

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 344**

51 Int. Cl.:

**C22B 3/42** (2006.01)

**C22B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2015 PCT/FI2015/050387**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015 WO15185804**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2015 E 15731386 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 3152339**

54 Título: **Recuperación de plata por intercambio iónico**

30 Prioridad:

**05.06.2014 FI 20145515**

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

**11.12.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TYSTER, MIKKO;  
VIROLAINEN, SAMI;  
VALKAMA, KARI y  
HAAPALAINEN, MIKA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 693 344 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

Recuperación de plata por intercambio iónico

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para recuperar plata de disoluciones de haluros y, en particular, para recuperación de plata por intercambio iónico.

### Antecedentes de la invención

10 Muchas menas y concentrados que contienen cobre y oro contienen plata en tal magnitud que es económicamente razonable recuperarla. Sin embargo, es bastante difícil la recuperación eficaz de plata de una solución de lixiviación a base de cloruro y bromuro. La concentración de plata de la solución de lixiviación es normalmente baja comparada con las concentraciones de cobre y calcio y/o sodio. Además, la concentración de muchos metales lixiviados como hierro, cinc y plomo también puede ser mayor que la concentración de plata. Hay algunas opciones del procedimiento para la recuperación de plata tales como cementación, precipitación de sulfuro o extracción con disolvente. Algunos de estos procedimientos no son adecuados para soluciones de lixiviación a base de cloruro y bromuro cuando hay especialmente cobre en concentraciones muy altas.

15 La patente de EE. UU. 20100116093 A1 describe un método para recuperar plata de una solución de ácido clorhídrico que contiene cloruro de metal alcalino y/o alcalinotérreo, iones plata, cobre y hierro, que comprende las etapas de: (1) poner la solución en contacto con una resina de intercambio aniónico de base fuerte (tal como PA-312 fabricada por Mitsubishi Chemical Corporation) para adsorber plata, cobre y hierro en la resina de intercambio aniónico; (2) lavar la resina de intercambio aniónico con agua para eliminar el cobre y el hierro adsorbidos y (3) poner después en contacto  
20 la resina de intercambio iónico con una solución de ácido clorhídrico para que eluya la plata adsorbida.

Una de las desventajas asociadas a la disposición anterior es que debe eliminarse la mayor parte del cobre previamente al contacto con la resina de intercambio aniónico por extracción con disolvente para conseguir una concentración de cobre desde aproximadamente 20 g/l a aproximadamente 30 g/l. Asimismo, según la publicación, el límite superior de la concentración de plata en la solución ácida es deseable que sea 30 mg/l debido al límite de absorción de la resina de intercambio aniónico de base fuerte.  
25

### Breve descripción de la invención

Un objeto de la presente invención es, así, proporcionar un método mejorado para la recuperación de plata de soluciones que contienen haluros. Los objetos de la invención se consiguen por un método que se caracteriza por lo que se declara en la reivindicación independiente. Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.  
30

La invención se basa en el logro de que la utilización de una resina de intercambio aniónico débil permite la recuperación selectiva de plata de soluciones impregnadas lixiviables (PLS, por sus siglas en inglés). Una ventaja del método de la invención es que la plata puede recuperarse directamente de una solución PLS sin ningún tratamiento previo. Además, la utilización de una resina de intercambio aniónico débil permite la recuperación de plata también de una solución ácida que comprende plata en alta concentración.  
35

### Breve descripción de los dibujos

En lo que sigue, la invención se describirá con mayor detalle mediante realizaciones preferidas con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 ilustra un flujo del procedimiento de un ejemplo del método de la presente invención;

40 la figura 2 muestra una composición del eluido durante la elución de una columna de intercambio iónico PSI WPGM con una solución de HCl que comprende tiourea;

la figura 3 muestra una composición del eluido durante la elución de una columna de intercambio iónico Purolite A830 con una solución de HCl que comprende tiourea;

45 la figura 4 muestra una composición del eluido durante la elución de una columna de intercambio iónico PSI Purolite A170 con una solución de HCl que comprende tiourea;

la figura 5 muestra una composición del eluido durante la elución de una columna de intercambio iónico PSI Purolite A172 con una solución de HCl que comprende tiourea.

### Descripción detallada de la invención

50 La plata existe principalmente como complejos de haluro aniónico en soluciones que contienen una alta concentración de haluros. Ahora se ha encontrado sorprendentemente que puede recuperarse plata de soluciones impregnadas

lixiviables resultantes de tratamiento hidrometalúrgico de menas y/o concentrados que contienen plata utilizando una resina de intercambio aniónico débil. Alimentando la solución impregnada lixiviable por una columna de intercambio iónico que comprende suficiente lecho de resina, puede eliminarse toda o casi toda la plata de la solución impregnada lixiviable. Sin embargo, también se absorben en la resina todo el plomo y algo de cinc. También, debido a una alta concentración de cobre, también se absorbe una cantidad significativa de cobre en la resina. De acuerdo con esta invención, puede eliminarse todo o la mayor parte del cobre, cinc y plomo absorbidos por lavado de la columna como se discutirá más adelante antes de que eluya la plata de la resina. De acuerdo con esto, se obtiene una solución de plata purificada y concentrada.

La presente invención acorde proporciona un método para recuperar plata de soluciones de haluro que contienen plata, que comprende las etapas de:

(a) proporcionar una columna de intercambio iónico que comprende una resina de intercambio aniónico débil;

(b) introducir la solución de haluro que contiene plata en la columna de intercambio iónico para absorber plata en la resina de intercambio aniónico débil;

(c) lavar la resina de intercambio iónico cargada con una primera solución de lavado para retirar por enjuague el cinc y la mayor parte del cobre absorbidos;

(d) lavar la resina de intercambio iónico cargada con una segunda solución de lavado para retirar por enjuague el cobre restante;

(e) opcionalmente lavar la resina de intercambio iónico cargada con una tercera solución de lavado para retirar por enjuague el plomo absorbido y

(f) eluir la resina de intercambio iónico cargada con un eluyente para eliminar plata de la resina y obtener una solución que contiene plata.

El método de la presente invención es adecuado, en particular, para soluciones impregnadas lixiviables que resultan del tratamiento hidrometalúrgico de menas y/o concentrados que contienen plata. En particular, la solución impregnada lixiviable que resulta de lixiviación a base de cloruro de menas y/o concentrados de cobre y oro puede tratarse con el método de la invención.

Los haluros están típicamente presentes como cloruros. Sin embargo, también pueden estar presentes y/o añadirse bromuros a la solución. Dichas soluciones de haluro que contienen plata pueden obtenerse, por ejemplo, de lixiviación de menas y/o concentrados que contienen plata con agentes de lixiviación que contienen HCl y/o usando agua del tratamiento que contenga cloro junto con las etapas de tratamiento, en particular la etapa de lixiviación, precediendo a las etapas de recuperación de la presente invención. Dicha agua de tratamiento puede ser, por ejemplo, agua de solución salina obtenida, por ejemplo, del mar o de lagos salados. También puede entrar cloruro en el tratamiento de la materia prima.

En un ejemplo de la presente invención, la concentración de haluro, en particular cloruro, de la solución de haluro que contiene plata es de 100 g/l a 300 g/l, preferiblemente de 150 g/l a 280 g/l, más preferiblemente de 200 g/l a 250 g/l. En un ejemplo adicional, de la presente invención, la concentración de bromuro de la solución de haluro que contiene plata es hasta 90 g/l, preferiblemente de 5 g/l a 80 g/l, más preferiblemente de 10 g/l a 50 g/l, lo más preferiblemente de 15 g/l a 20 g/l.

En un ejemplo de la presente invención la solución de haluro que contiene plata comprende de 0,1 mg/l a 1500 mg/l, preferiblemente de 0,5 mg/l a 220 mg/l, más preferiblemente de 30 mg/l a 100 mg/l, de plata. En un ejemplo particular de la presente invención la solución de haluro que contiene plata se obtiene por lixiviación de mena y/o concentrado que contiene plata con un licor de lixiviación acuoso ácido que comprende de 10 g/l a 110 g/l de  $\text{Cu}^{2+}$ , de 50 g/l a 300 g/l de  $\text{Cl}^-$  y de 1 g/l a 80 g/l de  $\text{Br}^-$ . La concentración de ácido de dicho licor de lixiviación es típicamente de 5 g/l a 20 g/l de HCl.

La recuperación de plata de las soluciones de haluro que contienen plata como se definió anteriormente puede llevarse a cabo por columnas de intercambio iónico que comprenden una resina de intercambio aniónico débil, preferiblemente una resina de intercambio aniónico de base débil. Las resinas de intercambio aniónico débil utilizadas en la presente invención comprenden preferiblemente grupos amino como los grupos funcionales de intercambio aniónico, es decir, como los grupos que sirven como los sitios de intercambio de aniones de la composición de resina. Se tiene que entender que la adsorción es un fenómeno físico. En este caso, la plata experimenta sorción química en la resina de intercambio iónico y, por lo tanto, se usa el término «absorbe» en esta solicitud. Esta expresión, sin embargo, no restringe el alcance de esta invención de ningún modo. El esqueleto de la resina de intercambio aniónico débil es preferiblemente una matriz macroporosa, en particular, sílice amorfa. La matriz macroporosa permite mayor carga de plata en la resina y una elución más eficaz de plata que las resinas similares con, por ejemplo, matriz tipo gel. Un ejemplo adecuado de resinas de intercambio aniónico débiles de la presente invención son materiales compuestos de poliamina, en particular, materiales compuestos de sílice y poliamina. También son adecuadas resinas de intercambio aniónico de base débil que tienen matriz acrílica macroporosa tal como Purolite A830 o Purolite A170 que pueden

obtenerse en Purolite Ltd. Una resina particularmente preferida es una resina de intercambio iónico de poliamina que tiene nombre comercial PSI WPGM que puede obtenerse en Purity Systems Inc.

5 Las resinas de intercambio aniónico débiles de la presente invención son, en particular, adecuadas para soluciones de haluro que contienen plata que tienen un pH por debajo de 3, preferiblemente de 0 a 2, más preferiblemente de 0 a 1.

10 Cuando se requiere, el método de la presente invención comprende además una etapa de (g) tratar la resina de intercambio iónico con solución ácida, preferiblemente una solución de ácido clorhídrico, para protonar la resina y obtener una resina protonada. Esto permite reutilizar la columna de intercambio iónico en una secuencia de recuperación de plata posterior en los casos en que la resina esté en un estado no protonado después de la elución de plata de la resina. El requerimiento para la protonación de la resina depende de la naturaleza del eluyente utilizado para la elución de plata de la resina. Si se utiliza una solución ácida de tiourea como eluyente, puede evitarse la etapa de regeneración. Sin embargo, si se utiliza una solución acuosa que comprenda una o más sales de tiosulfato, en particular tiosulfato sódico  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  y opcionalmente se utiliza  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  como eluyente, se requiere una etapa de protonación (f) antes de que pueda reutilizarse la columna de intercambio iónico.

15 La resina de intercambio aniónico débil absorberá también metales distintos de plata que sean solución de haluro que contenga plata presente. La afinidad por metales dependerá de la naturaleza de la resina. Por ejemplo, la afinidad de PSI WPGM aumenta en el siguiente orden:  $\text{Pb} > \text{Ag} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{Ni} > \text{Mg}$  dando como resultado que al tiempo que se absorbe la plata en la resina evidentemente también se absorbe todo el plomo y algo de cinc también. Además, como típicamente hay cobre en la solución de lixiviación, tal como la solución de haluro que contiene plata de la presente invención en alta concentración, también se absorberá una pequeña parte del cobre en la resina.

20 De acuerdo con esto, el método de la presente invención implica una secuencia de lavado que elimina al menos la mayor parte de cualquier metal que se absorba en la resina y que no se desee en la solución de plata purificada final antes de que eluya la plata de la resina. La secuencia de lavado de la presente invención comprende típicamente tres etapas.

25 Según la presente invención, se lava primero la resina cargada con una primera solución de lavado para eliminar el cinc y la mayor parte del cobre absorbidos.

30 En un ejemplo adecuado de la presente invención la primera solución de lavado es agua o una solución acuosa que comprende  $\text{NaCl}$  y/o  $\text{CaCl}_2$ . La concentración de  $\text{NaCl}$  y/o  $\text{CaCl}_2$  es típicamente de 0,01 M a 3 M. La primera solución de lavado es preferiblemente agua, ya que proporciona alta selectividad para retirar por enjuague el cinc absorbido. También puede usarse una solución acuosa que comprenda ácido clorhídrico como la primera solución de lavado, por lo cual se retira por enjuague en esta etapa la mayor parte del cobre también.

Después del primer lavado, se lava la resina de lavado con una segunda solución de lavado para eliminar el resto de cobre de la resina cargada.

35 En un ejemplo preferible de la presente invención, la segunda solución de lavado es una solución acuosa que comprende ácido clorhídrico. La concentración del ácido clorhídrico es típicamente de 0,5 M a 4,0 M, preferiblemente de 1,0 M a 2,0 M.

Opcionalmente, después del segundo lavado se lava la resina lavada con una tercera solución de lavado para eliminar el plomo de la resina cargada.

40 En un ejemplo de la presente invención, la tercera solución de lavado es una solución acuosa que comprende un ácido aminopolicarboxílico o su sal. El ácido aminopolicarboxílico es preferiblemente ácido etilendiaminotetraacético (AEDT). Se prefieren, en particular, las sales de sodio de AEDT. La concentración del ácido aminopolicarboxílico o su sal es típicamente de 0.1 M a 1,0 M, preferiblemente de 0,25 M a 0,50 M.

45 La secuencia de lavado puede comprender etapas de lavado adicionales requeridas para eliminar los metales absorbidos que no son deseados en la solución que contiene plata purificada y que se retiraría por enjuague de la resina por el eluyente utilizado para eluir la plata.

Después de que se hayan eliminado de la resina los metales absorbidos que no se deseen en la solución que contiene plata purificada por etapas de lavado secuenciales puede eluirse plata de la resina con un eluyente.

50 Según un ejemplo típico de la presente invención el eluyente es una solución ácida que comprende tiourea ( $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ ), en particular una solución de  $\text{HCl}$  1 M que comprende  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ . El eluyente comprende preferiblemente desde un 1 % a un 5 % en peso de  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ , preferiblemente desde un 1 % a un 2 % en peso de  $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$  del peso total del eluyente. Según otro ejemplo de la presente invención, el eluyente es una solución acuosa que comprende una o más sales de tiosulfato, en particular tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) y opcionalmente sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) para estabilizar la solución. En este caso, el eluyente comprende preferiblemente  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  de 1 M a 2 M.

Como se describió anteriormente la presente invención proporciona el uso de una resina de intercambio aniónico débil

para recuperar plata de una solución impregnada lixiviable que resulta del tratamiento hidrometalúrgico de menas y/o concentrados que contienen plata.

La figura 1 ilustra un ejemplo del procedimiento de recuperación de plata de la presente invención en que se recupera plata de una solución impregnada lixiviable (PLS) que comprende plata, cobre, cinc y plomo. Se introduce la PLS 1 en una columna de intercambio iónico 10, ..., 50 que comprende resina de intercambio aniónico débil, preferiblemente PSI WPGM. Se absorben plata, cobre, cinc y plomo en la resina y se obtiene un refinado 12 empobrecido en metal. Se lava después la resina de intercambio aniónico débil cargada con una primera solución 21 de lavado, preferiblemente agua o una solución acuosa que comprende NaCl y/o CaCl<sub>2</sub> como se discutió anteriormente, para retirar por enjuague el cinc y al menos parte del cobre absorbidos para obtener una solución que contenga cobre y cinc como la purga 22. Posteriormente, se lava más la resina lavada con una segunda solución 31 de lavado, preferiblemente una solución acuosa que comprenda HCl como se discutió anteriormente, para retirar por enjuague el cobre restante y obtener una solución que contenga cobre como la purga 32. Opcionalmente, después del segundo lavado se lava la resina de lavado con una tercera solución 41 de lavado, preferiblemente una solución acuosa que comprenda una sal de AEDT, como se discutió anteriormente, para eliminar el plomo de la resina cargada para obtener una solución que contenga plomo como la purga 42.

Después se eluye plata de la resina con un eluyente 51 adecuado, como se discutió anteriormente, para obtener una solución 6 que contenga plata. Si se requiere, se trata después la resina con una solución ácida para protonar la resina (no mostrado). Después puede reutilizarse la columna 11 de intercambio iónico protonada en la secuencia de recuperación de plata siguiente.

El procedimiento de intercambio iónico normalmente se realiza de manera continua en columnas donde las resinas son estacionarias y se hacen pasar por las columnas las diferentes soluciones.

### Ejemplos

#### Ejemplo 1

Se ensayó en cuatro columnas de intercambio aniónico de base débil, mostrado en la tabla 1, la recuperación de plata de soluciones de haluro que contenían plata.

Tabla 1

Columna	Matriz	Esqueleto	Funcionalidad
PSI WPGM	macroporosa	sílice	poliamina
Purolite A830	macroporosa	poliacrílico	complejo de amina
Purolite A170	macroporosa	poliestireno	complejo de amina
Purolite A172	gel	poliestireno	complejo de amina

Cada experimento se llevó a cabo a temperatura ambiente usando la misma secuencia de elución y las mismas soluciones de elución. El volumen de lecho de la columna fue (VL) 20 ml y el caudal 2 ml/min, es decir, 6 VL/h. Cada columna se trató previamente por elución con NaOH 1 M (0,2 M para la PSI WPGM), HCl 1 M y agua. La composición de la solución de haluro que contenía plata fue la siguiente: 23 mh/l de Ag, 55 g/l de Ca, 17 g/l de Cu(II), 150 mg/l de Fe(III), 1000 mg/l de Mg, 25 mg/l de Ni, 470 mg/l de Pb, 440 ml/l de Zn, 20 g/l de Br, 10 g/l de HCl y 220 g/l de Cl<sup>-</sup> (añadido como NaCl).

Se cargó la solución de haluro que contenía plata en la columna de intercambio iónico, que después se lavó una vez con agua, dos veces con una solución de HCl, después se eluyó con una solución de HCl 1 M que contenía un 2 % para eliminar la plata y finalmente se lavó con agua. Se determinó la composición del eluido después de cada fase. Los resultados se muestran en las tablas 2 a 5. Las figuras 2 a 5 muestran las composiciones del eluido en la fase de eliminación de la plata y, así, la selectividad de las respectivas columnas.

## ES 2 693 344 T3

Tabla 2: PSI WPGM

Fase	VL	Composición del eluido, mg							
		Ag	Ca	Cu	Fe	Mg	Ni	Pb	Zn
Carga	9,5	3,9	232,3	402,0	1,1	4,9	0,0	88,7	37,0
Agua 1	1	0,0	270,1	335,0	1,5	3,7	0,1	0,4	39,6
F1 HCl 1 M	2	0,0	1,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,5	1,8
F2 HCl 1 M	2	0,0	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
HCl 1 M + TU al 2 %	5	3,6	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	2,3	0,1
Agua 2	2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0
En el analito	9,5	4,5	10716,9	3292,3	27,4	184,8	4,9	91,9	83,6
% recuperación	9,5	87,7	2,2	12,2	4,1	2,7	0,1	96,5	44,2

Tabla 3 Purolite A830

Fase	VL	Composición del eluido, mg							
		Ag	Ca	Cu	Fe	Mg	Ni	Pb	Zn
Carga	9,5	2,9	360,0	520,4	5,4	4,1	0,1	53,8	52,5
Agua 1	1	0,0	346,4	300,4	2,9	5,2	0,1	1,2	7,1
F1 HCl 1 M	2	0,0	123,3	167,5	1,7	1,7	0,1	1,0	6,3
F2 HCl 1 M	2	0,0	19,2	63,6	0,5	0,2	0,0	1,0	7,8
HCl 1 M + TU al 2 %	5	2,6	0,6	6,7	0,0	0,0	0,0	5,8	14,9
Agua 2	2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	14,1	11,7
En el analito	9,5	4,5	8992,5	3190,2	29,5	174,6	5,1	91,2	87,0
% recuperación	9,5	65,1	4,0	16,3	18,4	2,4	2,9	59,0	60,3

Tabla 4: Purolite A170

Fase	VL	Composición del eluido, mg							
		Ag	Ca	Cu	Fe	Mg	Ni	Pb	Zn
Carga	9,5	2,5	418,2	261,2	23,1	6,5	0,0	6,4	55,2
Agua 1	1	0,0	265,3	192,7	6,6	4,4	0,1	0,9	1,7
F1 HCl 1 M	2	0,0	120,7	129,5	7,2	2,0	0,1	1,0	1,8
F2 HCl 1 M	2	0,0	17,4	30,2	5,5	0,3	0,0	0,9	1,9
HCl 1 M + TU al 2 %	5	0,8	0,6	0,8	2,7	0,0	0,0	2,7	1,9
Agua 2	2	0,4	0,1	0,5	1,0	0,0	0,0	3,1	38,9
En el analito	9,5	4,3	10261,2	3079,6	28,6	183,1	4,8	87,9	85,3
% recuperación	9,5	59,7	4,1	8,5	80,9	3,6	0,0	7,3	64,8

## ES 2 693 344 T3

Tabla 5: Purolite A172

Fase	Composición del eluido, mg								
	VL	Ag	Ca	Cu	Fe	Mg	Ni	Pb	Zn
Carga	9,5	0,8	1703,6	67,6	3,0	32,0	-0,1	0,1	10,7
Agua 1	1	0,0	145,1	68,0	1,0	2,3	0,1	0,8	2,3
F1 HCl 1 M	2	0,0	21,9	36,1	0,5	0,3	0,1	0,4	0,9
F2 HCl 1 M	2	0,0	0,2	7,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5
HCl 1 M + TU al 2 %	5	0,0	0,3	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
Agua 2	2	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
En el analito	9,5	4,1	10644,0	3025,8	29,1	207,8	4,8	87,1	85,0
% recuperación	9,5	20,0	16,0	2,2	10,2	15,4	0,0	0,2	12,6

Será evidente para un experto en la materia que, como la tecnología avanza, el concepto inventivo puede implementarse de varias maneras. La invención y sus realizaciones no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente, pero pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para recuperar plata de soluciones de haluro que contienen plata, que comprende las etapas de:
  - (a) proporcionar una columna de intercambio iónico que comprende una resina de intercambio aniónico débil;
  - (b) introducir la solución de haluro que contiene plata en la columna de intercambio iónico para absorber plata en la resina de intercambio aniónico débil;
  - (c) lavar la resina de intercambio iónico cargada con una primera solución de lavado para retirar por enjuague el cinc absorbido y opcionalmente al menos parte del cobre;
  - (d) lavar la resina de intercambio iónico cargada con una segunda solución de lavado para retirar por enjuague el cobre restante y
  - (e) opcionalmente lavar la resina de intercambio iónico cargada con una tercera solución de lavado para retirar por enjuague el plomo absorbido y
  - (f) eluir la resina de intercambio iónico cargada con un eluyente para eliminar plata de la resina y obtener una solución que contenga plata.
2. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
  - (g) tratar la resina de intercambio iónico con una solución ácida para protonar la resina y obtener una resina protonada.
3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde la solución de haluro que contiene plata comprende de 0,1 mg/l a 1500 mg/l de plata, preferiblemente de 0,5 mg/l a 220 mg/l, más preferiblemente de 30 mg/l a 100 mg/l.
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la solución de haluro que contiene plata comprende de 100 g/l a 300 g/l, preferiblemente de 150 g/l a 280 g/l, más preferiblemente de 200 g/l a 250 g/l de haluros.
5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el haluro es cloruro.
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la solución de haluro que contiene plata comprende además de 0 g/l a 80 g/l de bromuros.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la solución de haluro que contiene plata se obtiene por lixiviación de mena y/o concentrado que contiene plata con un licor de lixiviación acuoso, ácido, que comprende de 10 g/l a 110 g/l de  $\text{Cu}^{2+}$ , de 50 g/l a 300 g/l de  $\text{Cl}^-$ , de 1 g/l a 80 g/l de  $\text{Br}^-$ .
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el pH de la solución de haluro que contiene plata está por debajo de 3, preferiblemente de 0 a 2, más preferiblemente de 0 a 1.
9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el esqueleto de la resina de intercambio aniónico débil es una matriz macroporosa.
10. El método según la reivindicación 9, en donde el esqueleto de la resina de intercambio aniónico débil es sílice amorfa.
11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la resina de intercambio aniónico débil comprende grupos amino como los grupos funcionales de intercambio aniónico.
12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la primera solución de lavado es agua o una solución acuosa que comprende  $\text{NaCl}$  y/o  $\text{CaCl}_2$ , preferiblemente agua.
13. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la segunda solución de lavado es una solución acuosa que comprende un ácido clorhídrico.
14. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde la tercera solución de lavado es una solución acuosa que comprende un ácido aminopolicarboxílico o su sal.
15. El método según la reivindicación 14, en donde el ácido aminopolicarboxílico es ácido etilendiaminotetraacético (AEDT).
16. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde el eluyente es una solución ácida que comprende tiourea ( $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ ).

17. El método según la reivindicación 16, en donde la concentración de tiourea es desde un 1 % a un 5 % en peso, preferiblemente desde un 1 % a un 2 % en peso.

18. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 17, en donde la solución ácida en la etapa (g) es una solución de ácido clorhídrico.

5 19. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en donde el eluyente es una solución acuosa que contiene una sal o más de tiosulfato, en particular, tiosulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  y opcionalmente  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

20. Uso de una resina de intercambio aniónico débil para recuperar plata de una solución impregnada lixiviable que resulta del tratamiento hidrometalúrgico de menas y/o concentrados que contienen plata, solución impregnada lixiviable que es una solución de haluro que contiene plata que tiene un pH por debajo de 3.

10 21. Uso de una resina de intercambio aniónico débil según la reivindicación 20, para recuperar plata de una solución impregnada lixiviable que resulta de la lixiviación a base de cloruro de menas y/o concentrados de cobre y oro.

22. Uso de una resina de intercambio aniónico débil para recuperar plata de una solución impregnada lixiviable que resulta del tratamiento hidrometalúrgico de menas y/o concentrados que contienen plata, tratamiento hidrometalúrgico que es una lixiviación a base de cloruro de menas y/o concentrados de cobre y oro.

15

Figura 1

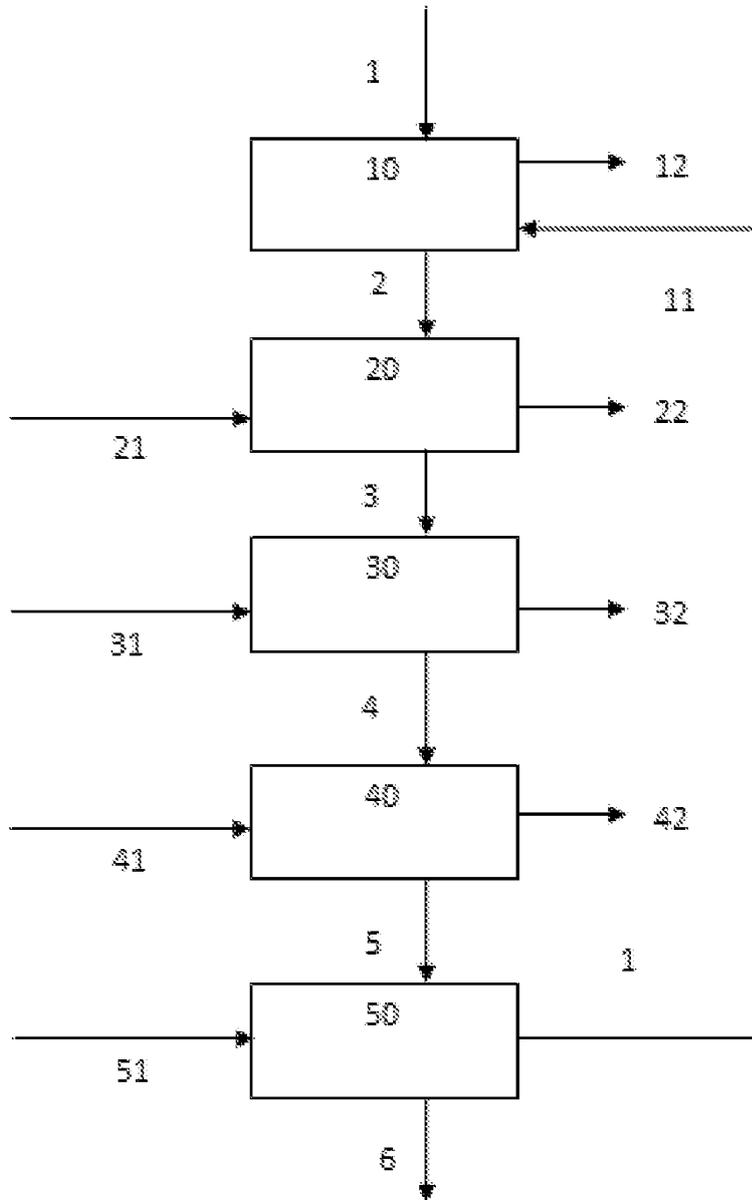


Figura 2

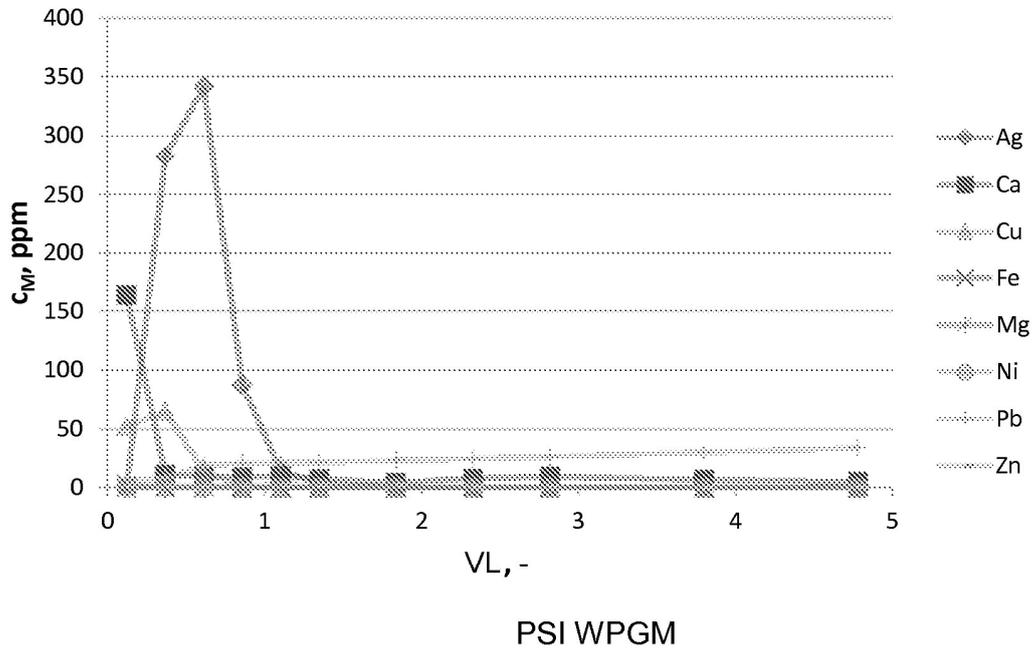


Figura 3

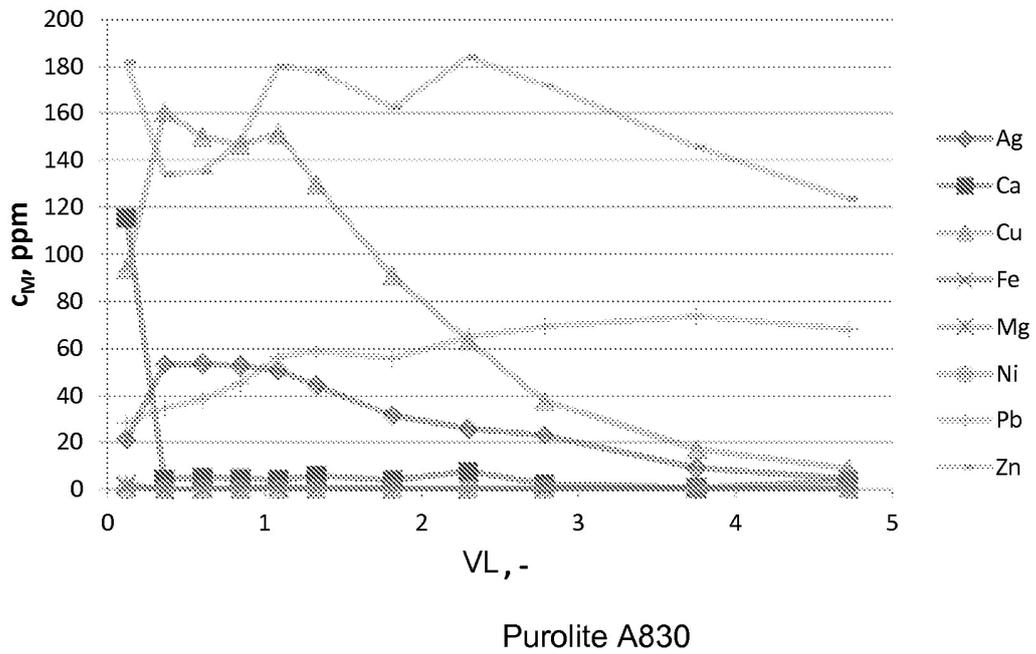


Figura 4

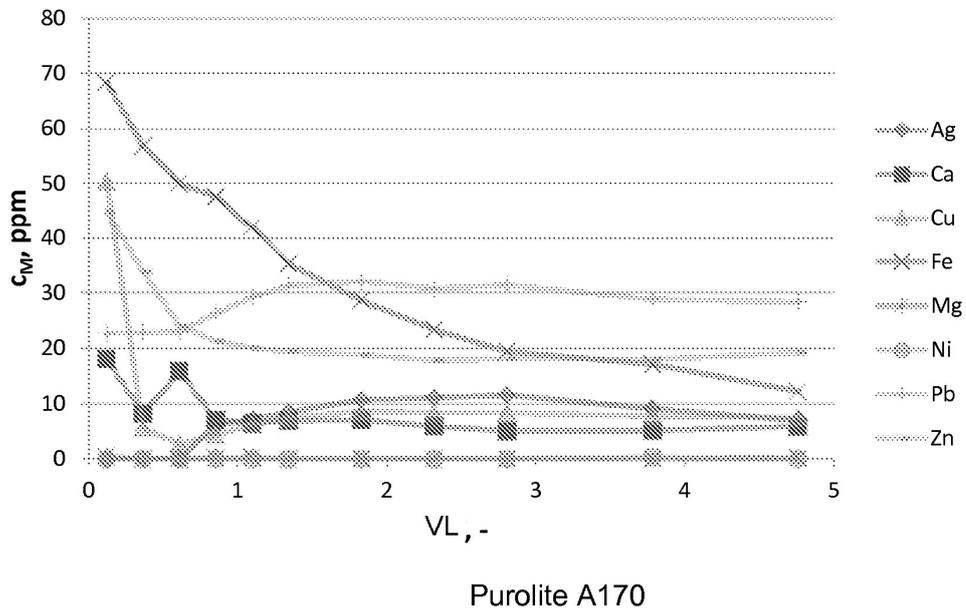


Figura 5

