

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 654**

51 Int. Cl.:

C22B 3/04 (2006.01)

C22B 3/20 (2006.01)

C22B 3/02 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2012 PCT/FI2012/051260**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13093194**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2012 E 12859048 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2794940**

54 Título: **Método y disposición para optimizar el uso del volumen de un reactor en relación con la lixiviación hidrometalúrgica**

30 Prioridad:

22.12.2011 FI 20116309

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

12.02.2019

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**HAAKANA, TIMO;
SAXÉN, BJÖRN y
TIIHONEN, JARI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 699 654 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

Método y disposición para optimizar el uso del volumen de un reactor en relación con la lixiviación hidrometalúrgica

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un método y a una disposición para optimizar el uso del volumen de un reactor usado en una etapa de lixiviación en un proceso hidrometalúrgico.

Antecedentes de la invención

10 Cuando se procesa un concentrado o una calcina que contiene metales valiosos en un proceso hidrometalúrgico, el proceso generalmente contiene una etapa de lixiviación, purificación de la solución y recuperación electrolítica. La solución de lixiviación utilizada en la etapa de lixiviación es normalmente ácido de retorno proveniente de la electroextracción y contiene ácido y una cantidad de metales valiosos recuperados en la electroextracción. En la etapa de lixiviación, también se introduce un gas portador de oxígeno en los reactores de mezcla. Este tipo de lixiviación es particularmente adecuado para los concentrados de níquel y zinc, así como para la pirita que contiene oro. La reacción de lixiviación tiene lugar sobre una superficie de partículas, en donde la reacción depende de la superficie. En consecuencia, una mayor cantidad de partículas (por volumen de solución) conduce a que se acelere la lixiviación. Sin embargo, a menudo la concentración de partículas está restringida, porque se necesita una cantidad específica de solución de lixiviación para una capacidad de producción en particular. Un gran flujo de lixiviación requiere altos volúmenes de reactor, con el propósito de obtener un tiempo de retención suficiente como para que se disuelvan las partículas. Los reactores representan una inversión significativa en el proceso de lixiviación, y el espacio que requieren puede causar dificultades en el diseño preparativo del proceso.

20 La publicación de patente estadounidense 6.929.677 describe una lixiviación a contracorriente de un concentrado de cobre en varias etapas, en un medio de cloruro, con el objetivo de lixiviar el cobre contenido en el concentrado, de manera que precipiten el hierro y el azufre. Para permitir que el hierro precipite en forma de hematita, se realiza una separación del líquido y de la materia sólida entre las etapas, y parte de la materia sólida se devuelve a una etapa previa o a un reactor en la misma etapa, pero en una dirección a contracorriente en relación con el flujo principal de la materia sólida.

25 El documento de patente estadounidense US 4.157.912 describe un proceso para tratar sulfuros metálicos activados térmicamente que contienen cobre, hierro y zinc, para la recuperación por separado de zinc, como sulfuro de zinc.

Objeto de la invención

30 Un objeto de la invención consiste en proporcionar un proceso de lixiviación hidrometalúrgica en el que se aproveche de un modo eficiente el volumen del reactor.

Compendio de la invención

El objeto se proporciona en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes.

35 La invención se refiere a un método para optimizar el uso del volumen de un reactor en una etapa de lixiviación, en un proceso hidrometalúrgico, en el que se lleva a cabo una etapa de lixiviación de materia sólida que contiene metales valiosos por medio de una solución de lixiviación, en una serie de reactores consistente en uno o más reactores. La materia sólida que contiene metales valiosos es sulfuro de zinc y/o calcina de zinc y se extrae una suspensión que contiene una solución y materia sólida de uno o más reactores, por desbordamiento y se traslada a una unidad de flotación para la separación del líquido y la materia sólida. La materia sólida separada —o parte de la materia sólida— se devuelve al reactor desde donde se retiró la suspensión y/o se transfiere a un reactor, que se encuentra a continuación en la dirección del flujo de la materia sólida y en el que se introduce una solución fresca sin reaccionar.

40 La invención se refiere también a una disposición para optimizar el uso del volumen del reactor en una unidad de lixiviación, en un proceso hidrometalúrgico, en donde la disposición comprende una unidad de lixiviación, que comprende lo siguiente:

45 una serie de uno o más reactores,

una unidad de flotación como unidad de separación de líquido y materia sólida, adaptada para separar el líquido y la materia sólida de la suspensión, unidad de separación esta que se encuentra dispuesta en asociación con uno o más reactores,

50 un equipo para devolver la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, al reactor desde donde se retiró la suspensión y/o

un equipo para transferir la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, a un reactor, que se encuentra a

continuación en la dirección del flujo de la materia sólida y en el que se introduce una solución fresca, sin reaccionar.

Lista de figuras

La figura 1 es un diagrama según el ejemplo 1, de una serie de reactores de la técnica anterior.

La figura 2 es un diagrama de acuerdo con el ejemplo 2, de una serie de reactores de la invención.

5 La figura 3 es un diagrama según el ejemplo 3, de una segunda serie de reactores de la invención.

La figura 4 es un diagrama según el ejemplo 4, de otra serie de reactores de la invención.

La figura 5 es un gráfico que muestra el rendimiento del zinc en función de la retención de materia sólida.

Y la figura 6 es un gráfico que muestra el rendimiento del zinc, en función del volumen de retención.

Descripción detallada de la invención

- 10 La invención se refiere a un método para optimizar el uso del volumen de un reactor, en relación con la lixiviación hidrometalúrgica de materia prima que contiene metales valiosos. De acuerdo con la invención, se lleva a cabo una etapa de lixiviación de un concentrado o calcina, utilizando básicamente una pluralidad de reactores dispuestos en serie, en donde uno o más reactores están provistos con medios de separación de líquido y materia sólida y en donde la materia sólida separada se transfiere a un reactor en la etapa de lixiviación. Por lo general, la lixiviación se realiza
- 15 en una o más etapas; cada etapa consiste en una serie de reactores que consiste en al menos un reactor, aunque generalmente son más de uno. El número exacto de reactores en una serie de reactores depende de varias cuestiones, como la cantidad de material de alimentación y el tamaño de los reactores. Por lo general, la serie de reactores comprende de 1 a 10 reactores. La mayoría de las veces se utiliza una solución de lixiviación que contiene ácido, y la solución se recicla desde otra etapa del proceso. La solución puede reciclarse de la recuperación electrolítica de metales valiosos, por ejemplo, en cuyo caso la solución contiene, disuelta allí, una cantidad del mismo metal que se va a lixiviar en la etapa de lixiviación. El metal a lixiviar y el proceso determinan la concentración preferida de los metales valiosos en la solución del producto a producir en la lixiviación. Naturalmente, también pueden introducirse agentes adicionales en la etapa de lixiviación; un agente que mejora la lixiviación es el gas portador de oxígeno, que puede ser aire, aire enriquecido con oxígeno u oxígeno. Los reactores son reactores de mezcla, es decir, están
- 20 provistos de un agitador eficiente que mantiene los sólidos en la suspensión. Si bien en la memoria descriptiva se emplea como ejemplo un proceso de zinc, debe tenerse en cuenta que el método ideado también es aplicable a los procesos de lixiviación de otras materias primas hidrometalúrgicas que contienen metales valiosos. Los ejemplos de otras materias primas que contienen metales valiosos incluyen sulfuro de níquel, sulfuro de cobre y piritita que contiene oro.
- 25 Dado que la lixiviación en la serie de reactores tiene lugar de acuerdo con un principio de flujos en co-corriente, la dirección de alimentación, tanto de la materia prima a lixiviar como de la solución de lixiviación, es la misma y, por lo tanto, fluyen hacia la misma dirección en la serie de reactores. Toda la materia prima y la solución de lixiviación se introducen en el primer reactor o bien, en algunos casos, la solución de lixiviación también se puede introducir en una pluralidad de reactores.
- 30 La concentración de sólidos en la suspensión, formada por la solución de lixiviación y la materia sólida, puede aumentarse separando la materia sólida parcialmente lixiviada de la solución concentrada con metales valiosos, devolviendo la materia sólida al reactor, desde donde se la extrajo, y continuando con la lixiviación de la materia sólida en el mismo reactor. Según una segunda alternativa, la materia sólida separada de la suspensión se introduce en una solución fresca que contiene una cantidad menor de metales valiosos. En esa alternativa, la solución de lixiviación se introduce en una pluralidad de reactores. La separación de sólidos y líquido que tiene lugar dentro de la serie de reactores se puede llevar a cabo, por ejemplo, por flotación, separación ciclónica o espesamiento. La flotación puede desarrollarse dentro o fuera de un reactor. Cuando la unidad de flotación está dentro de un reactor, no necesariamente requiere la introducción del gas por separado, sino que el gas portador de oxígeno introducido en el reactor también sirve como aire de dispersión para la flotación. Cuando la unidad de flotación está fuera de un reactor, el aire de dispersión se envía por separado a la unidad de flotación. En el mejor de los casos, la flotación permite que una fracción insoluble de metales valiosos se separe selectivamente de una fracción sin metales valiosos, dado que ya se han disuelto, lo que optimiza aún más el proceso. Sin embargo, desde el punto de vista de la invención, esto no es indispensable.
- 35 40 45 50 Es obvio que la suspensión extraída del último reactor en la etapa de lixiviación se suministra a los medios de separación de líquido y materia sólida, desde donde se envía una solución del producto que contiene metales valiosos a la purificación de la solución, mientras que la materia sólida, después del tratamiento habitual, se convierte en rechazos del proceso. La separación de líquido y materia sólida que tiene lugar después de la etapa de lixiviación es típicamente espesante.

Durante el desarrollo del método de la invención, se descubrió que la optimización en la lixiviación de la materia prima

5 en los reactores con etapa de lixiviación, mediante la separación de líquido y materia sólida dispuesta dentro de la etapa y mediante la circulación de la materia sólida formada en la separación, permite reducir significativamente el tamaño de los reactores en la serie de reactores. El volumen de los reactores puede reducirse a tan solo un cuarto del volumen necesario para suministrar la misma cantidad de solución y materia sólida a un reactor, cuando no se utiliza la circulación. Dado que los reactores representan una parte importante de las inversiones en la etapa de lixiviación, el hecho de optimizar el procesamiento permite un recorte sustancial de los costos.

10 Cuando la materia prima que contiene metales valiosos es un concentrado de zinc, por ejemplo, su contenido de zinc es del orden del 50 % en peso. La solución de lixiviación utilizada en un proceso de zinc es ácido de retorno de la electroextracción, en la que la cantidad de zinc es de aproximadamente 50 g/l. Una solución saturada de sulfato de zinc contiene aproximadamente 150 g/l de zinc, lo que significa que la lixiviación aumenta la concentración de zinc de la solución en aproximadamente 100 g/l. La conclusión que se puede sacar de esto es que cuando la solución de lixiviación y la materia sólida pasan de un reactor al siguiente a la misma velocidad, el contenido de sólidos en el reactor que está primero en la dirección del flujo puede ser del orden de 200 g/l, como máximo.

15 El objetivo del método de la presente invención consiste en optimizar la lixiviación, aumentando la concentración de materia sólida de la suspensión en uno o más reactores, permitiendo al mismo tiempo que se reduzca sustancialmente el tamaño de los reactores utilizados en la lixiviación. En un proceso de zinc, la flotación proporciona un método muy rápido y selectivo para separar la materia sólida y permitir que un concentrado de zinc inerte se separe de una solución.

20 La velocidad de lixiviación de una materia prima que puede disolverse con relativa lentitud y que contiene metales valiosos puede ilustrarse con la siguiente fórmula, por ejemplo, que en los siguientes ejemplos se aplica a un concentrado de zinc sulfídico:

$$r_{ZnS} = k * C_{ZnS} * C_{Fe^{3+}}^{0.5}$$

en la cual r = velocidad de reacción

k = coeficiente de reacción

c = concentración del componente reactivo

25 La fórmula anterior permite presentar un grado de reacción típico para la lixiviación y el procesamiento en función del tiempo, en donde la lixiviación se torna más lenta a medida que se reduce la cantidad de fracción insoluble que contiene metales valiosos.

30 La invención se refiere también a una disposición para optimizar el uso del volumen del reactor en una unidad de lixiviación en un proceso hidrometalúrgico, en donde la disposición comprende una unidad de lixiviación, que comprende lo siguiente:

una serie de uno o más reactores,

una unidad de separación de líquido y materia sólida, adaptada para separar el líquido y la materia sólida de la suspensión, cuya unidad de separación está dispuesta en asociación con uno o más reactores,

35 un equipo para devolver la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, al reactor, desde donde se retiró la suspensión, y/o un equipo para transferir la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, a un reactor, que se encuentra a continuación en la dirección de flujo de la materia sólida y en el que se introduce una solución fresca y sin reaccionar.

Según una realización de la invención, la disposición comprende una unidad de flotación dentro de un reactor.

Según una realización de la invención, la disposición comprende una unidad de flotación fuera de un reactor.

40 Según una realización de la invención en la disposición, la unidad de separación de líquido y materia sólida es un ciclón.

Según una realización de la invención, la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con cada reactor de la serie de reactores.

45 Según una realización de la invención, la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con los dos últimos reactores de la serie de reactores.

Según una realización de la invención, la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con el último reactor de la serie de reactores.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos ilustran el uso optimizado del volumen del reactor en un proceso de zinc, en donde la serie de reactores se ha seleccionado de modo tal que conste de cuatro reactores. El primer ejemplo ilustra la lixiviación de concentrado de zinc en una serie de la técnica anterior sin circular. El tamaño de esta serie de reactores ha recibido un valor de 100, y en los ejemplos 2 a 4, que ilustran el tamaño del reactor de la invención, se compara con el tamaño de este reactor de un proceso de la técnica anterior. El flujo de volumen interno, a su vez, en los otros ejemplos y en los otros reactores se compara con el flujo de volumen del reactor 1 en el ejemplo 1. El contenido de zinc de la solución de lixiviación que se va a introducir en el reactor 1 es de 50 g/l; las proporciones de la solución y la materia sólida que sale de cada reactor se muestran en las tablas. Las cantidades y concentraciones tanto de la solución como de la materia de alimentación consistente en el concentrado son las mismas en todos los ejemplos.

Ejemplo 1

El ejemplo 1 y la figura 1 ilustran una serie de reactores de la técnica anterior, en los que la cantidad total de concentrado y la solución de lixiviación provenientes de la electroextracción se introducen en un primer reactor de la serie. El gas que contiene oxígeno se introduce a todos los reactores de la serie. Los reactores están conectados en serie, y se obtiene un rendimiento de lixiviación de zinc del 98,6 % en peso. El flujo volumétrico se determina sobre la base de una concentración de zinc de 150 g/l en la solución del producto que sale del último reactor. Tal como lo muestra la tabla, la mayor parte de la materia sólida se disuelve ya en el primer reactor, pero los otros reactores también son necesarios para garantizar un rendimiento suficiente.

Tabla 1

		R1	R2	R3	R4	Total
Tamaño del reactor	%	100	100	100	100	100
Circulación del concentrado de flotación	%	0	0	0	0	
Flujo volumétrico (interno)	%	100	94	92	91	
Flujo volumétrico (afuera)	%	100	94	92	91	
Tiempo de retención (caudal afluente)	h	6,4	6,8	7,0	7,1	27,3
Sólidos (internos)	g/l	127,7	107,1	98,5	95,0	
Sólidos (afuera)	g/l	127,7	107,1	98,5	95,0	
Fe ²⁺	g/l	8,5	12,8	14,6	12,4	
Fe ³⁺	g/l	2,0	2,0	2,0	5,0	
H ₂ SO ₄	g/l	84	45	29	20	
Zn	g/l	101	131	144	150	
Rendimiento de Zn	%	61,6	85,6	94,7	98,6	
Material introducido de O ₂	%	61,7	24,1	9,2	5,1	100

Ejemplo 2

El ejemplo 2 y la correspondiente figura 2 representan un caso en el que el R3 y el R4 están provistos de una unidad de flotación a la que se lleva la suspensión procedente de los reactores. El aire de dispersión utilizado en la flotación es aire presurizado (no se muestra en detalle en la figura). Aunque en el diagrama la unidad de flotación está afuera del reactor, también puede colocarse dentro del reactor. Las unidades de flotación y la circulación lograda con ellas permiten que se equilibre la lixiviación en los diferentes reactores, lo que significa que una parte significativa de la reacción de lixiviación tiene lugar también en otros reactores, además del primero. La introducción de oxígeno en los diferentes reactores se ajustó para que correspondiera a la lixiviación que tiene lugar en cada reactor. Una fracción de sólidos, es decir, un concentrado de azufre, transformada en espuma en la unidad de flotación y que contiene principalmente sulfuro insoluble y el elemento azufre formado en la reacción de lixiviación, se hace circular de nuevo hacia el mismo reactor desde donde la suspensión se introdujo en la flotación. Una fracción de materia sólida que no se transforma en espuma continúa en la solución rica en zinc hacia el siguiente reactor y, después del último reactor, hacia la siguiente etapa del proceso. Un tiempo de flotación realista fluctúa en el orden de 6 a 9 minutos.

En el tercer y cuarto reactores, la concentración de materia sólida de la suspensión se restringió ajustando la cantidad de materia sólida a circular a un valor de 400 g/l, que es adecuado para una concentración de materia sólida en un reactor de mezcla. Por lo tanto, parte del concentrado de azufre en las unidades de flotación, provistas en asociación con los reactores R3 y R4, se introduce con la solución en el siguiente reactor o, cuando el reactor es el último, fuera de la etapa de lixiviación, para evitar un aumento descontrolado de concentración de materia sólida en el reactor. Por otro lado, se define la relación de circulación para garantizar que no se produzcan pérdidas de rendimiento. Los resultados de la tabla 2 muestran que ahora es posible recuperar la misma cantidad de zinc con un reactor de una serie de reactores cuyo tamaño es solo el 34 % de los del ejemplo 1. El volumen de una unidad de flotación es del 6 al 12 % del volumen del reactor.

5

10 Tabla 2

		R1	R2	R3	R4	Total
Tamaño del reactor	%	34	34	34	34	34
Circulación del concentrado de flotación	%	0	0	89,95	91,85	
Flujo volumétrico (interno)	%	105	99	130	130	
Flujo volumétrico (afuera)	%	105	99	93	91	
Tiempo de retención (caudal afluente)	h	2,1	2,2	2,4	2,4	9,2
Sólidos (internos)	g/l	150	132	400	400	
Sólidos (afuera)	g/l	150	132	104	96	
Fe ²⁺	g/l	4,3	8,1	11,9	11,3	
Fe ³⁺	g/l	2,0	2,0	2,0	5,0	
H ₂ SO ₄	g/l	122,1	87,8	38,6	20,0	
Zn	g/l	72	99	138	150	
Rendimiento de Zn	%	34,8	57,9	90,1	98,6	
Material introducido de O ₂	%	35,2	24,3	30,2	10,3	100

Ejemplo 3

En principio, la solución según el ejemplo 3 y la figura 3 actúa de la misma manera que se describe en el ejemplo 2, excepto que aquí los reactores R2, R3 y R4 están provistos de una unidad de flotación. La tabla 3 muestra que el mismo proceso de lixiviación puede llevarse a cabo en reactores aún más pequeños. Con la circulación de materia sólida, la densidad de la suspensión se ajusta para que se ubique en el orden de 400 g/l en los últimos tres reactores. El tiempo de flotación es el mismo que en el ejemplo 2, el volumen de la unidad de flotación es del 8 al 15 % del volumen del reactor. La tabla muestra que ahora se logra un rendimiento correspondiente al del ejemplo 1 utilizando reactores cuyo volumen es solo el 24 % de los volúmenes del reactor en el ejemplo 1.

15

20 Tabla 3

		R1	R2	R3	R4	Total
Tamaño del reactor	%	24	24	24	24	24
Circulación del concentrado de flotación	%	0	86,62	90,56	91,87	
Flujo volumétrico (interno)	%	108	131	131	130	
Flujo volumétrico (afuera)	%	108	97	93	91	
Tiempo de retención (caudal afluente)	h	1,5	1,6	1,7	1,7	6,5
Sólidos (internos)	g/l	154	400	400	400	

ES 2 699 654 T3

Sólidos (afuera)	g/l	154	118	102	96	
Fe ²⁺	g/l	3,1	8,0	11,3	10,8	
Fe ³⁺	g/l	2,0	2,0	2,0	5,0	
H ₂ SO ₄	g/l	130,1	64,3	35,0	20,0	
Zn	g/l	64	117	141	150	
Rendimiento de Zn	%	27,0	74,5	92,6	98,6	
Material introducido de O ₂	%	27,5	46,4	17,8	8,3	100

Ejemplo 4

El ejemplo 4 y la figura 4 ilustran otra forma de optimizar el uso del volumen del reactor. Todo el concentrado se introduce en el primer reactor, pero la solución de lixiviación se introduce en todos los reactores. A cada reactor le sigue una unidad de flotación; la solución obtenida de ellas no se traslada al siguiente reactor sino a una unidad de separación de líquido y materia sólida, tal como un espesante, que se encuentra después de la etapa de lixiviación. El concentrado de azufre proveniente de la unidad de flotación siempre se traslada a un reactor que se encuentra a continuación en la dirección del flujo y no se devuelve al mismo reactor del que se extrajo, como en los ejemplos anteriores. El tamaño de la unidad de flotación es del orden de 0,4 a 8 % del volumen del reactor. En comparación con una solución de la técnica anterior, la solución de acuerdo con este ejemplo proporciona a cada reactor una mayor concentración de sólidos. La lixiviación continúa en cada reactor hasta que la concentración de zinc de la solución alcanza la concentración de zinc de una solución saturada de sulfato de zinc o se acerca a ella. Después de la etapa de lixiviación en la serie de reactores de cuatro reactores, se lleva a cabo una separación de líquido y materia sólida en el espesante, y la solución de sulfato de zinc obtenida de allí se lleva a la purificación de la solución. El flujo de fondo proveniente del espesante se lleva hacia otro reactor más, el R5, en el que la lixiviación de la materia sólida con la solución de lixiviación continúa hasta que se disuelve el resto del zinc. La solución así obtenida, combinada con la solución que va a la purificación de la solución y el depósito obtenido, se descarga como rechazo después del procesamiento necesario.

Tabla 4

		R1	R2	R3	R4	R5	Total
Tamaño del reactor	%	25	25	25	25	25	32
Flujo volumétrico (interno)	%	46	37	24	12	12	
Tiempo de retención (caudal afluente)	h	3,5	4,4	6,7	13,3	13,5	41,5
Sólidos (internos)	g/l	392	293	302	425	359	
Sólidos (afuera)	g/l	325	229	245	411	328	
Fe ²⁺	g/l	15,0	11,6	6,6	1,8	36,7	
Fe ³⁺	g/l	1,5	2,0	4,0	7,0	7,0	
H ₂ SO ₄	g/l	20,0	20,0	20,1	19,7	19,9	
Zn	g/l	143	149	153	155	124	
Rendimiento de Zn	%	43,3	72,0	89,8	96,2	98,6	
Material introducido de O ₂	%	43,7	27,7	16,5	5,9	6,2	100

Ejemplo 5

Se llevaron a cabo dos experimentos de lixiviación directa y flotación de un concentrado de zinc sulfídico. El primer experimento comprendía un proceso de lixiviación discontinuo estándar en un reactor y representaba una lixiviación según el ejemplo 1, sin separación de líquido y materia sólida entre los reactores. En el segundo experimento, se lixivió el mismo concentrado en cuatro reactores (R1 a R4), como se describe en el ejemplo 4. El experimento se llevó

5 a cabo como un proceso discontinuo, en el que la solución de lixiviación se transportaba a cada reactor y donde después de cada reactor, tenía lugar una separación de líquido y sólidos; la materia sólida así obtenida por la separación se transfirió luego a un siguiente reactor; la solución rica en zinc se trasladó directamente al espesamiento después de la etapa de lixiviación y no al siguiente reactor. La temperatura en la etapa de lixiviación fue de 95 °C, y se introdujo oxígeno en cada reactor.

10 Los resultados de los experimentos se ilustran en las figuras 5 y 6 y en la tabla 5. La figura 5 muestra el rendimiento de zinc durante la lixiviación directa, en función del tiempo de retención de la materia sólida. La figura 6 muestra el rendimiento de zinc en la lixiviación directa, en función del volumen de retención (volumen de retención = tiempo * volumen). El volumen de retención es proporcional al volumen necesario cuando la lixiviación se lleva a un proceso en escala productiva. La figura 6 también incluye un gráfico que muestra el volumen de retención requerido cuando se supone que se llevó a cabo un experimento de lixiviación estándar que involucra un reactor, utilizando la máxima concentración posible de materia sólida.

15 La figura 5 muestra que la lixiviación llevada a cabo en varios reactores ni siquiera se aproximó a un nivel óptimo, aunque sin embargo permitió lograr, como se muestra en la figura 6, una reducción del 30 % en el volumen de retención a obtener, en comparación con una lixiviación estándar llevada a cabo en un reactor. En las flotaciones llevadas a cabo en la lixiviación que involucra una serie de cuatro reactores, la flotación de un concentrado de zinc inerte se realiza en tan solo unos minutos. La materia sólida se trasladó al siguiente reactor, y la solución se llevó desde el circuito de lixiviación hasta un espesante, después de la etapa de lixiviación. La figura 5 muestra, además, que para obtener el mismo rendimiento de zinc, el tiempo de retención requerido por la materia sólida es mayor cuando en el proceso son varios los reactores, que cuando hay uno solo. Sin embargo, el volumen total necesario para la lixiviación que involucra varios reactores fue menor que en el experimento de lixiviación realizado con un solo reactor.

20

Tabla 5

	Lixiviación estándar		Lixiviación de materia con alto contenido de sólidos			
	Exp. 1	Cant. máx. de sólidos, exp. 1	Exp. 2 R1	Exp. 2 R2	Exp. 2 R3	Exp. 2 R4
Zn, g/l en la concentración inicial	47	47	40	60	65	50
Zn, g/l en la concentración final	124	150	80	106	140	90
Sólidos, g/l en la concentración inicial	150	200	330	310	480	250
% de rendimiento	99	99	20	45	77	99

REIVINDICACIONES

1. Un método para optimizar el uso del volumen de un reactor en una etapa de lixiviación, en un proceso hidrometalúrgico, en donde tiene lugar una etapa de lixiviación de materia sólida que contiene metales valiosos, por medio de una solución de sulfato de lixiviación en una serie de uno o más reactores, en donde la materia sólida que contiene metales valiosos es sulfuro de zinc y/o calcina de zinc, y se extrae una suspensión que contiene una solución y la materia sólida desde uno o más reactores, por desbordamiento, y se trasladan a una unidad de flotación para la separación de líquido y materia sólida; la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, se devuelve al reactor desde donde se retiró la suspensión y/o se transfiere a un reactor, que se encuentra a continuación en la dirección del flujo de la materia sólida y en el que se introduce solución fresca, sin reaccionar.
2. El método de según la reivindicación 1, en donde la suspensión que contiene la solución y los sólidos se retira de uno o más reactores por desbordamiento, el líquido y la materia sólida se separan de la suspensión, y la materia sólida se devuelve al reactor desde donde se retiró la suspensión.
3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde la unidad de flotación está dentro del reactor.
4. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde la unidad de flotación está afuera del reactor.
5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la separación de líquido y materia sólida se dispone en relación con cada reactor de la serie de reactores.
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la separación de líquido y materia sólida se dispone en relación con los dos últimos reactores de la serie de reactores.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la separación de líquido y materia sólida se dispone en relación con el último reactor en la serie de reactores.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la etapa de lixiviación tiene lugar de acuerdo con un principio de flujo de co-corriente.
9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la suspensión que contiene la solución y la materia sólida se retira de uno o más reactores por desbordamiento, el líquido y la materia sólida se separan de la suspensión, y la materia sólida se traslada a un reactor que se encuentra a continuación en la dirección de flujo de la materia sólida.
10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde se dispone una separación selectiva de materia sólida sin reaccionar, desde una suspensión formada por materia sólida y solución, en asociación con uno o más reactores, y la materia sólida sin reaccionar separada, o parte de la materia sólida se devuelve al reactor desde donde se retiró la suspensión o se traslada a un reactor, que se encuentra a continuación en la dirección del flujo de la materia sólida y en el que se introduce una solución fresca, sin reaccionar.
11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la suspensión que contiene la solución y la materia sólida se retiran de uno o más reactores por desbordamiento.
12. Una disposición para optimizar el uso del volumen del reactor en una unidad de lixiviación, en un proceso hidrometalúrgico con un medio de sulfato, en donde la disposición comprende una unidad de lixiviación, que comprende lo siguiente:
- una serie de uno o más reactores,
- una unidad de flotación como unidad de separación de líquido y materia sólida, adaptada para separar el líquido y la materia sólida de la suspensión, unidad de separación que se encuentra dispuesta en asociación con uno o más reactores,
- un equipo para devolver la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, al reactor desde donde se retiró la suspensión, y/o un equipo para trasladar la materia sólida separada, o parte de la materia sólida, a un reactor, que se encuentra a continuación en la dirección del flujo de la materia sólida y en el que se introduce una solución fresca, sin reaccionar.
13. La disposición según la reivindicación 12, en donde la disposición comprende una unidad de flotación dentro de un reactor.
14. La disposición según la reivindicación 12, en donde la disposición comprende una unidad de flotación fuera de un reactor.
15. La disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con cada reactor de la serie de reactores.

16. La disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con los dos últimos reactores de la serie de reactores.

17. La disposición según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde la unidad de separación de líquido y materia sólida está dispuesta en relación con el último reactor en la serie de reactores.

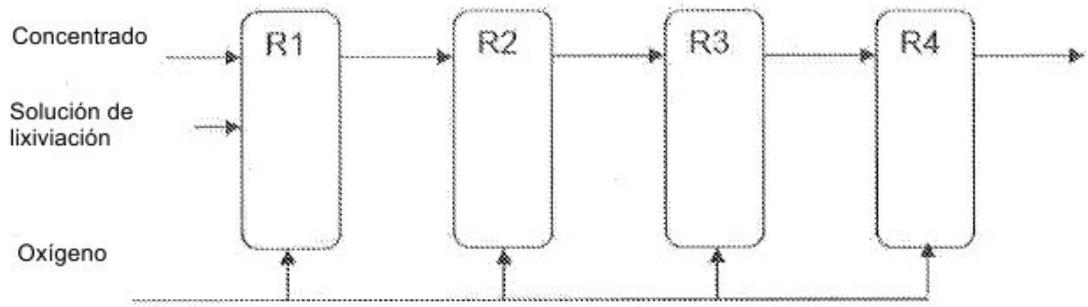


Figura 1

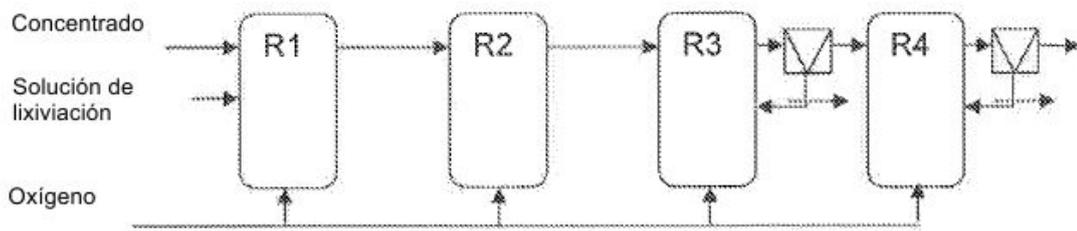


Figura 2

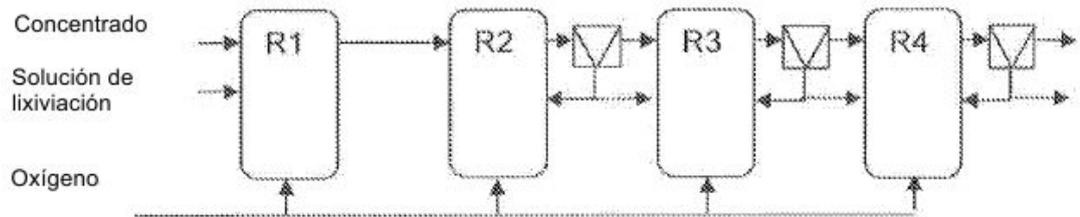


Figura 3

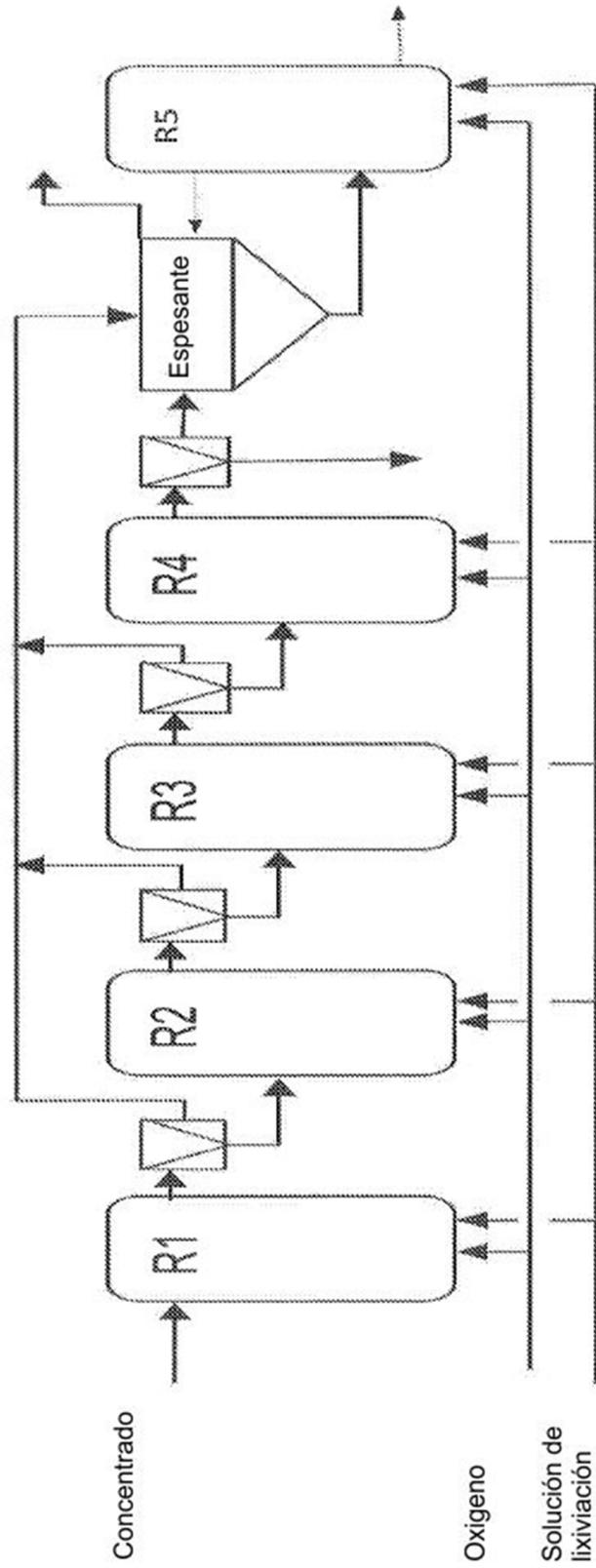


Figura 4

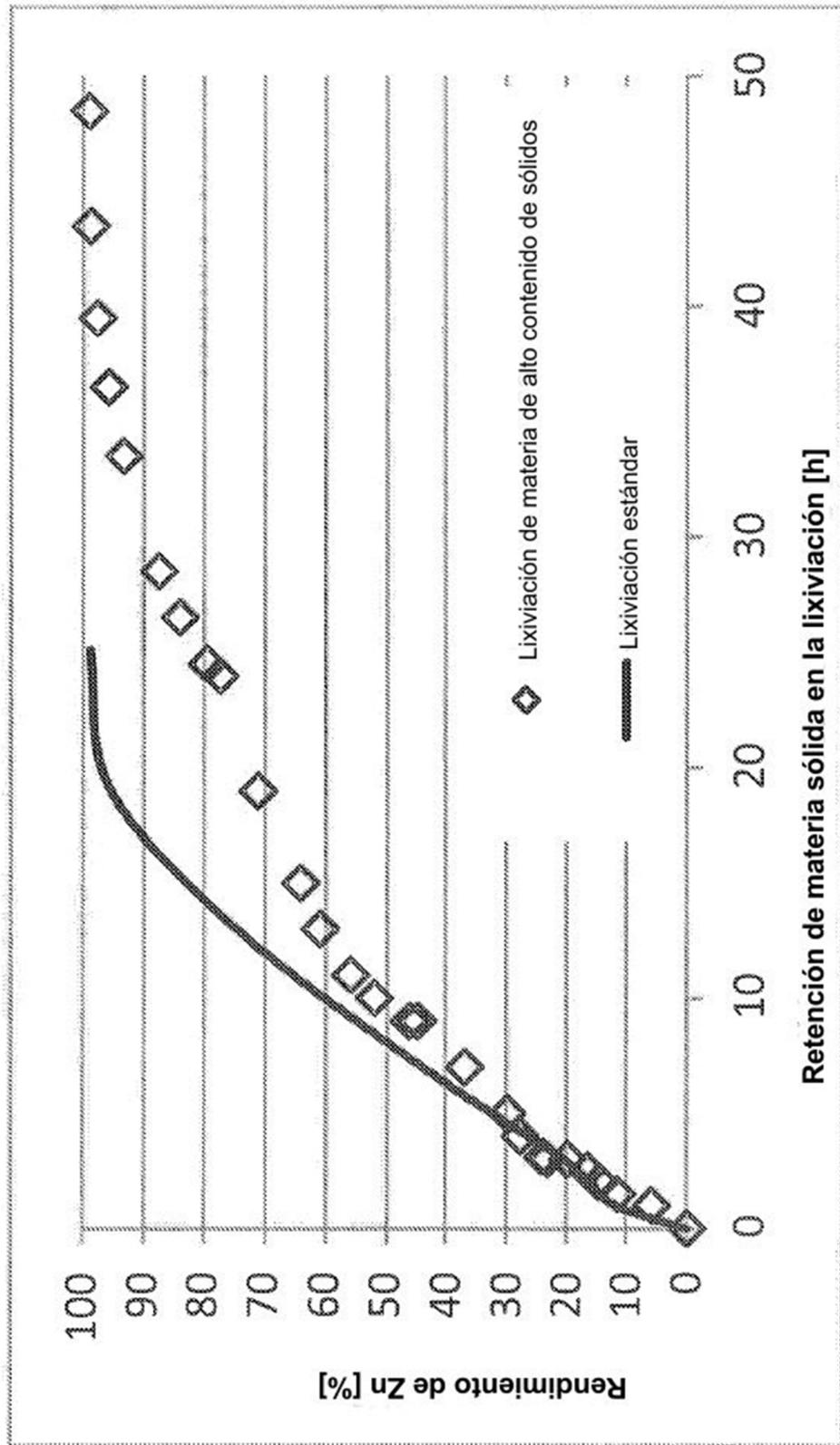


Figura 5

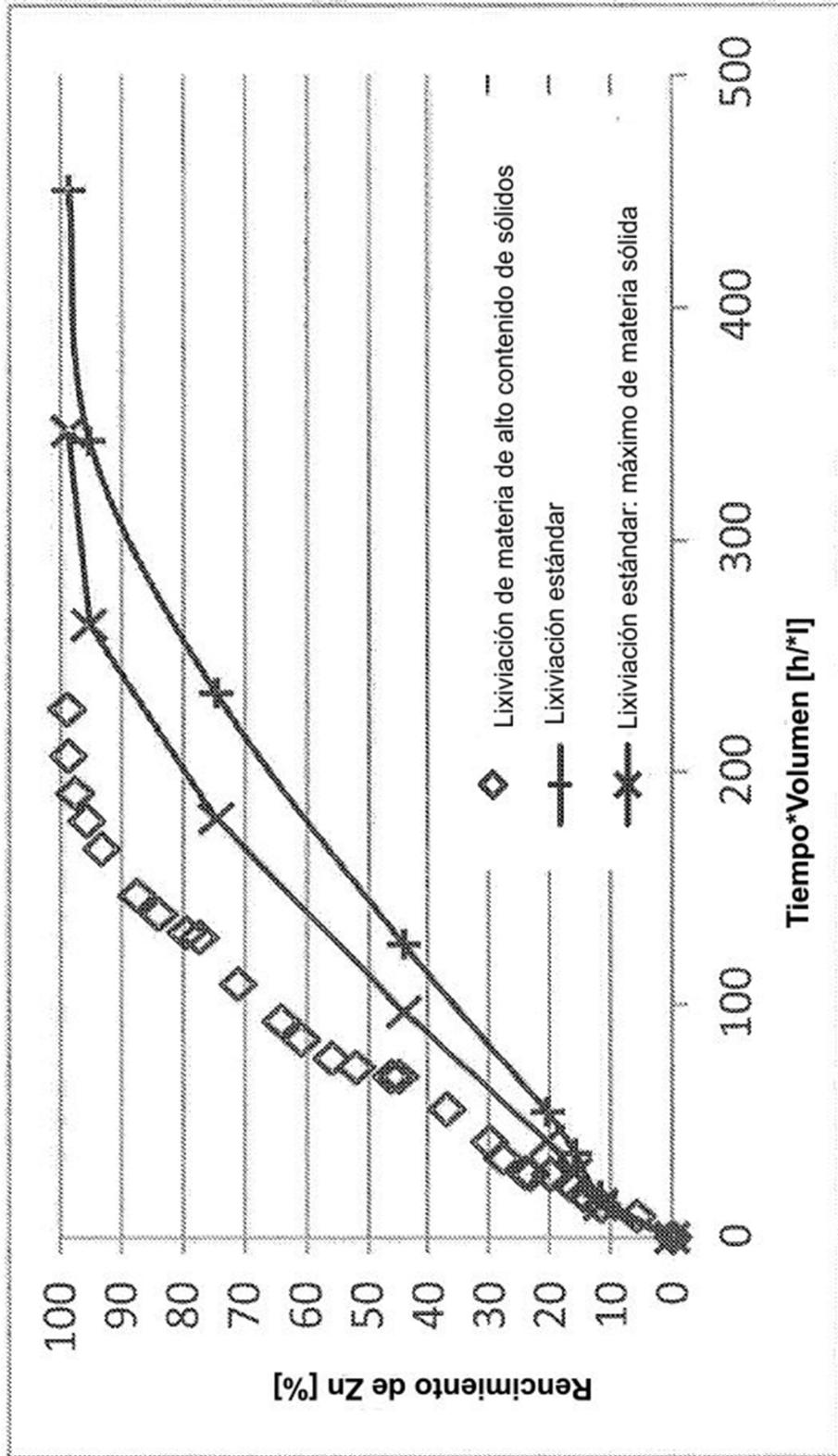


Figura 6