

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 850 848**

51 Int. Cl.:

C25C 1/12 (2006.01)

B01J 45/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2018** **E 18196117 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2021** **EP 3502319**

54 Título: **Regeneración catalítica de resina para eliminación de antimonio**

30 Prioridad:

19.12.2017 US 201762607678 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
01.09.2021

73 Titular/es:

**ECO-TEC LTD. (100.0%)
1145 Squires Beach Road
Pickering, Ontario L1W 3T9, CA**

72 Inventor/es:

SHEEDY, MICHAEL, A.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 850 848 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

Regeneración catalítica de resina para eliminación de antimonio

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a un proceso para desorber o eluir una impureza adsorbida a una resina de intercambio iónico, donde la impureza está adsorbida a la resina por haber estado previamente en contacto la resina con un electrolito metálico usado para refinado electrolítico o extracción electrolítica de metales, o cualquier otro fluido que contenga la impureza. En particular, en una realización preferida, esta invención se refiere a un proceso para eluir antimonio(V) a partir de una resina de ácido aminofosfónico, y que incluye poner en contacto la resina con un eluyente o disolución de elución que comprende ácido clorhídrico, un agente reductor que tiene un compuesto sulfito y un catalizador que tiene un compuesto de yodo, habiéndose adsorbido dicho antimonio(V) previamente a la resina aminofosfónica al haber puesto en contacto la resina con un electrolito de cobre usado en un proceso industrial de refinado electrolítico o extracción electrolítica de cobre.

Antecedentes de la invención

- 15 El refinado electrolítico, tal como un proceso industrial de refinado electrolítico de cobre, se utiliza para producir un producto metálico de un nivel de pureza elevado que se puede vender a un fabricante que utiliza el metal de alta pureza. Por ejemplo, el proceso de refinado electrolítico de cobre puede implicar la aplicación de una corriente eléctrica a una celda electrolítica que contiene un electrolito, y un ánodo de cobre sin refinar y una hoja de inicio de cátodo de metal puro sumergida en el electrolito, por lo que el cobre del ánodo se disuelve en el electrolito y se deposita sobre la hoja del cátodo. Con el tiempo, el electrolito se contamina con impurezas, como antimonio, arsénico, hierro, níquel, estaño, cobalto, zinc, plata, oro y bismuto, contenidas en el ánodo sin refinar que también se disuelve en el electrolito y afecta negativamente al refinado electrolítico depositándose también en la hoja del cátodo o estando presente en el electrolito como limo. Por tanto, es necesario reducir o eliminar las impurezas del electrolito de vez en cuando.

- 25 El antimonio existente tanto como antimonio(III) como antimonio(V) (o Sb(III) y Sb(V)) se puede eliminar poniendo en contacto el electrolito con una resina de intercambio catiónico que tenga un grupo aminofosfónico o $\text{-NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber Sb(III) y Sb(V). Una vez que la resina se carga con Sb(III)/Sb(V) y se lava, y el electrolito purificado se separa de la resina, la resina cargada se eluye poniendo en contacto la resina con una disolución concentrada de ácido clorhídrico como disolución de elución y el ácido clorhídrico se recupera posteriormente del efluente por evaporación.

- 30 Se ha reconocido que envenenar la resina aminofosfónica puede ocurrir con el tiempo con la adsorción y desorción repetidas, siendo el Sb(V) más difícil y más lento que el Sb(III) se desorber de la resina con ácido clorhídrico, y así acumularse gradualmente en la resina y reducir la capacidad de carga de la resina. Se ha apreciado que los intentos de desorber Sb(V) aumentando el tiempo de elución o la cantidad de disolución de ácido clorhídrico concentrado usada, no son prácticos y requieren mayores costes asociados con el uso de un evaporador de ácido costoso para la recuperación de ácido clorhídrico.

- 35 Riveros et al., Canadian Metallurgical Quarterly, 47:3, 307-316 publicó un estudio sobre la solubilidad y el comportamiento de intercambio iónico del Sb(III) y Sb(V) en un electrolito de cobre sintético y señaló que solo el Sb(III) se eluía fácilmente por HCl o agentes complejantes mientras que la elución del Sb(V) fue extremadamente lento con HCl e ineficaz con agentes complejantes sin sugerir ninguna medida para evitar la acumulación de Sb(V) en la resina.

- 40 Hou et al., Analytical Sciences, Volumen 14 Asunto 6 Páginas 1161-1164, publicó un estudio sobre la determinación diferencial de antimonio(III) y antimonio(V) mediante espectrometría atómica de plasma acoplado inductivamente con generación de hidruro, revelando que el antimonio(V) puede reducirse con soluciones altamente ácidas que contienen yoduro de potasio.

Sumario de la invención

- 45 Un posible objeto no limitante de la presente invención es proporcionar un proceso para la regeneración catalítica de Sb(V) a partir de una resina de intercambio iónico utilizada para eliminar antimonio de fluidos que contienen antimonio en forma de Sb(V), y que supere las deficiencias en el estado de la técnica.

Otro posible objeto no limitante de la presente invención es proporcionar un proceso para eluir Sb(V) de una resina aminofosfónica, y que pueda reducir una cantidad de una disolución de elución de ácido clorhídrico requerida para eluir Sb(III) y Sb(V), mientras se elimina o reduce sustancialmente la formación de sólidos.

- 50 Otro posible objeto no limitante de la presente invención es proporcionar un proceso para eluir Sb(V) de una resina aminofosfónica, y que pueda operar para reducir la degradación de la capacidad de carga de la resina y la eficacia de purificación, permitiendo que se produzcan al mismo tiempo una reducción de Sb(V) suficientemente rápida y una posterior elución de Sb(III) dentro del lecho de resina o la fase estacionaria.

- En un aspecto simplificado, la presente invención proporciona un proceso para eluir un catión metálico o metaloide de una resina de intercambio catiónico cargada con el catión, pudiendo dicho catión tener al menos un primer y segundo estados de oxidación, y siendo el segundo estado de oxidación mayor que el primer estado de oxidación, donde dicho proceso comprende poner en contacto la resina con una disolución de elución que tiene un compuesto iónico o ácido eluyente, un agente reductor y un catalizador, donde dicho catalizador se selecciona para catalizar la reducción del catión por el agente reductor del segundo estado de oxidación al primer estado de oxidación, donde el compuesto iónico o ácido eluyente se selecciona para desorber el catión de la resina, y donde el catión comprende arsénico, hierro, bismuto o antimonio.
- En otro aspecto, la presente invención proporciona una disolución de elución para desorber un catión metálico o metaloide de una resina de intercambio catiónico cargada con el catión, pudiendo dicho catión tener al menos un primer y segundo estados de oxidación, y siendo el segundo estado de oxidación mayor que el primer estado de oxidación, donde dicha disolución de elución comprende un compuesto iónico o ácido eluyente, un agente reductor y un catalizador, donde dicho catalizador puede funcionar catalizando la reducción del catión por el agente reductor desde el segundo estado de oxidación al primer estado de oxidación, y donde el compuesto iónico o ácido eluyente puede funcionar desorbiendo el catión de la resina.
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona un proceso para la regeneración catalítica de una resina cargada con Sb(V), y que incluye poner en contacto la resina con una disolución de elución provista de un regenerante ácido, un agente reductor de sulfito y un catalizador de yodo, por lo que el catalizador de yodo funciona para catalizar la reducción de Sb(V) cargado o adsorbido sobre una fase estacionaria o lecho de resina de la resina para formar Sb(III) y el regenerante ácido funciona para desorber Sb(III) de la resina.
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona un proceso para eluir Sb(V) de una resina de intercambio catiónico cargada con dicho Sb(V), comprendiendo dicho proceso poner en contacto la resina con una disolución de elución que comprende un compuesto ácido, un agente reductor y un catalizador, en el que dicho catalizador funciona para catalizar una reducción de Sb(V) por el agente reductor para obtener Sb(III), y donde el compuesto ácido funciona para desorber Sb(III) de la resina.
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona una disolución de elución para desorber Sb(V) de una resina de intercambio catiónico cargada con dicho Sb(V), donde dicha disolución de elución comprende un compuesto ácido, un agente reductor y un catalizador, donde dicho catalizador funciona para catalizar una reducción de Sb(V) por el agente reductor para obtener Sb(III), y donde el compuesto ácido funciona para desorber Sb(III) de la resina.
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona un proceso para eluir Sb(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo el proceso poner en contacto la resina con un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho Sb(V) para formar Sb(III).
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona una mezcla de elución para desorber Sb(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo dicha mezcla de elución un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho Sb(V) para formar Sb(III).
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona un proceso para eliminar antimonio de un electrolito, comprendiendo dicho proceso: poner en contacto el electrolito con una resina de intercambio catiónico seleccionada para adsorber al menos antimonio, y eliminar el electrolito de la resina; y poner en contacto la resina con una disolución de elución que comprende un compuesto de azufre, un compuesto de yodo y un compuesto ácido, donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, el compuesto de yodo comprende uno o más de yoduro de sodio y yoduro de potasio, y el compuesto ácido comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico, y donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción catalizada de antimonio(V) para formar antimonio(III), y el compuesto ácido se selecciona para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina.
- En otro aspecto más, la presente invención proporciona un proceso para eliminar antimonio de un electrolito, comprendiendo dicho proceso: poner en contacto el electrolito con una resina de intercambio catiónico seleccionada para adsorber al menos antimonio; poner en contacto la resina con un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de antimonio(V) para formar antimonio(III); y poner en contacto la resina con un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina.
- Debe apreciarse que el electrolito no se limita a un electrolito de cobre o un electrolito para refinado electrolítico o extracción electrolítica de cobre, y el proceso y la mezcla o disolución de elución de la presente invención pueden funcionar para eliminar un catión metálico o metaloide o antimonio como contaminante, o impurezas de otros electrolitos, tales como los de extracción electrolítica o refinado electrolítico de otros metales, incluidos, pero sin limitarse

a ellos, níquel, plomo, zinc, plata, oro, aluminio, cromo o manganeso. En una realización, el electrolito de cobre comprende una disolución acuosa que comprende uno o más de sulfato de cobre y ácido sulfúrico. Además, la concentración del catión o antimonio contaminante que se puede adsorber y desorber de la resina no está limitada específicamente, y puede estar entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 1 g/l o preferiblemente entre aproximadamente 50 y aproximadamente 500 mg/l, incluidos tanto Sb(III) como Sb(V). En una realización, el catión contaminante comprende uno o más de antimonio, bismuto, hierro, estaño, níquel, plomo, manganeso, platino, oro, plata, cobalto, zinc y arsénico, preferiblemente antimonio.

En una realización, la resina de intercambio catiónico comprende una fase estacionaria que tiene un grupo funcional aminofosfonato o cualquier otro grupo funcional o ligando que funciona para adsorber o quelar el catión metálico/metaloide o antimonio. En una realización, la resina comprende una resina aminofosfónica que preferiblemente tiene el grupo funcional ácido aminometilfosfónico $\text{-NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber Sb(V) y opcionalmente Sb(III). En una realización, la fase estacionaria comprende además una porción de soporte hidrófila acoplada al grupo funcional, comprendiendo la porción de soporte poliestireno, gel de sílice, titania, alúmina o zirconia. En una realización, la resina de intercambio catiónico es una resina disponible comercialmente, que incluye pero no se limita a UR-3300, UR-3300S, MX-2 (Miyoshi Oil Y Fat Company), Dowex 50W-X8, Lewatit TP 260 o Duolite C-467.

En una realización, el proceso comprende además poner en contacto la resina con un compuesto iónico o ácido seleccionado para desorber al menos dicho Sb(III) de la resina, comprendiendo el compuesto iónico o ácido uno o más de cloruro de sodio, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico, preferiblemente uno o más de ácido clorhídrico, ácido nítrico y ácido sulfúrico, o más preferiblemente ácido clorhídrico. En una realización, la mezcla o disolución de elución comprende además un ácido mineral fuerte, preferiblemente uno o más de ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido perclórico y ácido yodhídrico, más preferiblemente uno o más de ácido clorhídrico, ácido nítrico y ácido sulfúrico, o lo más preferiblemente ácido clorhídrico, con una concentración entre aproximadamente 1 N y aproximadamente 50 N, preferiblemente entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N, más preferiblemente entre aproximadamente 5 N y aproximadamente 8 N o lo más preferiblemente aproximadamente 6 N. En una realización, la mezcla o disolución de elución comprende ácido clorhídrico con una concentración entre aproximadamente 1 N y aproximadamente 50 N, preferiblemente entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N, más preferiblemente entre aproximadamente 5 N y aproximadamente 8 N o lo más preferiblemente aproximadamente 6 N.

En una realización, el compuesto ácido se proporciona en forma de una disolución o disolución acuosa que contiene el compuesto ácido. En una realización, la disolución de elución es el compuesto ácido en forma de la disolución o disolución acuosa que comprende el compuesto de azufre y el compuesto de yodo. En una realización, la disolución de elución es una disolución acuosa de ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 mol/l y aproximadamente 10 mol/l o entre aproximadamente 5 mol/l y aproximadamente 8 mol/l.

En una realización, dicho contacto con la resina comprende poner en contacto la resina con una mezcla de elución que comprende el compuesto de yodo, el compuesto de azufre y el compuesto ácido. Se ha apreciado que la invención puede permitir en una realización, poner en contacto la resina con los compuestos de yodo y azufre para efectuar la reducción de Sb(V) a Sb(III), y luego poner en contacto la resina con el compuesto ácido para eluir o desorber Sb(III), o en una realización alternativa, poner en contacto la resina con los compuestos de yodo, azufre y ácido en la mezcla o disolución de elución para efectuar simultáneamente la reducción de Sb(V) a Sb(III) y desorber Sb(III).

En una realización, la mezcla o disolución de elución tiene una temperatura entre aproximadamente 4 °C y aproximadamente 180 °C, preferiblemente entre aproximadamente 15 °C y aproximadamente 120 °C, más preferiblemente entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 95 °C o lo más preferiblemente entre aproximadamente 65 °C y aproximadamente 90 °C cuando entra en contacto con la resina. Debe apreciarse que un pH de la disolución de elución no está particularmente limitado y se puede determinar basándose, por ejemplo, en la cantidad o concentración del compuesto iónico o ácido.

En una realización, la mezcla o disolución de elución comprende además uno o más de un tampón, un agente quelante o complejante, cloruro de sodio e hidróxido de sodio. En una realización, el tampón comprende uno o más de ácido acético, ácido cítrico, HEPES, ácido láctico, tricina, MES, MOPS, fosfato, PIPES y TES. En una realización, el agente quelante o complejante comprende ácido tartárico o ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). En una realización, la disolución de elución comprende además hidróxido de sodio a una concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 150 g/l, preferiblemente entre aproximadamente 50 g/l y aproximadamente 100 g/l, o más preferiblemente aproximadamente 80 g/l con respecto a un volumen total de la mezcla o disolución de elución.

En una realización, dicho contacto de la resina con la mezcla o disolución de elución comprende comunicar la mezcla o disolución de elución a través de la resina a un caudal entre aproximadamente 0,001 ml/g de resina/minuto y aproximadamente 10 ml/g de resina/minuto, preferiblemente entre aproximadamente 0,001 ml/g de resina/minuto y aproximadamente 5 ml/g de resina/minuto, o más preferiblemente entre aproximadamente 0,01 ml/g de resina/minuto y aproximadamente 1 ml/g de resina/minuto. En una realización, dicho contacto de la resina con la mezcla o disolución de elución comprende comunicar un volumen de la mezcla o disolución de elución a través de la resina, estando dicho volumen entre aproximadamente 5 ml/g de resina y aproximadamente 150 ml/g de resina, preferiblemente entre

aproximadamente 10 ml/g de resina y aproximadamente 100 ml/g de resina, o más preferiblemente entre aproximadamente 15 ml/g de resina y aproximadamente 50 ml/g de resina. Debe apreciarse que el volumen de la mezcla o disolución de elución puede ser mucho mayor, si se realiza una elución de antimonio o catión metálico/metaloide contaminante más completa. En una realización, la resina de intercambio catiónico comprende un lecho de resina con una caída de presión a través del lecho de resina entre aproximadamente 0,068 atm (1 psi) y aproximadamente 6,80 atm (100 psi), preferiblemente entre aproximadamente 0,136 atm (2 psi) y aproximadamente 5,44 atm (80 psi) o más preferiblemente entre aproximadamente 0,34 atm (5 psi) y aproximadamente 3,40 atm (50 psi).

En una realización, el agente reductor comprende un compuesto de azufre o un compuesto que tiene un anión sulfito, bisulfito, metabisulfito o ditionito y un catión. En una realización, el compuesto es una sal de sulfito, bisulfito, metabisulfito o ditionito de un catión metálico, siendo el catión metálico preferiblemente un metal alcalino o alcalinotérreo, tal como bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio o potasio, o más preferiblemente sodio o potasio. En una realización, el compuesto de azufre comprende además un catión de metal alcalino o alcalinotérreo, tal como bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio o potasio, o preferiblemente sodio o potasio. En una realización, el compuesto de azufre se selecciona para efectuar la reducción de dicho Sb(V) para formar dicho Sb(III), y el compuesto de yodo se selecciona para catalizar dicha reducción.

En una realización, el agente reductor o el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, preferiblemente sulfito de sodio o bisulfito de sodio, o más preferiblemente sulfito de sodio. En una realización, el agente reductor o la mezcla de elución comprende además un agente reductor metálico que comprende preferiblemente uno o más de litio, sodio, magnesio, aluminio, cromo y hierro. En una realización, el agente reductor o la mezcla o disolución de elución comprende además uno o más de entre monóxido de carbono, ácido oxálico, ácido fórmico, tiourea, ácido fosforoso y un compuesto de hipofosfito, o preferiblemente hipofosfito de sodio. Debe apreciarse que el agente reductor o la mezcla o disolución de elución puede incluir alternativamente o adicionalmente otros compuestos o agentes reductores eficaces para reducir el Sb(V) o el metal contaminante o catión metaloide.

Debe apreciarse que una concentración o una cantidad del agente reductor o compuesto de azufre variará dependiendo de una serie de factores, que incluyen, pero sin limitarse a ellos, una cantidad de Sb(V) adsorbido en la resina de intercambio catiónico, la resina de intercambio catiónica utilizada, un caudal y temperatura de la mezcla o disolución de elución y una cantidad de otras impurezas adsorbidas en la resina. En una realización, la mezcla o disolución de elución comprende el agente reductor o el compuesto de azufre a una concentración entre aproximadamente 0,01 g/l y aproximadamente 500 g/l, preferiblemente entre aproximadamente 0,1 g/l y 300 g/l, más preferiblemente entre aproximadamente 0,5 g/l y aproximadamente 200 g/l o lo más preferiblemente entre aproximadamente 1,0 g/l y aproximadamente 120 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla o disolución de elución. En una realización, el agente reductor o el compuesto de azufre comprende sulfito de sodio a una concentración entre aproximadamente 1 g/l y aproximadamente 120 g/l, preferiblemente entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o más preferiblemente entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 30 o 35 g/l con respecto a un volumen total de la disolución de mezcla de elución.

En una realización, el catalizador o el compuesto de yodo se selecciona para catalizar la reducción de dicho Sb(V) para formar dicho Sb(III). En una realización, el catalizador comprende un compuesto de yodo que comprende uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio. En una realización, la mezcla o disolución de elución comprende entre aproximadamente 1 mg/l y aproximadamente 1000 mg/l, preferiblemente entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 800 mg/l o más preferiblemente entre aproximadamente 30 g/ml y aproximadamente 600 mg/l del agente reductor o del compuesto de yodo, con respecto a un volumen total de la mezcla o disolución de elución. En una realización, el catalizador o el compuesto de yodo comprende entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 200 mg/l, preferiblemente entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l o más preferiblemente entre aproximadamente 50 g/ml y aproximadamente 80 mg/l de yoduro de sodio, y/o entre aproximadamente 30 g/ml y aproximadamente 500 mg/l, preferiblemente entre aproximadamente 75 g/ml y aproximadamente 250 mg/l o más preferiblemente entre aproximadamente 100 g/ml y aproximadamente 150 mg/l de yoduro de potasio, con respecto al volumen total de la mezcla o disolución de elución.

En una realización, ventajosamente el agente reductor o el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el catalizador o el compuesto de yodo es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio, y preferiblemente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico. En una realización, la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre aproximadamente 75 mg/l y aproximadamente 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N o entre aproximadamente 5 N y 8 N, con respecto al volumen total de la disolución de elución.

Debe apreciarse que dicho contacto de la resina con la mezcla o disolución de elución no está particularmente limitado, y la mezcla o disolución de elución puede incluir, por ejemplo, una sola mezcla o disolución o una pluralidad de mezclas o disoluciones que comprenden cada una o más del compuesto iónico o ácido, el agente reductor o compuesto de

azufre y el catalizador o compuesto de yodo. En una realización alternativa, las concentraciones del compuesto iónico o ácido, el agente reductor o compuesto de azufre y el catalizador o compuesto de yodo se pueden variar con el tiempo, ya que la disolución de elución se prepara continuamente y se comunica a la resina.

5 A modo de ejemplos no limitantes, si la resina de intercambio catiónico se ha envenenado con una cantidad significativa de Sb(V) adsorbido, la mezcla o disolución de elución puede incluir una primera y una segunda mezcla o disolución de elución, comprendiendo la primera mezcla o disolución de elución el agente reductor o compuesto de azufre y el catalizador o compuesto de yodo, y la segunda mezcla o disolución de elución el compuesto iónico o ácido, y opcionalmente el agente reductor o compuesto de azufre y el catalizador o compuesto de yodo. En la realización, la primera mezcla o disolución de elución se puede retener en la resina de intercambio catiónico durante un período de tiempo para permitir la reducción de Sb(V) a Sb(III), y la primera mezcla o disolución de elución se lava a continuación con la segunda de mezcla o disolución de elución. Alternativamente, la composición de la mezcla o disolución de elución puede variar con el tiempo, aumentando la concentración del compuesto iónico o ácido con el tiempo y disminuyendo las del agente reductor o compuesto de azufre y el catalizador o compuesto de yodo con el tiempo. En una realización, dicha puesta en contacto de la resina con la mezcla o disolución de elución comprende una elución lineal o en gradiente o una elución isocrática en etapas con respecto al compuesto iónico o ácido. En una realización, dicho contacto de la resina con la mezcla o disolución de elución comprende hacer circular la mezcla o disolución de elución a través de la resina durante un período de tiempo predeterminado y eliminar la mezcla o disolución de elución de la resina. Debe apreciarse que la etapa de circulación se puede repetir con más mezclas o disoluciones de elución, según sea necesario para desorber más Sb(V).

20 En una realización, la disolución de elución se prepara obteniendo una disolución acuosa del compuesto iónico o ácido y añadiendo a la disolución acuosa el agente reductor o compuesto de azufre y el catalizador o compuesto de yodo, preferiblemente en forma líquida.

25 Debe apreciarse que el proceso o la mezcla o disolución de elución se puede utilizar en cada ciclo de regeneración de la resina, o después de algún intervalo de deformación o con una frecuencia predeterminada, según sea necesario para restaurar la capacidad de la resina perdida debido al envenenamiento por Sb(V).

30 En una realización, el proceso comprende además eliminar o lavar el electrolito de la resina antes de que dicha resina entre en contacto con el compuesto de yodo y el compuesto de azufre, y el compuesto ácido comprende uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico ácido, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico. Preferiblemente, el electrolito se elimina de la resina por lavado con agua o ácido sulfúrico.

En el aspecto (1), se proporciona un proceso para eluir antimonio(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo el proceso poner en contacto la resina con un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar antimonio(III).

35 En el aspecto (2), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), que comprende además poner en contacto la resina con un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina, comprendiendo el compuesto ácido uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico.

40 En el aspecto (3), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde dicho contacto comprende poner en contacto la resina con una mezcla de elución que comprende el compuesto de yodo, el compuesto de azufre y el compuesto de ácido, y donde el compuesto de azufre se selecciona para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar dicho antimonio(III), y el compuesto de yodo se selecciona para catalizar dicha reducción.

45 En el aspecto (4), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre comprende además un catión metálico alcalino o alcalinotérreo seleccionado del grupo que consiste en bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio y potasio, y la mezcla de elución comprende el compuesto de azufre en una concentración entre aproximadamente 1,0 g/l y aproximadamente 120 g/l, entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla de elución.

50 En el aspecto (5), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio o sulfito de sodio.

55 En el aspecto (6), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de yodo comprende uno o ambos de yoduro de sodio. y yoduro de potasio.

- En el aspecto (7), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la resina comprende una fase estacionaria que tiene un grupo funcional aminofosfonato. o un grupo funcional ácido aminometilfosfónico de fórmula $\text{NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber dicho antimonio(V) y opcionalmente dicho antimonio(III), y la resina es para purificar un electrolito de refino electrolítico o extracción electrolítica de cobre, comprendiendo el electrolito una o más impurezas seleccionadas del grupo que consiste en antimonio, bismuto, hierro, estaño, níquel, plomo, manganeso, platino, oro, plata, cobalto, zinc y arsénico, donde opcionalmente el electrolito tiene una concentración entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 1 g/l o entre aproximadamente 50 mg/l y aproximadamente 500 mg/l de dicho antimonio.
- En el aspecto (8), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yoduro es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.
- En el aspecto (9), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre aproximadamente 75 mg/l y aproximadamente 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N o entre aproximadamente 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde una temperatura de la disolución de elución está entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 95 °C o entre aproximadamente 65 °C y aproximadamente 90 °C cuando se pone en contacto con la resina.
- En el aspecto (10), se proporciona una mezcla de elución para desorber antimonio(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo dicha mezcla de elución un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar antimonio(III).
- En el aspecto (11), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), que comprende además un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina, comprendiendo el compuesto ácido uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico.
- En el aspecto (12), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde el compuesto de azufre se selecciona para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar dicho antimonio(III), y el compuesto de yodo se selecciona para catalizar dicha reducción.
- En el aspecto (13), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde el compuesto de azufre comprende además un catión de metal alcalino o alcalinotérreo seleccionado del grupo que consiste en bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio y potasio, y la mezcla de elución comprende el compuesto de azufre en una concentración entre aproximadamente 1,0 g/l y aproximadamente 120 g/l, entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla de elución.
- En el aspecto (14), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio o sulfito de sodio.
- En el aspecto (15), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde el compuesto de yodo comprende uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio.
- En el aspecto (16), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde la resina comprende una fase estacionaria que tiene un grupo funcional aminofosfonato o un grupo funcional ácido aminometilfosfónico de la fórmula $\text{NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber dicho antimonio(V) y opcionalmente dicho antimonio(III), y la resina es para purificar un electrolito de refino electrolítico o extracción electrolítica de cobre, comprendiendo el electrolito una o más impurezas seleccionadas del grupo que consiste en antimonio, bismuto, hierro, estaño, níquel, plomo, manganeso, platino, oro, plata, cobalto, zinc y arsénico, donde opcionalmente el electrolito tiene una concentración entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 1 g/l o entre aproximadamente 50 mg/l y aproximadamente 500 mg/l de dicho antimonio.
- En el aspecto (17), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yoduro es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.
- En el aspecto (18), se proporciona una mezcla de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (10) a (18), donde la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una

concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre aproximadamente 75 mg/l y aproximadamente 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N o entre aproximadamente 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde la disolución de elución debe estar a una temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 95 °C o entre aproximadamente 65 °C y aproximadamente 90 °C cuando se pone en contacto la resina para desorber dicho antimonio(V).

En el aspecto (19), se proporciona un proceso para eliminar antimonio de un electrolito, comprendiendo dicho proceso: poner en contacto el electrolito con una resina de intercambio catiónico seleccionada para adsorber al menos antimonio, y eliminar el electrolito de la resina; y poner en contacto la resina con una disolución de elución que comprende un compuesto de azufre, un compuesto de yodo y un compuesto ácido, en donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, el compuesto de yodo comprende uno o más de yoduro de sodio y yoduro de potasio, y el compuesto ácido comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico, y donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción catalizada de antimonio(V) para formar antimonio(III), y el compuesto ácido se selecciona para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina.

En el aspecto (20), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio, o sulfito de sodio.

En el aspecto (21), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la resina comprende una fase estacionaria que tiene un grupo funcional aminofosfonato o un grupo funcional de ácido aminometilfosfónico de fórmula $\text{NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber dicho antimonio(V) y opcionalmente dicho antimonio(III), y el electrolito es un electrolito de refino electrolítico o extracción electrolítica de cobre, comprendiendo dicho electrolito una o más impurezas seleccionadas del grupo que consiste en antimonio, bismuto, hierro, estaño, níquel, plomo, manganeso, platino, oro, plata, cobalto, zinc y arsénico, donde opcionalmente el electrolito tiene una concentración entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 1 g/l o entre aproximadamente 50 mg/l y aproximadamente 500 mg/l de dicho antimonio.

En el aspecto (22), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yodo es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.

En el aspecto (23), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la disolución de elución comprende: sulfito de sodio a una concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre aproximadamente 75 mg/l y aproximadamente 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N o entre aproximadamente 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde una temperatura de la disolución de elución está entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 95 °C o entre aproximadamente 65 °C y aproximadamente 90 °C durante dicho contacto con la resina.

En el aspecto (24), se proporciona un proceso para eliminar antimonio de un electrolito, comprendiendo dicho proceso: poner en contacto el electrolito con una resina de intercambio catiónico seleccionada para adsorber al menos antimonio; poner en contacto la resina con un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito y metabisulfito, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de antimonio(V) para formar antimonio(III); y poner en contacto la resina con un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina.

En el aspecto (25), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), que comprende además eliminar o lavar el electrolito de la resina antes de dicho contacto con la resina con el compuesto de yodo y el compuesto de azufre, y el compuesto ácido comprende uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico.

En el aspecto (26), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde dicha puesta en contacto de la resina con el compuesto de yodo y el compuesto de azufre y dicho contacto de la resina con el compuesto ácido comprende poner en contacto la resina con una mezcla de elución que comprende el compuesto de yodo, el compuesto de azufre y el compuesto ácido, y donde el compuesto de azufre se selecciona para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar dicho antimonio(III), y el compuesto de yodo se selecciona para catalizar dicha reducción.

En el aspecto (27), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre comprende además un catión de metal alcalino o alcalinotérreo seleccionado del grupo que consiste en bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio y potasio, y la mezcla de elución comprende el compuesto de azufre en una concentración entre aproximadamente 1,0 g/l y aproximadamente 120 g/l, entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla de elución.

En el aspecto (28), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio o sulfito de sodio.

En el aspecto (29), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de yodo comprende uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio.

En el aspecto (30), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la resina comprende una fase estacionaria que tiene un grupo funcional aminofosfonato o un grupo funcional ácido aminometilfosfónico de fórmula $\text{NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber dicho antimonio(V) y opcionalmente dicho antimonio(III), y el electrolito es un electrolito de refinado electrolítico o extracción electrolítica de cobre, comprendiendo el electrolito una o más impurezas seleccionadas del grupo que consiste en antimonio, bismuto, hierro, estaño, níquel, plomo, manganeso, platino, oro, plata, cobalto, zinc y arsénico, donde opcionalmente el electrolito tiene una concentración entre aproximadamente 10 mg/l y aproximadamente 1 g/l o entre aproximadamente 50 mg/l y aproximadamente 500 mg/l de dicho antimonio.

En el aspecto (31), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yoduro es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.

En el aspecto (32), se proporciona un proceso de uno cualquiera o una combinación de uno o más de los aspectos (1) a (9) y (19) a (32), donde la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una concentración entre aproximadamente 10 g/l y aproximadamente 80 g/l o entre aproximadamente 20 g/l y aproximadamente 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre aproximadamente 30 mg/l y aproximadamente 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre aproximadamente 75 mg/l y aproximadamente 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre aproximadamente 2 N y aproximadamente 10 N o entre aproximadamente 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde una temperatura de la disolución de elución está entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 95 °C o entre aproximadamente 65 °C y aproximadamente 90 °C cuando se pone en contacto con la resina.

Las características adicionales y alternativas de la presente invención serán evidentes para una persona experta en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas de la misma.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se puede hacer referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para eluir antimonio(V) de una resina aminofosfónica de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

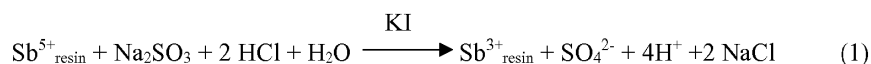
Se hace referencia a la Figura 1 que muestra un esquema de un proceso para eliminar antimonio de un electrolito de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, y que incorpora una etapa de reducción de Sb(V) adsorbido en la resina a Sb(III). Específicamente, la Figura 1 muestra una unidad de intercambio iónico 1 provista de un extremo de entrada proximal a los números de referencia 2, 4 a 6, y un extremo de salida proximal a los números de referencia 3, 7, y tiene una resina de ácido aminofosfónico para el intercambio catiónico con antimonio.

La unidad de intercambio de iones 1 está destinada a funcionar con una instalación de refinado electrolítico de cobre o un depósito de electrolito de cobre que se utiliza para preparar cobre purificado a partir de cobre sin refinar. Específicamente, la instalación de refinado electrolítico de cobre puede incluir una o más celdas electrolíticas llenas de una disolución acuosa, o un electrolito, para sumergir un ánodo de cobre sin refinar y una placa o cátodo reticulado para revestir cobre sobre el mismo. Cuando se aplica una corriente eléctrica a las celdas electrolíticas, el cobre se disuelve en el electrolito y se deposita sobre el cátodo para obtener un cátodo revestido que se venderá a los fabricantes de productos de cobre. Con el uso repetido, el electrolito se vuelve más concentrado con las impurezas que normalmente se encuentran en el cobre sin refinar, como bismuto, antimonio, níquel, arsénico y cobalto, y que, si no se tratan, dan lugar a cátodos revestidos de cobre de pureza degradante. Las celdas electrolíticas se pueden reponer con electrolito nuevo o el electrolito contaminado se puede reciclar después del tratamiento en un sistema de purificación.

Como se señaló anteriormente, la unidad de intercambio iónico 1 tiene una resina de intercambio catiónico (no mostrada) proporcionada en la fase estacionaria (no mostrada), un grupo funcional ácido aminofosfónico (o aminometilfosfónico) $\text{-NHCH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$ para adsorber antimonio, incluyendo Sb(III) y Sb(V). Para el funcionamiento, el electrolito contaminado se comunica como una corriente de ácido 2 desde el extremo de entrada de la unidad de intercambio iónico 1 a través de la resina de intercambio catiónico, de modo que el Sb(III) y Sb(V) en la corriente de ácido 2, se adsorben se intercambian o se cargan en la fase estacionaria. La corriente de ácido 2 con todas o una parte de las impurezas de Sb(III) y Sb(V) eliminadas sale de la unidad de intercambio iónico 1 como una corriente de efluente 3 para ser devuelta y reciclada a la instalación de refino electrolítico de cobre.

El Sb(III) y Sb(V) cargados o adsorbidos se eluyen desde la unidad de intercambio iónico 1 con una disolución de elución a una temperatura entre 65 °C y 90 °C, y que se prepara combinando las corrientes 4 a 6 de ácido clorhídrico respectivamente a 5 a 8 N, yoduro de sodio o potasio y sulfito de sodio. En particular, la disolución de elución se preparó para incluir de 30 a 125 mg/l de yoduro de sodio o de 75 a 250 mg/l de yoduro de potasio, y 20 a 35 g/l de sulfito de sodio con respecto a un volumen total de la disolución de elución.

En un estudio experimental, se ha demostrado que el sulfito de sodio proporcionó una reducción catalizada por yoduro de potasio del Sb(V) adsorbido a Sb(III) de acuerdo con la siguiente ecuación química (1), y redujo el Sb(III) eluido con ácido clorhídrico como corriente efluente 7:



Se ha apreciado que la reducción de Sb(V) a Sb(III) hace que el Sb(III) así reducido sea significativamente más susceptible a la desorción por la disolución de elución que tiene ácido clorhídrico.

En un estudio adicional, se cargaron 0,135 ml de resina aminofosfónica en una columna de resina empaquetada. Se preparó una disolución de alimentación de ácido sulfúrico a 175 g/l, 48 g/l de cobre, 140 mg/l de Sb(III) y 140 mg/l de Sb(V). Se pasó un total de 13,5 l de la disolución de alimentación a través de la columna de resina y el efluente del producto se recogió en un matraz. Se pasó agua desionizada a través de la columna para desplazar la alimentación y se recogió en un matraz separado y tenía un volumen de 0,270 l. La columna se regeneró a continuación con 0,103 l de HCl 7 N con 23,2 g/l de Na_2SO_3 y 133 mg/l de KI y 0,572 l de agua desionizada. Los efluentes de ambas etapas se recogieron juntos dando un volumen combinado de 0,675 litros.

Muestra	Volumen, l	Sb, g/l	Sb, g
Alimentación	13,5	0,281	3,79
Producto	13,5	0,078	1,05
Hueco de alimentación	0,270	0,056	0,02
Regenerante y efluente de lavado	0,675	4,30	2,90

Como se ve en la tabla anterior, los resultados muestran una buena concordancia entre la cantidad total de Sb cargada en la resina y la cantidad total de Sb que sale del sistema en el producto y las corrientes residuales. Por lo tanto, todo el Sb cargado en la resina se eliminó mediante la etapa de regeneración catalítica.

También se ha apreciado que el proceso se puede realizar convenientemente dentro de un lecho de resina de la resina de intercambio catiónico, y reduce significativamente la cantidad de ácido necesaria para eluir antimonio, así como los costes asociados y el tiempo de inactividad. La combinación de sulfito de sodio con yoduro de potasio puede permitir una mayor tasa de reducción de antimonio, lo que permite la reducción de Sb(V) dentro del lecho de resina sin reducir significativamente el caudal. También se ha apreciado que, a diferencia de otros agentes reductores como la tiourea, el proceso con el compuesto de sulfito no formó una cantidad significativa de sólidos, reduciendo o eliminando así la obstrucción de las perlas de resina.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para eluir antimonio(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo el proceso poner en contacto la resina con un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito, metabisulfito, ditionito de sodio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar antimonio(III).
5
2. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además poner en contacto la resina con un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina, comprendiendo el compuesto ácido uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico.
10
3. El proceso de la reivindicación 2, donde dicho contacto comprende poner en contacto la resina con una mezcla de elución que comprende el compuesto de yodo, el compuesto de azufre y el compuesto ácido, y donde el compuesto de azufre se selecciona para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar dicho antimonio(III), y el compuesto de yodo se selecciona para catalizar dicha reducción.
4. El proceso de la reivindicación 3, donde el compuesto de azufre comprende además un catión de metal alcalino o alcalinotérreo seleccionado del grupo que consiste en bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio y potasio, y la mezcla de elución comprende el compuesto de azufre en una concentración entre 1,0 g/l y 120 g/l, entre 10 g/l y 80 g/l o entre 20 g/l y 35 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla eluyente.
15
5. El proceso de la reivindicación 1, donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio, o sulfito de sodio.
20
6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el compuesto de yodo comprende uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio.
7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yodo es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.
25
8. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una concentración entre 10 g/l y 80 g/l o entre 20 g/l y 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre 30 mg/l y 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre 75 mg/l y 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre 2 N y 10 N o entre 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde una temperatura de la disolución de elución está entre 20 °C y 95 °C o entre 65 °C y 90 °C al entrar en contacto con la resina.
30
9. Una mezcla de elución para desorber antimonio(V) adsorbido a una resina de intercambio catiónico, comprendiendo dicha mezcla de elución un compuesto de yodo y un compuesto de azufre, comprendiendo el compuesto de azufre uno o más de sulfito, bisulfito, metabisulfito, ditionito de sodio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, donde el compuesto de yodo y el compuesto de azufre se seleccionan para efectuar la reducción de dicho antimonio(V) para formar antimonio(III).
35
10. La mezcla de la reivindicación 9, que comprende además un compuesto ácido seleccionado para desorber al menos dicho antimonio(III) de la resina, comprendiendo el compuesto ácido uno o más de ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido fluorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido perclórico y ácido bórico.
40
11. La mezcla de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, donde el compuesto de azufre comprende además un catión de metal alcalino o alcalinotérreo seleccionado del grupo que consiste en bario, berilio, calcio, litio, magnesio, sodio y potasio, y la mezcla de elución comprende el compuesto de azufre a una concentración entre 1,0 g/l y 120 g/l, entre 10 g/l y 80 g/l o entre 20 g/l y 35 g/l, con respecto a un volumen total de la mezcla eluyente.
45
12. La mezcla de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde el compuesto de azufre comprende uno o más de sulfito de amonio, sulfito de sodio, bisulfito de sodio, metabisulfito de sodio, ditionito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, metabisulfito de potasio, ditionito de potasio, dióxido de azufre e hidroximetanosulfonato de sodio, uno o más de sulfito de sodio y bisulfito de sodio, o sulfito de sodio.
50
13. La mezcla de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde el compuesto de yodo comprende uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio.

14. La mezcla de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, donde el compuesto de azufre es sulfito de sodio, el compuesto de yodo es uno o ambos de yoduro de sodio y yoduro de potasio y, opcionalmente, el compuesto ácido es ácido clorhídrico.

- 5 15. La mezcla de elución de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, donde la mezcla de elución es una disolución de elución que comprende: sulfito de sodio a una concentración entre 10 g/l y 80 g/l o entre 20 g/l y 35 g/l; yoduro de sodio a una concentración entre 30 mg/l y 125 mg/l y/o yoduro de potasio a una concentración entre 75 mg/l y 250 mg/l; y ácido clorhídrico a una concentración entre 2 N y 10 N o entre 5 N y 8 N, con respecto a un volumen total de la disolución de elución, y opcionalmente donde la disolución de elución es para estar a una temperatura entre 20 °C y 95 °C o entre 65 °C y aproximadamente 90 °C cuando se pone en contacto con la resina para desorber dicho
- 10 antimonio(V).

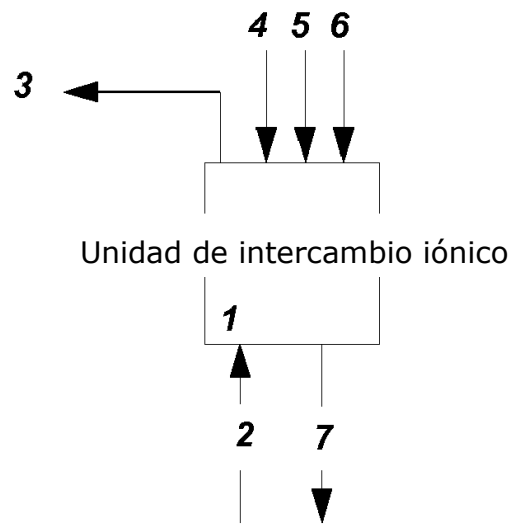


Figura 1