades dentro del tanque de flotación 10. La profundidad a la que se disponen los tubos de chorro 4 dentro del tanque de flotación 10 puede depender de varios factores, por ejemplo, de las características de la suspensión y/o del mineral valioso a tratar en la celda de flotación 1, o de la configuración de una línea de flotación en la que esté dispuesta la celda de flotación 1.

La relación entre una distancia h_1 de una boquilla de salida 43 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10 y la altura H del tanque de flotación 10, h_1/H puede ser de 0.1 a 0.75.

Un diámetro de una boquilla de salida 43 puede ser del 10 al 30% del diámetro de una cámara alargada 40 de un tubo de chorro 4. El diámetro de la boquilla de salida 43 puede ser de 40 a 100 mm. Por ejemplo, el diámetro de la boquilla de salida 43 puede ser de 55 mm, 62 mm o 70 mm.

Un tubo de chorro 4 puede comprender además un impulsor 44 configurado para entrar en contacto con un flujo de alimentación de suspensión 100 procedente de la boquilla de salida 43 y para dirigir el flujo de alimentación de suspensión 100 radialmente hacia fuera y hacia arriba del impulsor 44. Por lo tanto, la alimentación de suspensión 100 que sale de la boquilla de salida 43 se dirige para entrar en contacto con el impulsor 44. Una distancia L_3 desde un fondo 440 del impulsor 44 hasta la boquilla de salida 43 puede ser de 5 a 20 veces el diámetro de la boquilla de salida 43. Por ejemplo, la distancia L_3 puede ser 7 veces, o 12 veces, o 15 veces el diámetro de la boquilla de salida 43.

La relación entre la distancia L_3 y la distancia h_1 de una boquilla de salida 43 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10, L_3/h_1 , puede ser inferior a 1.0. Además, una distancia h_3 de un fondo 440 del impulsor 44 desde el fondo 13 del tanque de flotación 10 puede ser de al menos 0.3 m. Por ejemplo, la distancia h_3 puede ser de 0.4 m, o 0.55 m, o 0.75 m, o 1.0 m.

El impulsor 44 puede comprender una superficie de impacto destinada a entrar en contacto con el flujo de alimentación de suspensión 100 que sale de la boquilla de salida 43. La superficie de impacto puede estar hecha de material resistente al desgaste para reducir la necesidad de sustituciones o mantenimiento.

La suspensión, que en esencia es una mezcla de tres fases de gas-líquido-sólido, que sale del impulsor 44 entra en la parte superior del tanque de flotación 10, y las burbujas de gas de flotación suben hacia arriba y se separan del líquido para formar una capa de espuma. La espuma se eleva hacia arriba y se descarga sobre el borde del canal de evacuación 21 en el canal de evacuación 2 y fuera de la celda de flotación 1 como flujo superior 500. Los relaves o el flujo inferior 400, del que se ha eliminado sustancialmente el material deseado,

salen del tanque de flotación 10 a través de una salida dispuesta en el fondo 13 del tanque de flotación 10 o cerca de él.

5 Algunas de las partículas hidrofóbicas gruesas que se transportan a la espuma pueden desprenderse posteriormente de las burbujas de gas de flotación y caer de nuevo en el tanque de flotación 10, como resultado de la coalescencia de burbujas en la espuma. Sin embargo, la mayoría de tales partículas vuelven a caer en el tanque de flotación 10 de tal manera y en tal posición que pueden ser capturadas por las burbujas que acaban de entrar en el tanque de flotación 10 desde los tubos de chorro 4, y transportadas de nuevo a la capa de espuma.

10 Puede haber 2-40 tubos de chorro 4, o 4-24 tubos de chorro 4 dispuestos en una celda de flotación 1. En una realización, hay 16 tubos de chorro 4. En otra realización, hay 24 tubos de chorro 4. En aún otra realización, hay 8 tubos de chorro 4. El número exacto de tubos de chorro 4 puede elegirse de acuerdo con la operación específica, por ejemplo, el tipo de suspensión que se trata en la celda de flotación 1, el caudal volumétrico de alimentación a la celda de flotación 1, el caudal másico de alimentación a la celda de flotación 1 o el volumen o las dimensiones del tanque de flotación 10. Para dispersar adecuadamente el gas de flotación dentro del tanque de flotación 10, pueden emplearse de 4 a 6 tubos de chorro 4.

20 Los tubos de chorro 4 pueden estar dispuestos concéntricamente al perímetro 12 del tanque de flotación 10 a una distancia del centro 11 del tanque de flotación 10. Este puede ser el caso cuando el tanque de flotación 10 es de sección transversal circular. Los tubos de chorro 4 pueden disponerse además de modo que cada tubo de chorro 4 esté situado a una distancia L_1 de una boquilla de salida 43 del centro 11 del tanque de flotación 10, siendo la distancia preferentemente igual para cada tubo de chorro 4. Por ejemplo, la distancia L_1 puede ser del 10 al 40 % del diámetro D del tanque de flotación 10. De acuerdo con diferentes realizaciones del tanque de flotación 10, la distancia L_1 puede ser del 12.5 %, o del 15 %, o del 25 % o del 32.5 % del diámetro D del tanque de flotación 10.

25 Los tubos de chorro 4 pueden estar dispuestos paralelamente a la pared lateral 14 del tanque de flotación 10, a una distancia L_2 de la pared lateral 14. Este puede ser el caso cuando el tanque de flotación 10 es de sección transversal rectangular. La distancia L_2 de la boquilla de salida 43 de un tubo de chorro 4 desde la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 puede ser del 10 al 40 % del diámetro D del tanque de flotación 10. En una realización, la distancia L_2 es el 25 % del diámetro D del tanque de flotación 10. De acuerdo con diferentes realizaciones del tanque de flotación 10, la distancia L_2 puede ser del 12.5 %, o del 15 %, o del 27 % o del 32.5 % del diámetro D del tanque de flotación 10. Además, los tubos de chorro 4 dispuestos en paralelo pueden estar dispuestos en línea recta dentro del tanque de flotación 10.

Además, en todas las realizaciones mencionadas anteriormente, los tubos de chorro 4 pueden estar dispuestos a igual distancia unos de otros de modo que una distancia entre dos boquillas de salida 43 adyacentes cualquiera sea la misma.

35 Una fracción de suspensión 300 puede extraerse del tanque de flotación 10 a través de una salida 31 dispuesta en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10. Esta fracción de suspensión 300 se recircula en los tubos de chorro 4 como alimentación de suspensión. En una realización, la alimentación de suspensión 100 comprende el 50 % o menos de la fracción de suspensión 300. En una realización, la alimentación de suspensión 100 comprende un 30% de la fracción de suspensión 300. Por ejemplo, la alimentación de suspensión puede comprender el 5 %, o el 12.5 %, o el 20 %, o el 30 %, o el 37.5 %, o el 45 % de la fracción de suspensión 300. Alternativamente, la alimentación de suspensión 100 puede comprender un 0 % de fracción de suspensión 300, es decir, no se produce recirculación de suspensión tomado del tanque de flotación 10 de vuelta a la celda de flotación, pero la alimentación de suspensión 100 comprende un 100 % de suspensión fresca 200, por ejemplo, de una celda de flotación anterior (es decir, flujo inferior 400 de una celda de flotación anterior), o de un paso de un procedimiento anterior.

40 La fracción de suspensión 300 puede recircularse a todos los tubos de chorro 4 del tanque de flotación 10, o, alternativamente, a algunos de los tubos de chorro 4, mientras que otros tubos de chorro 4 reciben suspensión fresca 200, que comprende el flujo inferior 400 de una celda de flotación anterior, o un flujo de suspensión de algún paso de un procedimiento precedente, dependiendo de la ubicación de la celda de flotación 1 dentro de una línea de flotación 8. La salida 31 puede estar dispuesta a una distancia L_4 del fondo 13 del tanque de flotación 10. La distancia debe entenderse como la distancia del punto más bajo de la salida o abertura de salida en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10 desde el fondo del tanque 13. La distancia L_4 es de 0 a 50 % de la altura H del tanque de flotación 10. La salida 31 puede situarse ventajosamente en una zona de sedimentación en la que las partículas suspendidas en la suspensión y no capturadas por las burbujas de gas de flotación y/o el flujo ascendente de suspensión descienden hacia el fondo 13 del tanque de flotación 10. En una realización, la salida 31 está dispuesta en la parte inferior del tanque de flotación 10. Por ejemplo, la distancia L_4 puede ser el 2 %, o el 8 %, o el 12.5 %, o el 17 %, o el 25 % de la altura H del tanque de flotación 10. Incluso si la salida 31 está controlada por estructuras internas o externas, tales como cajas de dardos de flujo ascendente o descendente, respectivamente, la salida 31 está situada idealmente en la parte inferior del tanque

de flotación 10, es decir, cerca o adyacente al fondo 13 del tanque de flotación. Más concretamente, la fracción de suspensión 300 se extrae de la parte inferior del tanque de flotación 10.

La celda de flotación 1 también puede comprender un circuito de acondicionamiento 3. El circuito de acondicionamiento 3 puede comprender un tanque de bombeo 30, u otro recipiente adicional de este tipo, en comunicación fluida con el tanque de flotación 10. En el tanque de bombeo 30, la alimentación de suspensión fresca 200 y una fracción de suspensión 300 tomada del tanque de flotación 10 a través de la salida 31 están dispuestas para combinarse en la alimentación de suspensión 100, que luego se conduce a los tubos de chorro 4 del tanque de flotación 10. La suspensión fresca 200 puede ser, por ejemplo, el flujo inferior 400 de una celda de flotación precedente o, en caso de que la celda de flotación 1 sea la primera celda de flotación de una línea de flotación, una alimentación de suspensión procedente de una unidad/paso de molienda o de una unidad/paso de clasificación. También es posible que la fracción de suspensión 300 y la suspensión fresca 200 se distribuyan en los tubos de chorro 4 sin combinarse primero en un tanque de bombeo 30.

La suspensión combinada puede recircularse a todos los tubos de chorro 4 del tanque de flotación 10, o, alternativamente, a algunos de los tubos de chorro 4, mientras que otros tubos de chorro 4 reciben suspensión fresca 200, que comprende el flujo inferior 400 de una celda de flotación anterior, o un flujo de suspensión de algún paso de un procedimiento precedente, dependiendo de la ubicación de la celda de flotación 1 dentro de una línea de flotación 8.

La salida 31 puede estar dispuesta en la pared lateral 14 del tanque de flotación 10, a una distancia L4 del fondo 13 del tanque de flotación 10. La distancia L4 puede ser de 0 a 50 % de la altura H del tanque de flotación 10. Por ejemplo, la distancia L4 puede ser el 2 %, o el 8 %, o el 12.5 %, o el 20 %, o el 33 % de la altura H del tanque de flotación 10.

Adicionalmente, el circuito de acondicionamiento puede comprender una bomba 32 dispuesta para admitir la fracción de suspensión 300 desde el tanque de flotación 10, y para reenviar la alimentación de suspensión 100 desde el tanque de bombeo 30 a los tubos de chorro 4. La fracción de suspensión 300 puede comprender partículas de baja velocidad de sedimentación, como partículas finas de flotación lenta. La fracción de suspensión puede tomarse del fondo del tanque de flotación 10 o cerca de él. Adicional o alternativamente, el circuito de acondicionamiento 3 puede comprender además una unidad de distribución (no mostrada en las figuras), dispuesta para distribuir la alimentación de suspensión 100 en los tubos de chorro 4. La bomba 32 también puede utilizarse para reenviar la alimentación de suspensión 100 a los tubos de chorro 4. Para distribuir uniformemente la alimentación de suspensión 100 en los tubos de chorro 4, puede utilizarse una unidad de distribución. La unidad de distribución puede, por ejemplo, comprender una tubería de alimentación dentro del tanque de flotación 10, configurada para distribuir la fracción de suspensión 300 directamente en los tubos de chorro 4. Por ejemplo, la unidad de distribución puede comprender conductos dispuestos fuera del tanque de flotación 10, que conducen a un distribuidor de alimentación separado configurado para distribuir la fracción de suspensión 300, o una combinación de fracción de suspensión 300 y suspensión fresca 200 en los tubos de chorro 4.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, las líneas de flotación 8 se presentan en las figuras 6a y 6b. Una línea de flotación 8 comprende un número de celdas de flotación conectadas fluidamente 1a, y al menos una de las celdas de flotación es una celda de flotación 1 de acuerdo con las realizaciones descritas anteriormente de la celda de flotación 1 de acuerdo con la invención. En una realización de la línea de flotación 8, la celda de flotación 1 de acuerdo con la invención está precedida por una celda de flotación 1a. Una celda de flotación 1a puede ser de cualquier tipo conocido en la materia. Alternativa o adicionalmente, la celda de flotación 1 puede ir precedida de una celda de flotación mecánica 1b (véase la Figura 6a).

En una realización de la línea de flotación 8, ésta comprende una parte de desbaste 81 con una celda de flotación 1a; una parte de barrido 82 con una celda de flotación 1a dispuesta para recibir el flujo inferior 400 de la parte de desbaste 81; y una parte de barrido de limpieza 820 con una celda de flotación 1a dispuesta para recibir el flujo superior 500 de la parte de barrido 82 (véase la Figura 6b). En la línea de flotación 8, la última celda de flotación 1 de la parte de barrido 82, y alternativa o adicionalmente, la última celda de flotación 1 de la parte de barrido de limpieza 820 es una celda de flotación 1 de acuerdo con la invención, con tubos de chorro 4. Además, en la línea de flotación 8, como se ha descrito anteriormente, la celda de flotación 1 de acuerdo con la invención, con los tubos de chorro 4, puede ir precedida de una celda de flotación mecánica 1b.

La línea de flotación 8 puede ir precedida de otros procedimientos tales como molienda, clasificación, cribado, procedimiento pesado-medio, procedimiento de recuperación de partículas gruesas, espirales y otros procedimientos de separación; y otros procedimientos de flotación. A la línea de flotación 8 pueden seguir varios procedimientos, como la molienda, la limpieza u otros procedimientos de flotación, la centrifugación, el filtrado, el cribado o la deshidratación.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, la línea de flotación 8 puede utilizarse en la recuperación de partículas que comprenden un material valioso suspendido en la suspensión. En una realización, el uso puede

estar dirigido a recuperar partículas que comprenden minerales no polares tales como grafito, azufre, molibdenita, carbón, talco.

De acuerdo con otra realización, el uso puede estar dirigido a recuperar partículas que comprenden minerales polares.

- 5 En una realización posterior, el uso está dirigido a recuperar partículas de minerales que tienen una dureza Mohs de 2 a 3, tales como galena, minerales de sulfuro, PGMs, minerales REO. En una aún posterior realización, el uso se dirige específicamente a la recuperación de partículas que comprenden platino.

- 10 En una realización posterior, el uso está dirigido a recuperar partículas que comprenden cobre a partir de partículas minerales que tienen una dureza Mohs de 3 a 4. En una aún posterior realización, el uso se dirige específicamente a la recuperación de partículas que comprenden cobre a partir de mineral de baja ley.

- 15 Las realizaciones descritas en el presente documento de aquí hacia atrás pueden utilizarse en cualquier combinación entre sí. Varias de las realizaciones pueden combinarse entre sí para formar otra forma de realización posterior. Una celda de flotación con la que se relaciona la divulgación, puede comprender al menos una de las realizaciones descritas anteriormente. Es obvio para un experto en la técnica que, con el avance de la tecnología, la idea básica de la invención puede llevarse a la práctica de diversas maneras. Así pues, la invención y sus realizaciones no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una celda de flotación (1) para el tratamiento de partículas suspendidas en una suspensión y para la separación de la suspensión en un flujo inferior (400) y un flujo superior (500), comprendiendo la celda de flotación
- 5 un tanque de flotación (10) que comprende un centro (11), un perímetro (12), un fondo sustancialmente horizontal y nivelado (13) y una pared lateral (14); y
un canal de evacuación (2) y un borde del canal de evacuación (21) que rodea el perímetro (12) del tanque (10); el tanque de flotación teniendo una altura (H), medida como la distancia desde el fondo (13) hasta el borde del canal de evacuación (21), en el que el tanque de flotación comprende además tubos de chorro (4) para introducir la alimentación de suspensión (100) en el tanque, el tubo de chorro comprendiendo
10 una boquilla de entrada (41) para alimentar la alimentación de suspensión (100) en el tubo de chorro, y
una cámara alargada (40) dispuesta para recibir a presión la alimentación de suspensión, y
caracterizado en que el tubo de chorro (4) comprende además una entrada (42) para gas a presión, estando la alimentación de suspensión sometida al gas a presión a medida que se descarga desde la boquilla de entrada, y
15 una boquilla de salida (43) configurada para restringir el flujo de alimentación de suspensión desde la boquilla de salida, y para mantener la alimentación de suspensión en la cámara alargada bajo presión, y para producir una onda de choque supersónica en la alimentación de suspensión (100), induciendo la onda de choque supersónica la formación de aglomerados de burbujas de gas de flotación - partículas; y **en que** la boquilla de salida está dispuesta dentro del tanque de flotación a una distancia vertical (L_5) del borde del canal de evacuación, siendo la distancia L_5 de al menos 1.5 m.
20
2. La celda de flotación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada en que** la distancia (L_5) de una boquilla de salida (43) desde el borde del canal de evacuación (21) es de al menos 1.7 m y una distancia (h_1) de la boquilla de salida desde el fondo (13) del tanque de flotación (10) es de al menos 0.4 m.
- 25 3. La celda de flotación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada en que** la altura (H) del tanque de flotación (10), medida como la distancia desde el fondo (13) del tanque de flotación (10) hasta el borde del canal de evacuación (21), en el perímetro (12) del tanque de flotación es como máximo un 20 % menor que en el centro (11) del tanque de flotación.
- 30 4. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada en que** la relación entre la distancia (L_5) y la altura (H) del tanque de flotación (L_5/H) es 0.9 o inferior.
5. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada en que** los tubos de chorro (4) están dispuestos concéntricamente al perímetro (12) del tanque de flotación (10) a una distancia del centro (11) del tanque de flotación.
- 35 6. La celda de flotación de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada en que** una distancia (L_1) de una boquilla de salida (43) desde el centro (11) es del 10 al 40 % de un diámetro (D) del tanque de flotación, medido a una distancia (h_1) de la boquilla de salida (43) desde el fondo (13) del tanque de flotación; preferentemente el 25 % del diámetro del tanque de flotación.
7. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada en que** los tubos de chorro (4) están dispuestos paralelos a la pared lateral (14) del tanque de flotación (10), a una distancia de la pared lateral.
40
8. La celda de flotación de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada en que** una distancia (L_2) de una boquilla de salida (43) desde la pared lateral (14) del tanque de flotación (10) es del 10 al 40 % de un diámetro (D) del tanque de flotación, medido a una distancia (h_1) de la boquilla de salida (43) desde el fondo (13) del tanque de flotación; preferentemente el 25 % del diámetro.
- 45 9. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada en que** el diámetro de una boquilla de salida (43) es del 10 % al 30 % del diámetro de una cámara alargada (40) de un tubo de chorro (4).
10. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada en que** un tubo de chorro comprende además un impulsor (44) configurado para entrar en contacto con un flujo de alimentación de suspensión procedente de la boquilla de salida (43) y para dirigir el flujo de alimentación de suspensión (100) radialmente hacia fuera y hacia arriba del impulsor.
50

11. La celda de flotación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada en que** comprende además un circuito de acondicionamiento (3).
- 5 12. La celda de flotación de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizada en que** el circuito de acondicionamiento comprende un tanque de bombeo (30) en comunicación fluida con el tanque de flotación (10), en el que la alimentación del tanque de bombeo de suspensión fresca (200) y una fracción de suspensión (300) tomada del tanque de flotación (10) a través de una salida (31) están dispuestas para combinarse en la alimentación de suspensión (100).
- 10 13. Una línea de flotación (8) que comprende un número de celdas de flotación conectadas fluidamente (1a), **caracterizada en que** al menos una de las celdas de flotación es una celda de flotación (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
14. La línea de flotación de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizada en que** la línea de flotación comprende
una parte de desbaste (81) con una celda de flotación (1a);
15 una parte de barrido (82) con una celda de flotación (1a) dispuesta para recibir el flujo inferior (400) de la parte de desbaste; y
una parte de barrido de limpieza (820) con una celda de flotación (1a) dispuesta para recibir el flujo superior (500) de la parte de barrido, en la que la última celda de flotación de la parte de barrido y/o de la parte de barrido de limpieza es una celda de flotación (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12.
- 20 15. El uso de una línea de flotación (8) de acuerdo con la reivindicación 13 o 14 para recuperar partículas que comprenden un material valioso suspendido en una suspensión.

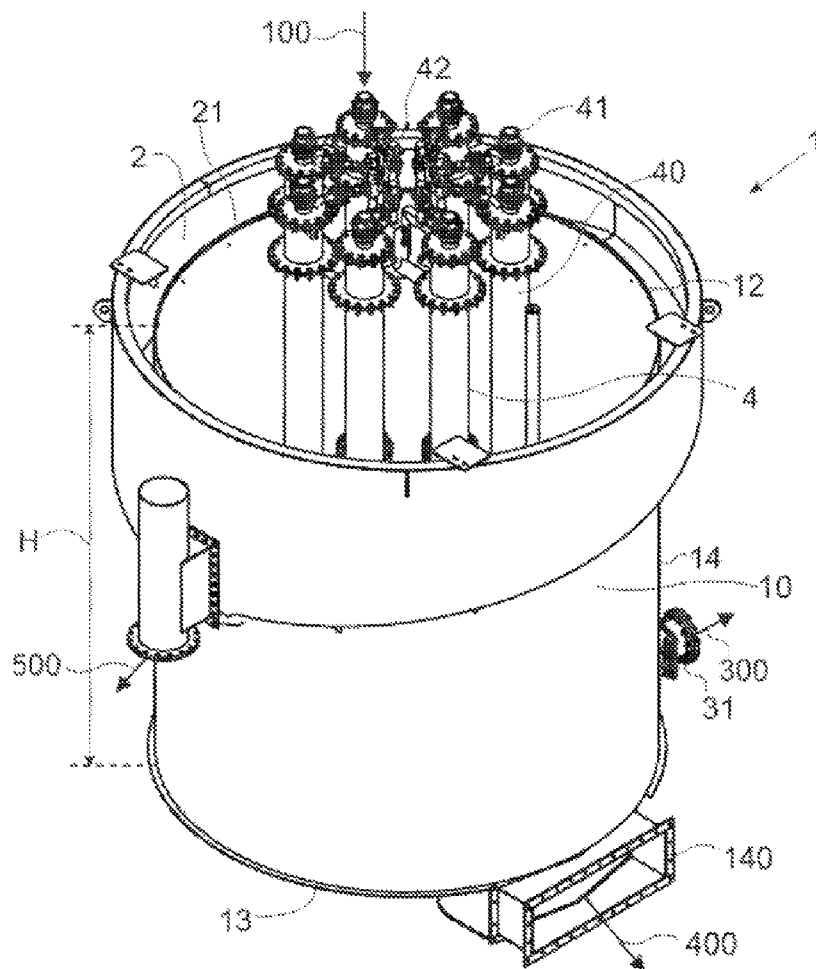


Fig. 1

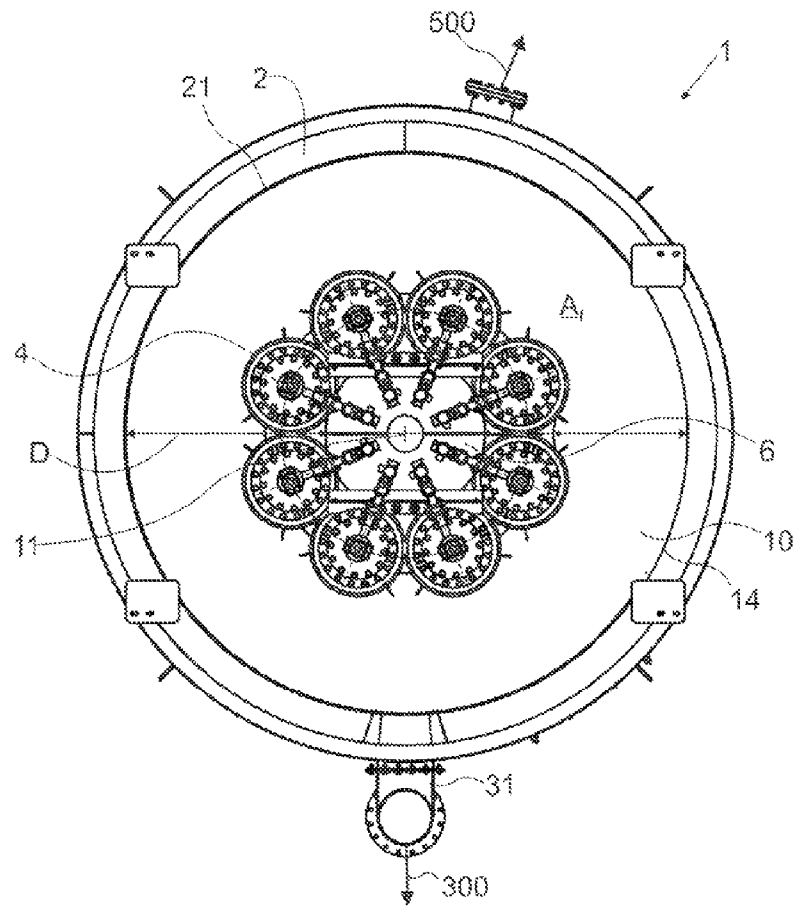


Fig. 2

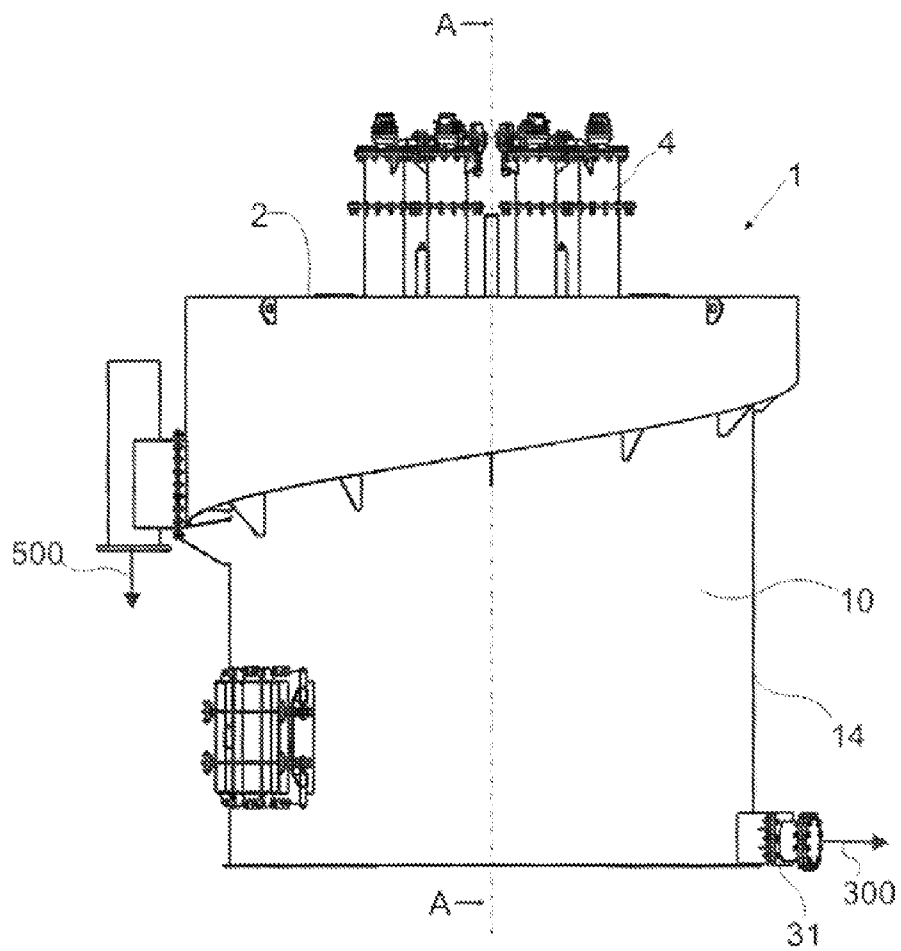


Fig. 3

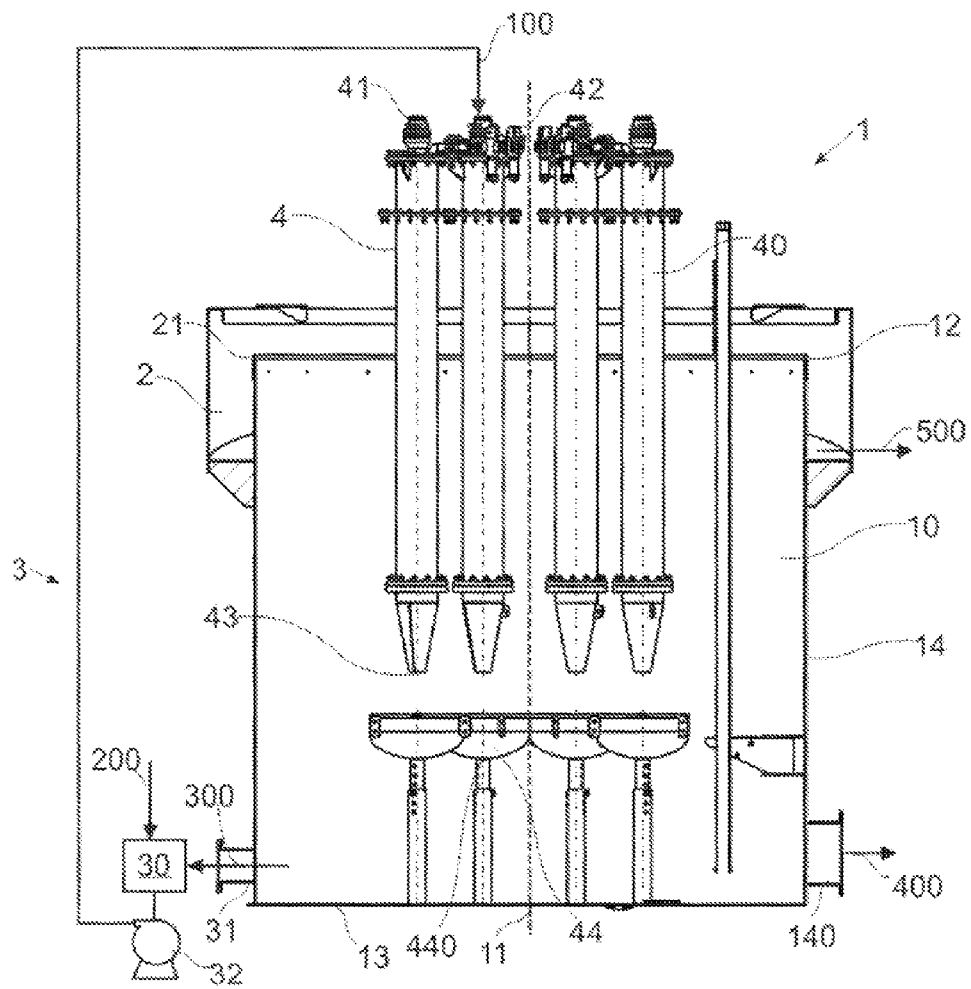


Fig. 4

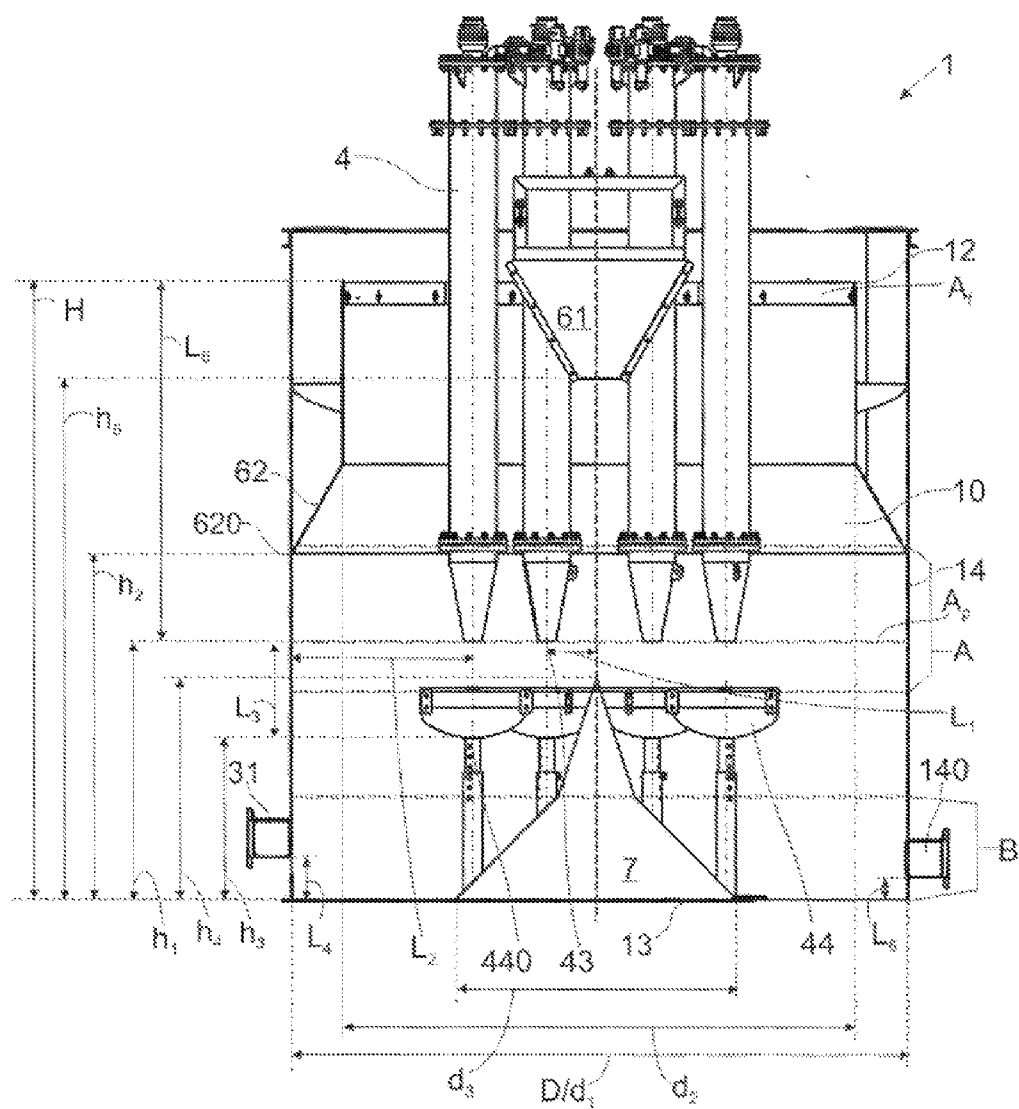


Fig. 5

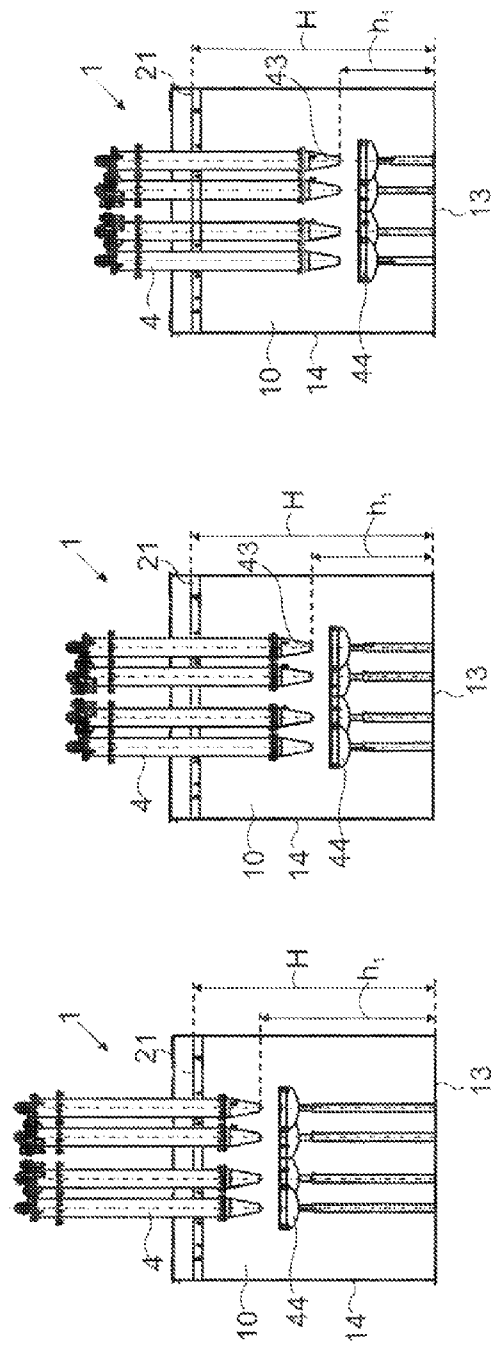


Fig. 6

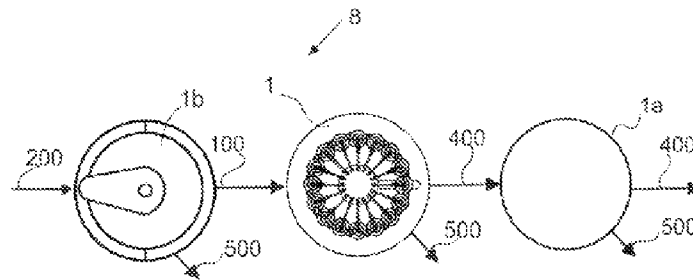


Fig. 7a

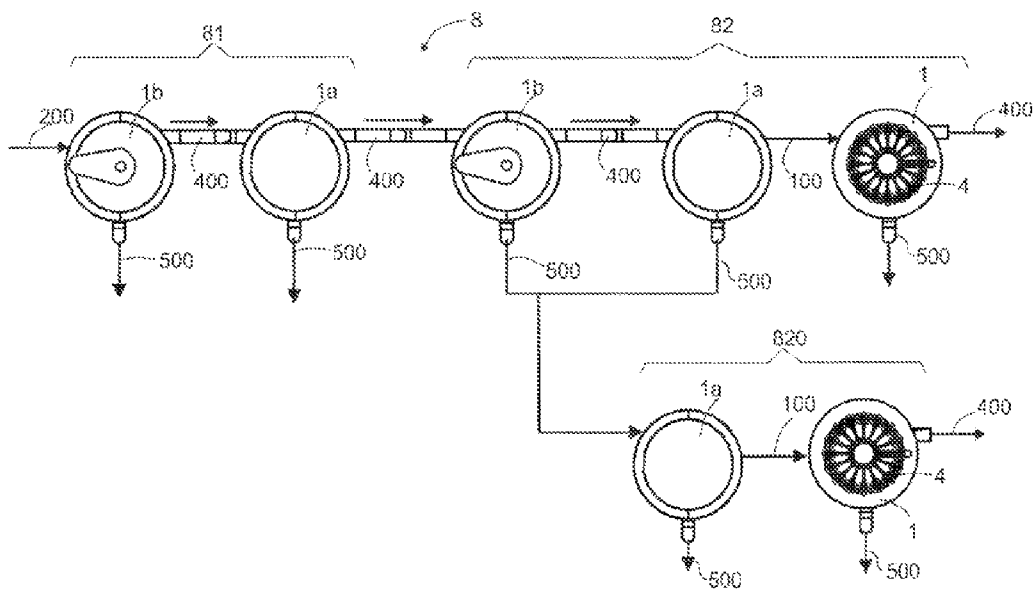


Fig. 7b

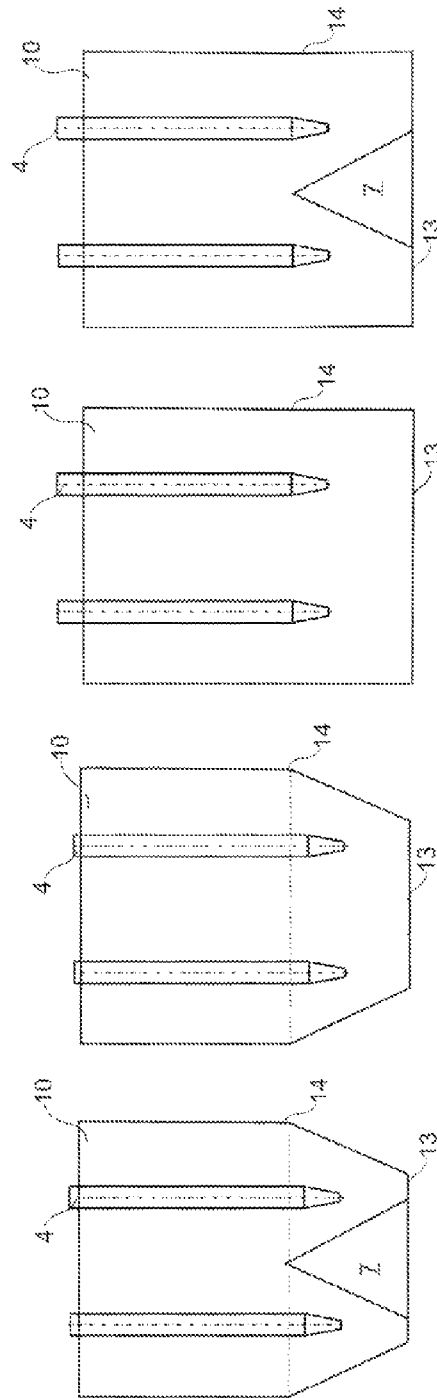


Fig. 8

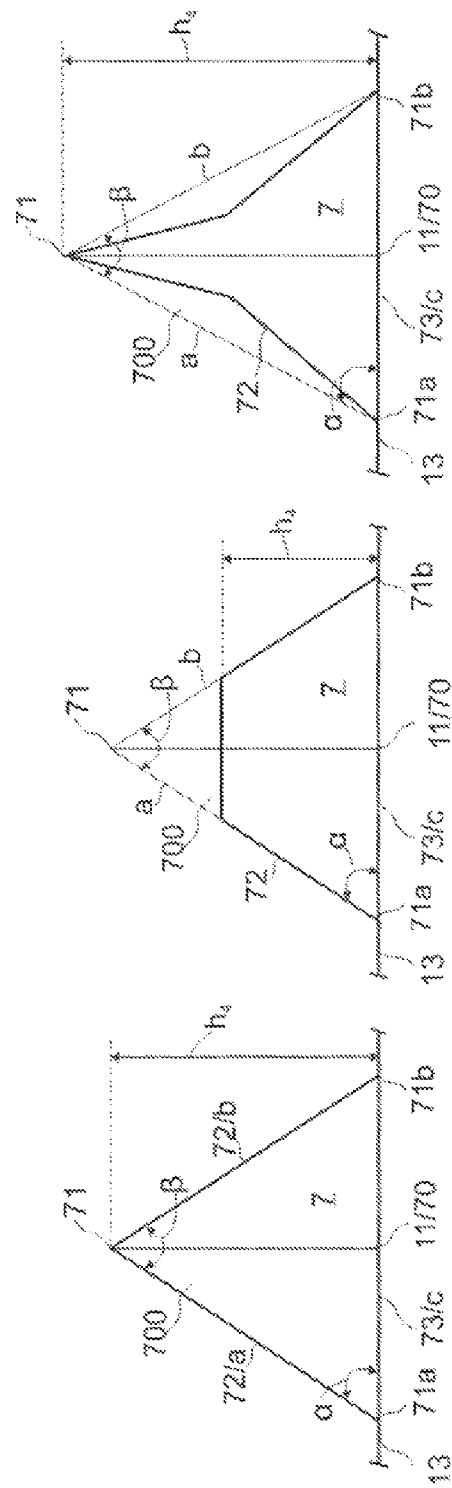


Fig. 9