

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 182**

51 Int. Cl.:

C02F 1/20 (2006.01)
C02F 1/24 (2006.01)
C02F 5/02 (2006.01)
D21H 21/02 (2006.01)
D21H 21/04 (2006.01)
C02F 1/66 (2006.01)
C02F 103/28 (2006.01)
C02F 3/22 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2013 E 13729674 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2844615**

54 Título: **Procedimiento para descalcificar agua de proceso**

30 Prioridad:

12.06.2012 DE 102012209756

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

27.06.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHABEL, SAMUEL;
SCHWARZ, HERMANN;
WEIGMANN, JOSEF y
HARTMANN, WERNER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 575 182 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

Procedimiento para descalcificar agua de proceso

La presente invención se relaciona con un procedimiento para descalcificar agua de proceso.

5 En procesos industriales se aspira a una cota de reciclaje lo más alta posible del agua de proceso empleada, para el sostenimiento del consumo de agua y de los consecuentes costes bajos. Para lo mencionado se utilizan etapas de limpieza con las que se mejora la calidad del agua de forma que sea posible su reciclado en el proceso.

10 En la producción de papel basada en papel usado como materia prima se origina mediante circuitos cerrados de agua de proceso un incremento del contenido en sales, producido ante todo especialmente a través del agente de relleno tal que el carbonato cálcico contenido en el papel usado (= CaCO₃), cuyo empleo como agente de relleno y pigmento en el papel ha crecido en menoscabo del caolín en los últimos años. Esto conlleva, en las condiciones imperantes en el proceso de producción, tales como una temperatura mayor de 40°C y valores del pH localmente variables, en general a considerables depósitos y precipitaciones de cal en las instalaciones de producción de papel y de tratamiento de aguas residuales, que pueden perjudicar su funcionamiento. También en otras industrias, el agua dura puede conducir a depósitos de cal en la producción y en el tratamiento de aguas.

15 Las instalaciones de descalcificación usadas hasta ahora a escala industrial, que se incluyen en el circuito de agua de proceso u operan en el tratamiento de aguas residuales, se basan en una precipitación química de carbonato cálcico mediante una adición de productos químicos de precipitación, particularmente sosa cáustica (= NaOH) y/o lechada de cal (= Ca(OH)₂), que origina una variación del valor del pH hacia el básico. La separación del carbonato cálcico precipitado del agua de proceso se lleva a cabo entonces mediante sedimentación y/o flotación por aire disuelto a presión (DAF del inglés Dissolved Air Flotation).

20 La DE 102004047010 A1 (KOWITEC) 30.03.2006 describe un mecanismo para la limpieza del agua en la industria del papel, donde se alimenta con agua comprimida a presiones en el rango de entre 2 y 10 bar y mezclada con aire comprimido a un dispositivo de expansión. Las finas burbujas de aire resultantes de la descomposición a la presión del agua portan partículas sólidas hacia la superficie del agua. Mediante la adición de un aditivo influyente en el valor del pH como NaOH puede precipitarse el carbonato cálcico disuelto en el agua y extraerse del agua otros sólidos.

La WO2008/028650 A1, la US2010/018918 A1 y la SE524338 C2 son otros ejemplos del estado actual de la técnica relevantes.

Es desventajoso en estos procedimientos conocidos que tengan un alto consumo de productos químicos y sean ineficientes.

30 Es por consiguiente un objeto de la presente invención especificar un procedimiento mejorado para la descalcificación del agua de proceso.

Este objeto se resuelve en lo que se refiere al procedimiento conforme a la invención con un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1.

35 La invención se basa en el conocimiento de que aisladamente con una aireación apropiada del agua de proceso es posible, efectuar tanto la precipitación de la cal en el agua de proceso como también la separación de la cal del agua de proceso. Conforme a la invención se prescinde de una disolución de gas a sobrepresión en el agua de proceso y la posterior reducción de la presión, la llamada expansión, para la generación de burbujas de gas. En vez de eso, la invención emplea solamente un desplazamiento del equilibrio de disociación del ácido carbónico: Mediante un aporte de gas a presión atmosférica, preferentemente en forma de aire ambiental, en el agua de proceso se desplaza el CO₂ gaseoso, presente por encima de la superficie del agua del agua de proceso. Mediante esta variación de la presión parcial del CO₂ por encima de la superficie del agua del agua de proceso se origina que el CO₂ disuelto en el agua de proceso pase de la forma de disolución a la forma gaseosa. El CO₂ gaseoso formado de este modo escapa del agua de proceso. De este modo se desplaza el equilibrio de disociación del ácido carbónico en la dirección de los iones carbonato, o sea, al lado derecho de la siguiente ecuación de reacción ecuac. 1:



Por consiguiente se supera el producto de solubilidad del carbonato cálcico y se precipita el carbonato cálcico, es decir, se forma piedra caliza. Las partículas del carbonato cálcico precipitado se adhieren a las burbujas de gas y se transportan con estas a la superficie, donde pueden extraerse junto con la espuma formada por las burbujas de gas, por ejemplo, por aspiración o retirada.

- 5 Simultáneamente se eleva el valor del pH del agua de proceso mediante un desplazamiento del equilibrio de disociación del ácido carbónico en la dirección de los iones carbonato, o sea al lado derecho de la ecuación de reacción ecuac. 1. Este desplazamiento "en modo básico" refuerza la precipitación del carbonato cálcico. El presente procedimiento emplea por consiguiente el aporte de gas a presión atmosférica, por ejemplo, de aire ambiental, en el agua de proceso, para agotar el CO₂ y elevar el valor del pH.
- 10 Los dispositivos y procedimientos de flotación para la aireación de suspensiones de materias fibrosas del papel usado se conocen, véase por ejemplo la DE 2914392 B1 (Feldmühle; Lamort) 28.02.1980 o la DE 4116916 A1 (Sulzer-Escher Wyss) 03.12.1992. Estos sirven para combinar sustancias colorantes, particularmente tintas de impresión, mediante un proceso de flotación a las burbujas de aire y purgarlas con estas como espuma. La llamada flotación de Deinking es por consiguiente un procedimiento físico para la separación de partículas de tintas de impresión de una suspensión de materias fibrosas de papel usado. Conforme a la invención puede utilizarse ahora una flotación de Deinking de este tipo para la descalcificación del agua de proceso. Análogamente se pueden también emplear células de flotación conocidas de la extracción, por ejemplo, una célula de flotación híbrida, para la descalcificación del agua de proceso.
- 15 Mediante una flotación, es decir una fuerte aireación del agua de proceso por medio de un difusor, con formación de espuma, es posible eliminar una gran parte del carbonato cálcico con la espuma. La presente invención facilita por consiguiente un procedimiento de descalcificación de una etapa, basado en un procedimiento de flotación con alta eficiencia de descalcificación y bajos costes de descalcificación.
- 20 Los procedimientos usados hasta ahora para la descalcificación se pueden ver simplificadaamente como una sucesión de los siguientes pasos: adición de productos químicos -> introducción de aire -> separación mediante flotación de expansión -> deshidratación. En contraste, el procedimiento conforme a la invención puede verse simplificadaamente como una sucesión de los siguientes pasos: aireación y eliminación de la espuma en un único paso -> deshidratación; es decir respecto a los procedimientos habituales se suprimen dos pasos. Esto conlleva un ahorro de espacio, menor consumo de productos químicos y una mayor eficiencia.
- 25 También en el procedimiento aquí descrito puede conducir una adición de productos químicos a una elevada eficiencia de la descalcificación. Se ha demostrado sin embargo que respecto a los procedimientos conocidos es necesario por lo menos un tercio menos de adición de productos químicos para alcanzar los mismos resultados.
- 30 Con el procedimiento conforme a la invención es posible, aisladamente mediante aireación del agua de proceso, preferentemente con un difusor o un inyector, eliminar una gran parte de la cal y generar espuma, mediante la que puede eliminarse la cal precipitada del agua de proceso. Mediante el proceso conforme a la invención, es decir la transición de la cal disuelta a sólido con eliminación simultánea por medio de descarga de la espuma, respecto al procedimiento convencional de descalcificación en dos etapas se ha ahorrado por lo menos un paso procedimental. Además, el consumo de productos químicos es respecto a los procedimientos convencionales de descalcificación, usados industrialmente, considerablemente bajo.
- 35 En las reivindicaciones dependientes se indican ordenaciones y perfeccionamientos favorables de la invención.
- Según una ordenación preferente de la invención, el gas está a presión atmosférica. Puede prescindirse, por consiguiente, de costosos dispositivos de incremento de la presión. En este contexto es particularmente ventajoso emplear como gas aire ambiental; el aire es un gas disponible en la práctica en todos los lugares en cantidad ilimitada y especialmente favorable en cuanto a costes.
- 40 Conforme a la invención se inyecta agua de proceso, así como el gas, particularmente aire, en un recipiente. Mediante la inyección tiene lugar una mezcla intensiva del agua y el gas. Es posible, que el volumen de gas inyectado por unidad de volumen de agua de proceso $V_{\text{Gas}}/V_{\text{agua}}$ se encuentre en el rango de 2,5 a 7,5, preferentemente a aproximadamente 5.
- 45 Con el procedimiento descrito de aireación del agua de proceso, en el que se emprende una inyección de gas en el agua de proceso, por lo que se forman burbujas de gas en el agua de proceso, es posible generar, en función de la velocidad de cizallamiento, burbujas de gas con diámetros en un rango de aproximadamente 10 μm hasta aproximadamente un milímetro.
- 50 Conforme a la invención, el diámetro típico de las burbujas de gas, que se forman mediante la inyección de gas en el agua de proceso, se encuentra a aproximadamente 1000 μm . Con ello, las burbujas de gas formadas son considerablemente mayores que las burbujas de gas resultantes de un DAF, cuyo tamaño típico se encuentra en un intervalo de 10 a 100 μm ; de este modo pueden combinarse partículas del carbonato cálcico precipitado, que dado el caso pueden ser relativamente grandes, a las burbujas de gas y transportarse mediante las burbujas de gas de forma efectiva a la superficie.

Conforme a una ordenación preferente de la invención, se bombea el agua de proceso, situada en una zona inferior del recipiente, con ayuda de una bomba a través de un inyector en una zona superior del recipiente. Mediante esta conducción del agua se obtienen una buena mezcla del agua de proceso y una descalcificación especialmente efectiva.

- 5 Se sabe que los pasos procedimentales antes descritos de aporte de gas, pueden realizarse simultáneamente o sucesivamente, particularmente por medio de inyección, y trasvase y/o mezcla.

Es favorable, cuando antes del aporte del gas en el agua de proceso y/o tras el inicio del mismo se añada una base como NaOH o Ca(OH)₂ al agua de proceso. Por ejemplo, puede agregarse NaOH en una dosificación del 0,015 % en peso del agua de proceso.

- 10 La adición de productos químicos alcalinos como NaOH o Ca(OH)₂ en el agua de proceso refuerza un incremento del valor del pH del agua de proceso, refuerza una formación de espuma en una superficie del agua de proceso y actúa favorablemente sobre la distribución de tamaños de las partículas de carbonato cálcico formadas, fomenta particularmente una formación de partículas de carbonato cálcico mayores. Debido al hecho de que, en la presente invención mediante la inyección de gas, es decir un proceso efectivo de agotamiento, se logra de todas formas relativamente rápido a la zona de un equilibrio de reacción, en la que precipita piedra caliza, puede realizarse una adición de productos químicos alcalinos en una cantidad relativamente baja como una acción auxiliar para la mejora del efecto, particularmente para iniciar una precipitación del carbonato cálcico. Como el desplazamiento del valor del pH se lleva a cabo principalmente mediante agotamiento de CO₂ y la adición de los productos químicos alcalinos tiene sólo una función auxiliar, permite alcanzar el uso, respecto de los procedimientos habituales de precipitación de cal, de una cantidad considerablemente reducida de productos químicos.
- 15
- 20

Es ventajoso, que antes del aporte del gas en el agua de proceso se añadan al agua de proceso cristales semilla. Los cristales semilla actúan beneficiosamente sobre la distribución de tamaños de las partículas de carbonato cálcico formadas. Por ejemplo, se pueden agregar cristales semilla en una dosificación del 0,01 % en peso del agua de proceso.

- 25 Puede ser favorable añadir a un agua de proceso, que sólo tenga una baja concentración de sustancias, una sustancia inerte como arena, por ejemplo, arena de cuarzo. La arena forma una gran superficie, a la que puede combinarse la cal precipitada. Alternativamente se pueden emplear también otros sólidos inertes con las correspondientes propiedades. La arena cubierta de cal puede eliminarse del agua a través de la fase de espuma. Es posible eliminar las partículas de cal que actúan sobre los granos de arena en un proceso adicional mediante mayor concentración de arena, es decir una separación mecánica interna de la cal de los granos de arena, y una reducción del pH mediante adición de ácido. La arena limpia de cal puede usarse entonces de nuevo como sustancia inerte.
- 30

- 35 La inyección de gas atmosférico en el agua de proceso se lleva a cabo de tal manera que el gas se suministra lateralmente a través de un canal de gas a un canal de inyector a través del cual agua de proceso conteniendo cal fluye en una cuba. El canal de inyector puede estar formado auto-cebado con respecto al gas; pero también se puede emplear un difusor no auto-cebado. Por lo tanto, la mezcla de agua de proceso y gas se lleva a cabo antes de que el agua de alimentación de la cuba entre en la mencionada cuba.

- 40 El aparato usado en el método comprende: una boquilla para la descalcificación del agua de proceso que comprende un canal continuo para el paso de agua de proceso, en el que lateralmente se abre un canal de gas a través del cual el gas puede alimentarse en el agua de proceso; un suministro de aire para el suministro de gas en un canal de gas del difusor; y un conducto para la alimentación de agua de proceso en una abertura de entrada del difusor. Preferiblemente, la boquilla es autocebante; en este caso, el gas suministrado al canal de gas tiene la misma presión que el aire ambiente, es decir, no necesita estar a presión.

- 45 Conforme a la invención, el dispositivo comprende un dispositivo para la descarga de la espuma producida transversalmente en la superficie del agua de proceso, es decir un mecanismo para el llamado "skimming". Este puede ser un mecanismo para desnatar, extraer o aspirar. Además, la evacuación de la espuma puede realizarse de modo completamente automático. La presencia de personal de operación puede reducirse, por consiguiente, al mantenimiento y reparación.

- 50 Conforme a un perfeccionamiento de la invención, el difusor puede existir en forma de frita, particularmente de frita de vidrio o cerámica.

Es posible que el dispositivo para descalcificar agua de proceso sea una célula de flotación, particularmente una célula de flotación híbrida. Una solución del objetivo antes mencionado es también el empleo de una célula de flotación, particularmente una célula de flotación híbrida, para la ejecución de un procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5.

Las propiedades, indicaciones y ventajas arriba descritas de esta invención, así como el modo de alcanzarlas, pueden comprenderse más claramente en relación con la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución, que se describen más a fondo en relación con las imágenes. Muestran

Fig. 1 un primer esquema del equilibrio cal-ácido carbónico;

5 Fig. 2 un segundo esquema del equilibrio cal-ácido carbónico;

Fig. 3 un mecanismo en representación esquemática;

Fig. 4 un balance de material;

Fig. 5 un difusor en sección; y

Fig. 6 un esquema de una descalcificación con una célula de flotación.

10 La Fig. 1 muestra un primer esquema del equilibrio cal-ácido carbónico. En el borde superior se indica el rango de pH completo de 0 a 14. En función del valor del pH se distinguen horizontalmente tres zonas, subdivididas en cada caso verticalmente en las tres fases gas, líquido y sólido. Entre las zonas 2 y 3 impera en el agua de proceso un equilibrio conforme a la ecuación anterior ecua. 1. Si ahora se desplaza el CO_2 mediante el aporte de aire en el agua de proceso (= agotamiento de CO_2), el equilibrio se desplaza en la dirección de mayores valores del pH, por ejemplo, en la zona 3. De este modo se transforma más HCO_3^- (soluble) en CaCO_3 (sólido). Por lo tanto, escapa dióxido de carbono gaseoso CO_2 y precipita carbonato de calcio sólido CaCO_3 .

15 La Fig. 2 muestra un diagrama de Hägg del equilibrio cal-ácido carbónico. En una escala de pH en el rango de valores de $\text{pH} = 4$ a $\text{pH} = 12$ a lo largo del eje x, a lo largo del eje y se indican en escala logarítmica los porcentajes de las "formas de ácido carbónico" CO_2 , HCO_3^- y CO_3^{2-} , que aparecen en las ecuaciones de reacción indicadas en el borde superior.

La Fig. 3 muestra un dispositivo en representación esquemática. Una cuba 1 se rellena hasta un nivel 7 de agua de proceso 10, que se utiliza en una producción de papel basada en papel usado como materia prima. Mediante los circuitos cerrados en gran medida, de agua de proceso, en la producción de papel, el agua de proceso muestra en un contenido relativamente alto de carbonato de calcio disuelto en la misma.

25 De la zona inferior de la cuba 1 se aspira por medio de una bomba 6 agua de proceso 10 a través de un desagüe 8 y se transporta mediante una línea 9 a un inyector 2. El desagüe 8 y la línea 9 se pueden configurar en cada caso como una tubería o como un conducto. El inyector 2 configurado en forma de difusor muestra un canal axial, en que desemboca lateralmente una línea de aire 3. Mientras que el agua de proceso 10 se bombea mediante el canal del inyector, el agua se mezcla con aire a través de la línea de aire.

30 La mezcla de aire-agua resultante se inyecta a presión en la región superior de la cuba 1, lo que resulta en una mezcla resultante a modo de mezcla de aire-agua inyectada con el agua de proceso en la cuba. 1 Mediante el aire introducido se lleva a cabo una precipitación de carbonato de calcio en la cuba 1. El aire introducido a través del inyector 2 en la cuba 1 forma en la cuba 1 burbujas de aire. Además, se produce habitualmente una aglomeración en la que se unen dos o más burbujas en una burbuja más grande.

35 En un DAF, como se utiliza en los procedimientos de descalcificación convencionales, se forma burbujas de gas relativamente pequeñas, que se combinan con las partículas de carbonato cálcico. Debido al pequeño tamaño de las burbujas de gas, cuyo diámetro se encuentra típicamente en el rango de 10 a 100 μm , el agua de proceso parece lechosa. En cambio, en la flotación usada conforme a la invención se forman muchas burbujas de gas relativamente grandes, cuyo diámetro típico es de aproximadamente 1000 μm , a las que se combinan las partículas de carbonato cálcico. Las partículas del carbonato cálcico precipitado se combinan por consiguiente a las burbujas de aire y se transportan con estas a la superficie 7 del agua de proceso.

La espuma allí formada se retira junto con las partículas de carbonato cálcico adheridas y se elimina del agua de proceso. A través del circuito de agua se somete el agua de proceso de nuevo al mismo procedimiento, de forma que el contenido en carbonato cálcico disminuya de forma constante.

45 En la aireación intensiva del agua a tratar ocurre la transición de la cal del estado disuelto al sólido, con una descarga simultánea de la cal sólida por medio de la espuma producida. En comparación con el procedimiento habitual de descalcificación mecánica en dos etapas sólo se requiere una etapa de proceso.

El dispositivo comprende aparte de lo mencionado de una alimentación 4, a través de la cual puede transportarse el agua de proceso a descalcificar en la cuba 1, así como un rebosadero 5, mediante el cual se mantiene el nivel 7 en un valor predeterminado.

5 A continuación se presentan tres variantes diferentes del procedimiento, donde los porcentajes han de entenderse como porcentajes en peso. En todas las tres variantes se airearon 20 litros de agua de proceso durante un periodo de 20 minutos con una relación de 5 litros de aire por litro de agua. Conforme a una primera variante se añaden al agua de proceso primero un 0,01% de cristales semilla y un 0,015% de NaOH, y entonces se airea durante un periodo de 20 min con la relación antes indicada de 5 L de aire/L de agua. Conforme a una segunda variante se agregan al agua de proceso primero un 0,01% de cristales semilla, entonces se airea durante un periodo de 20 min con la relación antes indicada de 5 L de aire/L de agua, después se añade al agua de proceso un 0,015% de NaOH y a continuación se airea durante un periodo de 5 min con una relación de 1,25 l de aire/l de agua. Conforme a una tercera variante se añade al agua de proceso primero un 0,01% de cristales semilla, entonces se airea durante un periodo de 20 min con la relación de 5 l de aire/l de agua, después se agrega al agua de proceso un 0,015% de NaOH y a continuación se mezcla sin aireación durante un periodo de 2 min por medio de un aparato de agitación.

15 En cada variante se separa la espuma durante la aireación. Para las tres variantes del proceso con separación de la espuma son comparables tanto la dureza del agua al final del proceso, así como la distribución de tamaños de partícula del CaCO₃. La primera variante es particularmente ventajosa debido al costo de inversión relativamente bajo asociado y el control de proceso relativamente simple.

20 La Fig. 4 muestra un balance de material para un control de proceso de acuerdo con la primera variante anteriormente indicada. La suspensión de partida 31 contiene 33,8 g (= 94,40%) de carbonato de calcio disuelto 32, 2 g (= 5,60%) de cristales semilla 33 y un 0,015% de hidróxido de sodio 34, relativo a la cantidad de suspensión. Después de una aireación 35 los porcentajes se distribuyen de la siguiente manera: El carbonato de calcio 36 descargado a través de la espuma 39 tiene una masa de 23,3 g (= 65,00%), el carbonato de calcio 37 aún disuelto en la suspensión final 40 tiene una masa de 5,4 g (= 15,00%) y el carbonato de calcio 38 precipitado presente en la suspensión final 40 tiene una masa de 7,2 g (= 20,00%).

30 La Fig. 5 muestra una sección axial de un difusor 2. Se configura como un cilindro hueco por ejemplo metálico, cuya cavidad forma un canal 21, 22, 23 que conecta las caras extremas del cilindro hueco para el transporte del agua de proceso. El canal que recorre el cuerpo del difusor consiste en tres cavidades contiguas coaxiales cilíndricas 21, 22, 23 con en cada caso un diámetro constante, donde un diámetro de una cavidad aguas abajo visto en la dirección de flujo 26 del agua de proceso es mayor que un diámetro de una cavidad aguas arriba visto en la dirección de flujo 26 del agua de proceso. De este modo se extiende el canal por etapas en la dirección de flujo 26 del agua de proceso desde una abertura de entrada relativamente pequeña a una abertura de salida relativamente grande.

En la cavidad central 22 desemboca un canal de gas 24 que transcurre perpendicularmente al eje del canal 25, en que se introduce un gas 27 y puede agregarse por consiguiente al agua de proceso que fluye en el canal 21, 22, 23.

35 Es posible que el difusor de inyector de aspiración natural 2 también pueda usarse para una flotación de Deinking. Mediante un acoplamiento del principio de inyector de aspiración natural con un difusor por etapas con las dimensiones apropiadas se fracciona el aire aspirado en burbujas y se origina una alta turbulencia. Esto favorece el intercambio de sustancias deseado para el agotamiento del CO₂ y que produce también la espuma.

40 Conforme a una ordenación ejemplar del difusor 2, el difusor 21 muestra un diámetro interno de 10 mm, el tubo de mezcla 22 un diámetro interno de 20 mm y el canal de aire 24 una rosca de ½ pulgada, es decir un diámetro interno de 12,7 mm.

45 La Fig. 6 muestra un esquema de una descalcificación con una celda de flotación 60, en particular una célula de flotación híbrida, como se describe, por ejemplo, en el documento EP 1827699 B1. Una celda de flotación sirve en la industria de la minería para la concentración de minerales metálicos, con el fin de aumentar el rendimiento de la preparación. Para este propósito, el mineral molido se pone en suspensión en agua, es transportado por las burbujas de gas insuflado a la superficie y allí se descarga.

50 Una celda de flotación híbrida de tipo SIMINE Hybrid Flot se caracteriza porque se combina un procedimiento de rociado neumático con el método de columna. En el primer paso, el lodo aireado con aire o gas se inyecta en la celda de flotación. A través de un alto aporte de energía cinética se generan burbujas de gas muy finas y se ponen en contacto con partículas de material valioso. Los aglomerados de partículas de material valioso de las burbujas de gas así producidos se elevan en forma de espuma a la superficie, donde se descargan. En el área de la columna se producen burbujas ligeramente más grandes con el fin de capturar partículas más grandes. La pulverización de la mezcla de lodos aporta la energía de agitación suficiente a la célula de flotación, de modo que se suprima un agitador aparte, su accionamiento y la energía requerida para ello.

5 Una celda de flotación 60 se alimenta a través de una entrada 4 de agua de proceso a ablandar. A través de un drenaje 8 de la celda de flotación 60 se retira agua de proceso ablandada. Al emplear una celda de flotación 60 para el ablandamiento se logra, además, por la aireación, un agotamiento, que origina un desplazamiento del pH a valores más altos, por lo que precipita el carbonato de calcio finamente distribuido. Dependiendo del tamaño, las partículas de carbonato de calcio son llevadas por las burbujas de gas a la superficie del agua y se combinan a los sólidos y se portan con estos a la superficie.

10 El agua de proceso a ablandar puede tener solamente una concentración relativamente baja de sólidos, de forma que puede ser en este caso ventajoso aumentar el contenido de sólidos con una sustancia inerte. Por ejemplo, puede ajustarse de manera que un contenido de sólidos del 20% en peso represente un valor mínimo en el agua de proceso; si se supera este valor, se eleva el contenido en sólidos mediante la adición de sustancia inerte. Puede ser ventajoso mantener, mediante la adición de sustancia inerte, el contenido de sólidos en un rango del 30 al 40% en peso.

15 Esta sustancia inerte puede ser, por ejemplo, arena, por ejemplo, arena de cuarzo. La arena forma una gran superficie, en la que se acumula la cal precipitada. Alternativamente se pueden tomar también otros sólidos inertes con las correspondientes propiedades. La arena cubierta de cal se descarga 66 a través de la fase de espuma de la flotación 60.

20 En un proceso adicional se puede sedimentar 61 la arena cubierta de cal. Mediante la mayor concentración de arena puede realizarse en un primer paso una separación mecánica interna de la cal de los granos de arena. En un siguiente paso se alimenta la arena cubierta con cal 62 a un tratamiento ácido: una reducción del valor del pH mediante la adición de ácido 63 disuelve la cal de los granos de arena. La cal separada se purga 64 con la disolución ácida. La arena limpia de cal puede realimentarse 65 como material inerte a la célula de flotación 60.

La ventaja de utilizar una célula de flotación para la descalcificación del agua de proceso se encuentra justificada por una descalcificación completa, un consumo muy bajo de productos químicos y en la rapidez del procedimiento. Por lo tanto, se excluye en gran medida un depósito de cal tras el proceso de flotación.

25 Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle mediante los ejemplos de ejecución preferentes, la invención no está limitada por los ejemplos descritos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para descalcificar agua de proceso (10), con los siguientes pasos:

- 5 - Aireación del agua de proceso (10) mediante inyección de gas en el agua de proceso (10) por medio de un difusor (2), comprendiendo un canal continuo (21, 22, 23) para el transporte del agua de proceso, en que desemboca lateralmente un canal de gas (24), mediante el cual puede introducirse gas en el agua de proceso, donde en el agua de proceso (10) se forman burbujas de gas, donde el diámetro típico de las burbujas de gas asciende a aproximadamente 1000 μm y que por consiguiente son considerablemente mayores que las burbujas de gas resultantes durante una flotación de aire disuelto, mostrando un tamaño típico en un rango de 10 a 100 μm ;
 - 10 - Transporte de carbonato cálcico, que precipita en el agua de proceso debido a un cambio en el equilibrio de disociación del ácido carbónico resultante de la aireación, donde las partículas del carbonato cálcico precipitado se adsorben en las burbujas de gas, con ayuda de las burbujas de gas en una superficie del agua de proceso (10); y
 - Descarga de la espuma producida en la superficie del agua de proceso (10).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde el gas es aire ambiental.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, donde la relación volumétrica $V_{\text{Aire}}/V_{\text{Agua}}$ del aire inyectado al agua de proceso se encuentra en el rango de 2,5 a 7,5.
4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde, antes de la introducción del gas en el agua de proceso y/o tras el inicio de la introducción del gas en el agua de proceso, se añade al agua de proceso una base como NaOH o $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- 20 5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde, particularmente antes de la introducción del gas en el agua de proceso, se agregan al agua de proceso cristales semilla y/o una sustancia inerte.
6. Empleo de una célula de flotación (60), particularmente de una célula de flotación híbrida, para la ejecución de un procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5.

FIG 1

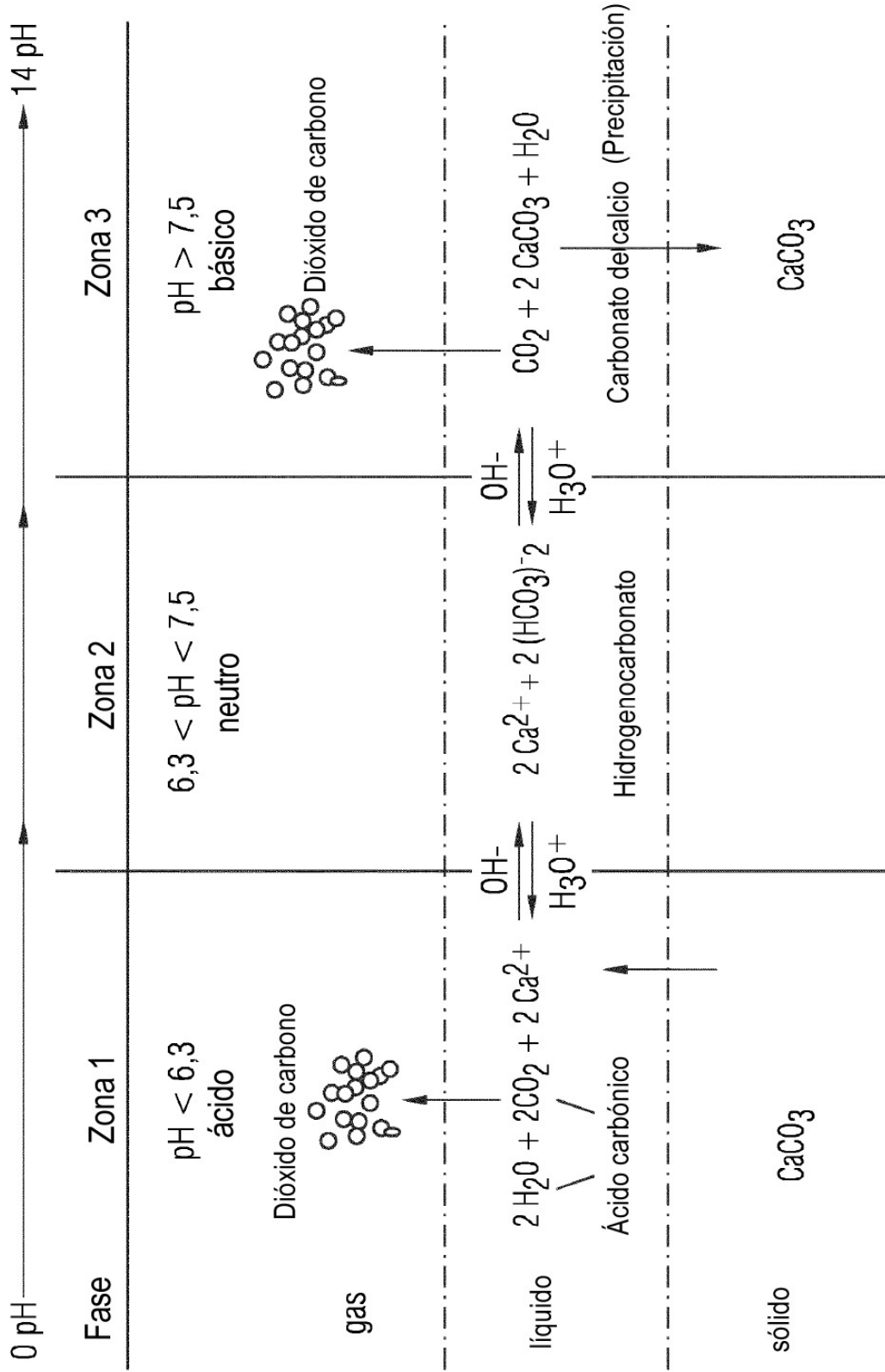


FIG 2

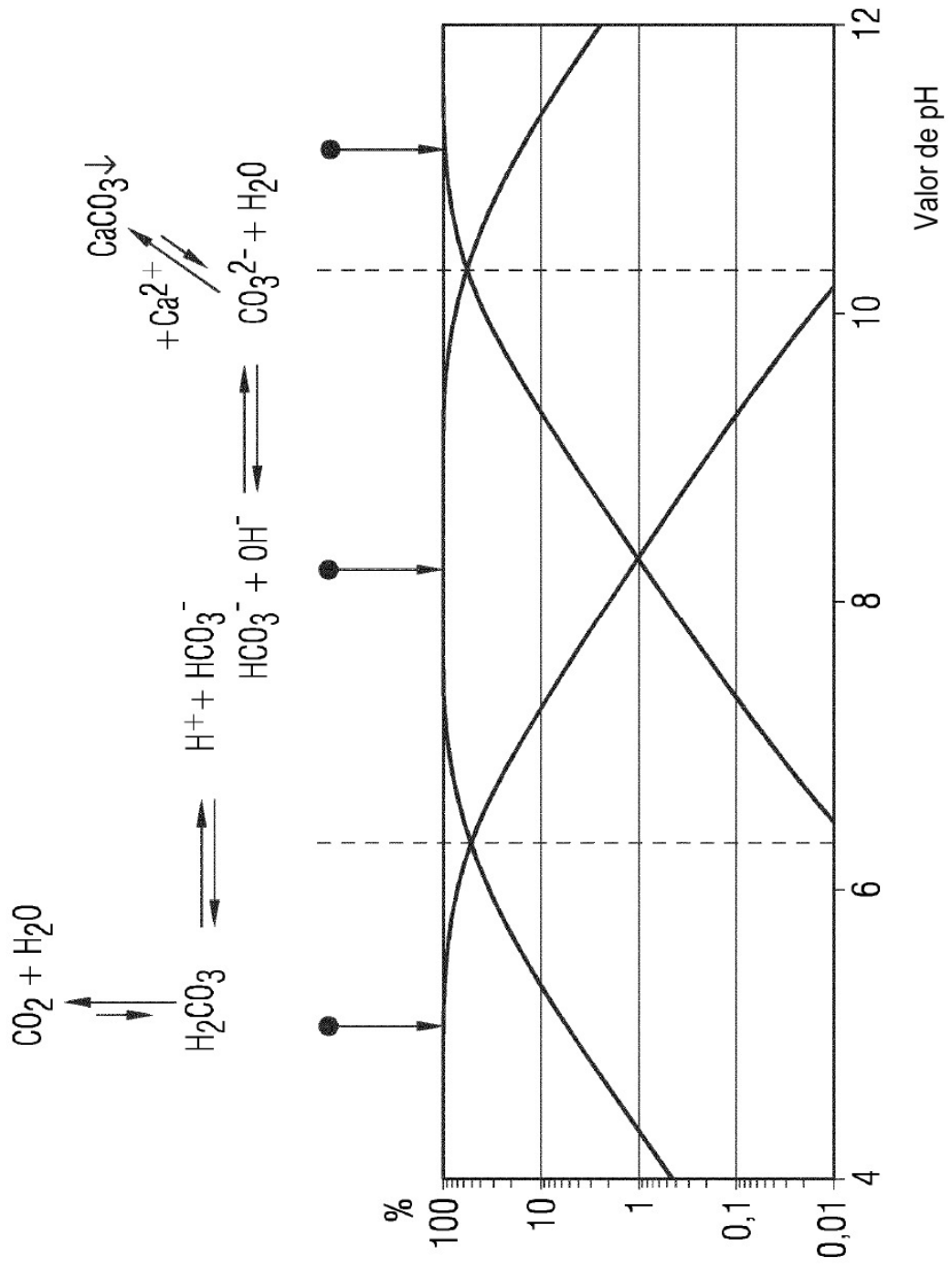


FIG 3

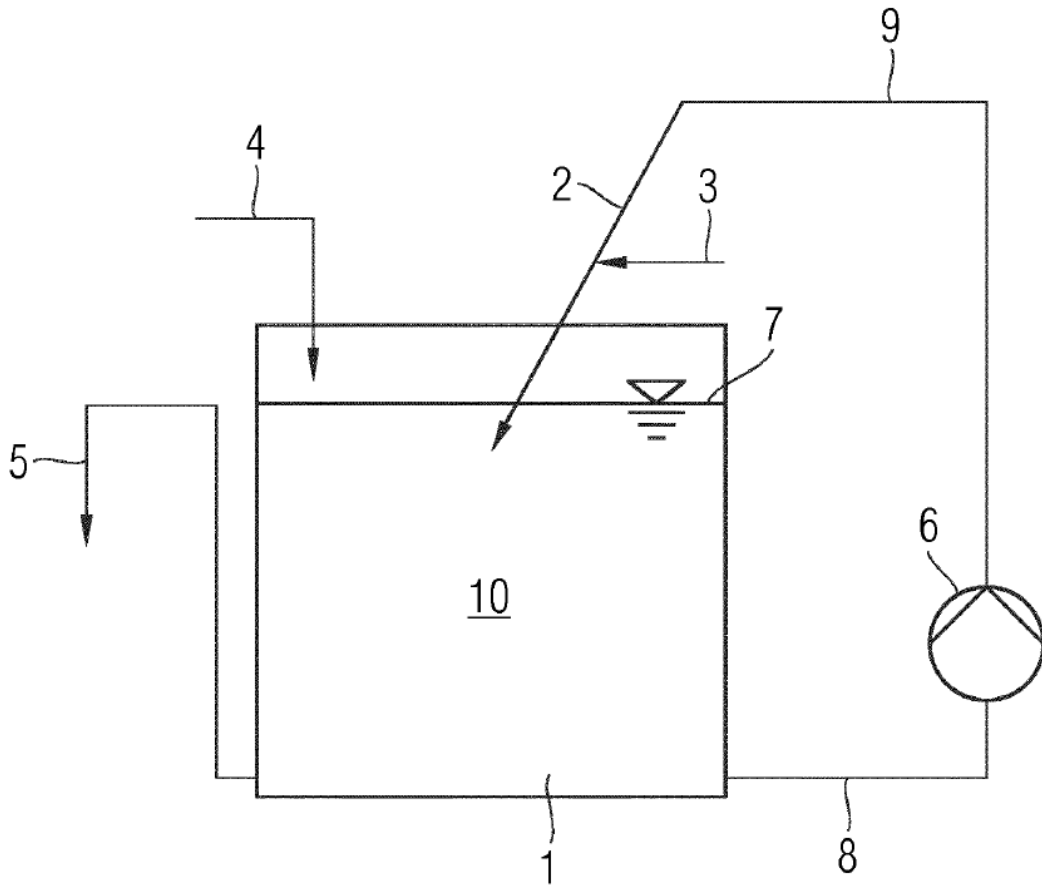


FIG 4

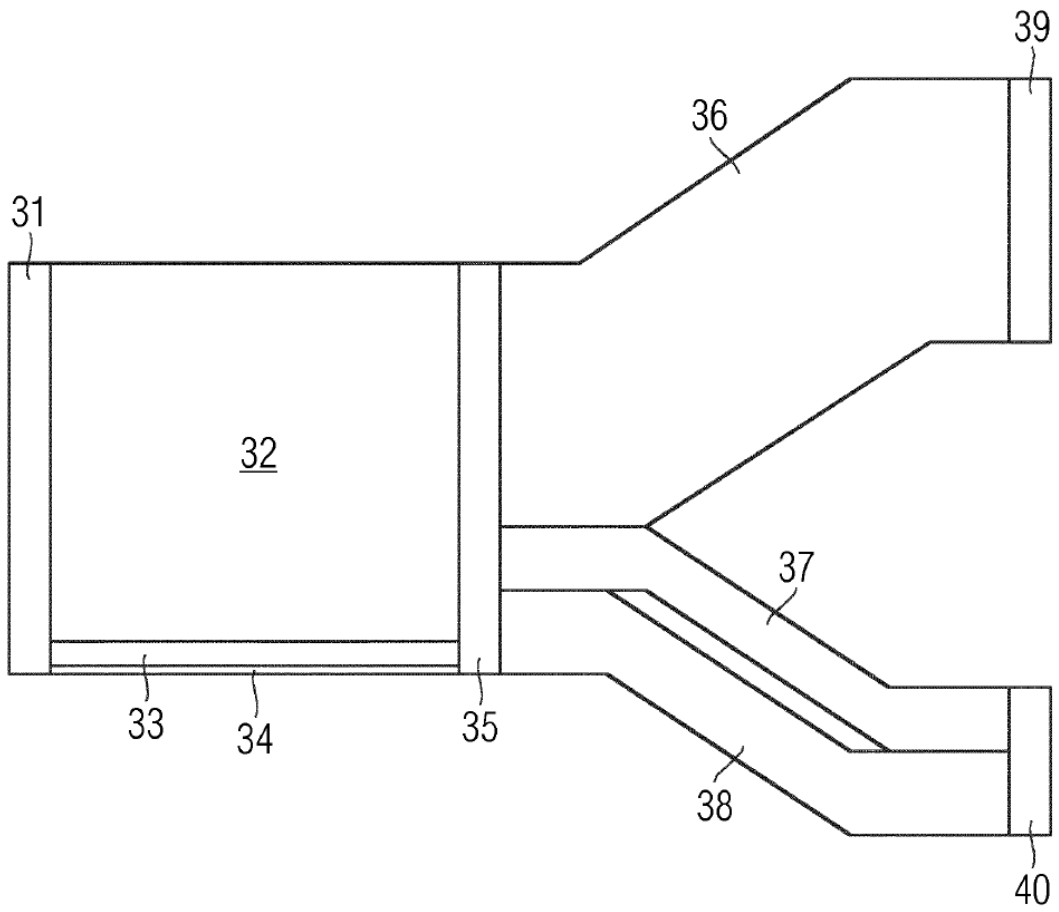


FIG 5

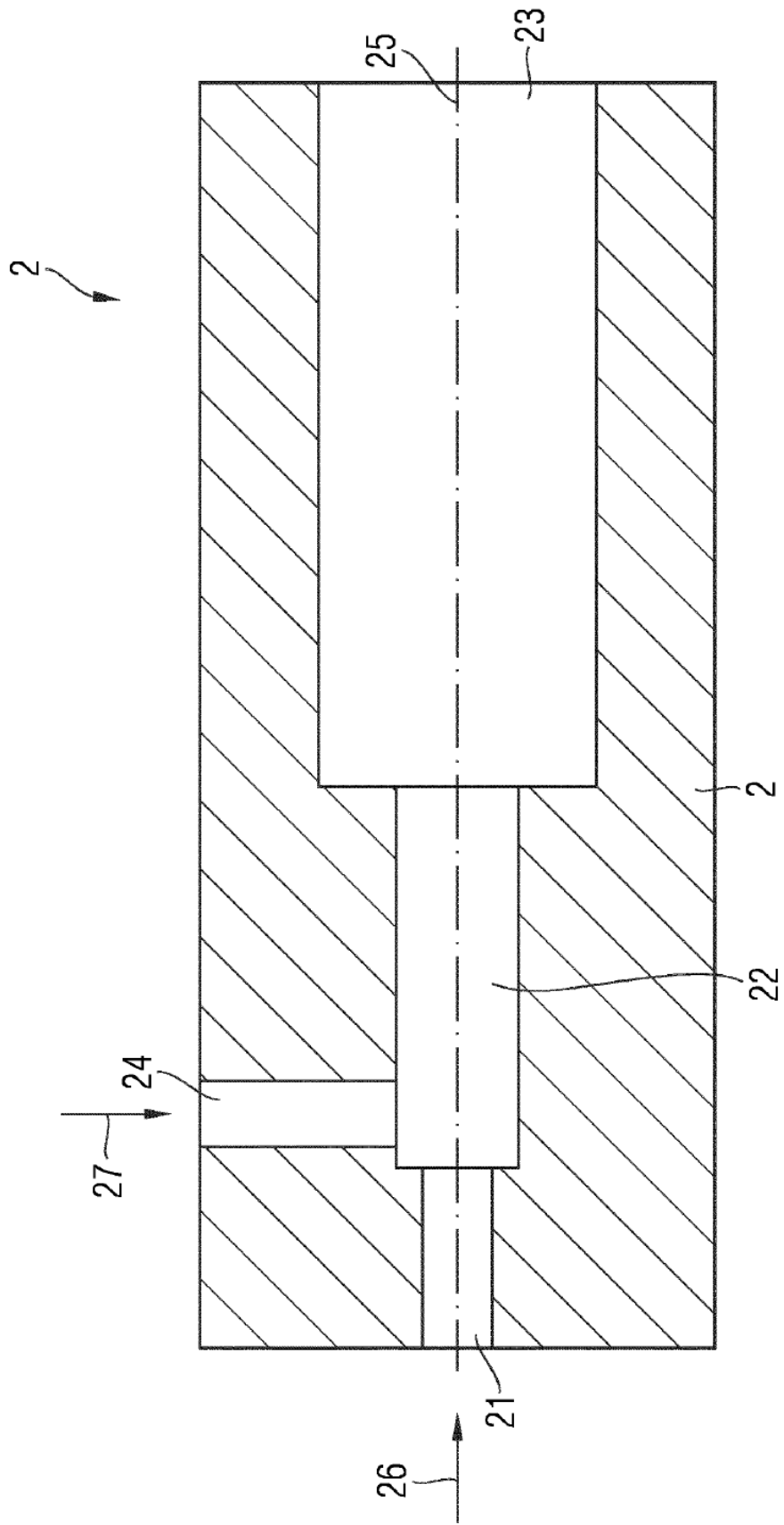


FIG 6

