

MÉTODO DE SULFATACIÓN Y LIXIVIACIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reclama el beneficio de la Solicitud de Patente de Singapur número
5 10201510144U, presentada el 10 de Diciembre de 2015, los contenidos de la cual se incorporan a manera de referencia en la presente en su totalidad.

CAMPO DE LA INVENCION

La presente solicitud se refiere a uno o más métodos hidrometalúrgicos para tratar minerales y concentrados de sulfuro que contienen metal. Particularmente, la solicitud también se refiere a
10 uno o más método de lixiviación y sulfatación de concentrado de cobre. El uno o más métodos son alternativamente conocidos como proceso o procesos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El tratamiento de concentrado de cobre por conversión por condición y electrorefinado ha dominado la industria del cobre desde los años 1800. La investigación y desarrollo en la
15 búsqueda por alternativas hidrometalúrgicas a los procesos de pirometalurgia tradicionales se ha identificado en los años recientes.

Los minerales de cobre de sulfuro primarios han sido difíciles de lixiviar para la extracción directa del cobre. En particular, se ha observado que la calcopirita (CuFeS_2) se somete a un tipo de pasivación bajo una variedad de condiciones de lixiviación oxidativas. La
20 calcopirita es uno de los minerales que llevan cobre más abundante, representando aproximadamente 70% de las reservas de cobre conocida del mundo. La mayoría de los procesos de lixiviación actualmente propuestos se basan en ácido sulfúrico con iones férricos y/u oxígeno disuelto como oxidantes.

La calcopirita no es la única más abundante de los sulfuros de cobre, sino también el
25 mineral más estable y refractario a procesamiento hidrometalúrgico. En la práctica actual, la recuperación de cobre de los minerales de sulfuro de calcopirita implica someter los minerales a una operación de flotación de espuma que produce un concentrado de los sulfuros de metal valiosos, que después se funde y se electro-refina comúnmente para producir metal de cobre.

Los minerales de sulfuro (es decir Sulfuro) se tratan ya sea como tal, concentrados o
30 lixiviados para recuperar los metales valiosos. La calcinación, sinterización y fundición de estos minerales o concentrados de estos minerales son métodos o procesos de tratamiento conocidos. En el proceso de lixiviación o sulfatación de calcopirita conocido, la pasivación del proceso es típicamente un problema en la disolución del cobre contenido en los minerales de sulfuro. Se desean siempre métodos del tratamiento más eficientes y económicos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente solicitud fija como objetivo proporcionar uno o más nuevos y útiles métodos. La solicitud también tiene la intención de proporcionar nuevos y útiles métodos para procesar

concentrado de cobre. Las características esenciales de la solicitud se proporcionan por una o más reivindicaciones independientes, mientras que las características ventajosas de la solicitud son presentadas por sus reivindicaciones dependientes respectivamente.

5 El proceso de lixiviación de concentrado de cobre se refiere normalmente al flujo de componentes contenidos en un material sólido en otra fase, que es típicamente una fase líquida. La presente solicitud proporciona un proceso de sulfatación o un proceso de disolución-sulfatación, que se relaciona con un proceso de lixiviación. El proceso de sulfatación de la presente solicitud puede lograr extracciones de arriba de 90% de cobre o más alto de concentrados de cobre. El método también requiere tiempos de residencia muy
10 bajos, que pueden variar entre 60 y 120 minutos.

El método utiliza una alta concentración de ácido sulfúrico (por ejemplo más de 90% de nivel de concentración) y mantiene el ácido sulfúrico en este nivel de concentración alto en un reactor revestido con vidrio para obtener alta extracción de cobre con tiempos de residencia cortos. El presente método requiere la inyección de gas oxígeno a fin de generar el
15 ácido mediante la reacción con dióxido de sulfuro (SO_2) y agua (H_2O) generada durante el proceso de sulfatación. Por consiguiente, el método mantiene altas concentraciones de ácido sulfúrico en el reactor.

El método induce la agitación vigorosa y la agitación apropiada (por ejemplo utilizando un impulsor Rushton) a fin de evitar la pasivación por interferencia de sulfatos/sulfatos (cobre y
20 hierro basados), que se pueden formar durante el proceso desulfatación. Por consiguiente, el gas oxígeno se utiliza más eficientemente en la regeneración de ácido sulfúrico con alta permanencia y tiempo de residencia corto en el gas del reactor. El método puede incrementar adicionalmente la eficiencia del gas oxígeno al utilizar un reactor grande que tiene una relación de altura:diámetro (H:D) adecuada (por ejemplo, mayor que 2) para la interacción
25 incrementada del oxígeno gaseoso con los otros reactivos. El método requiere temperatura más baja de aproximadamente 130 grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) para mantener el azufre elemental formado en la solución (PF 120°C), que permite que la solución se oxide en primer lugar a SO_2 y después forme ácido sulfúrico. El método se puede llevar a cabo en uno o más reactores a presión atmosférica, que es seguro, económico y sencillo.

30 Los concentrados utilizados en este método no requieren rectificación ya que los concentrados se obtienen directamente de un proceso de flotación, que solo requiere secado. Para asegurar que toda la calcopirita ha reaccionado, el método propone un proceso de flotación para reciclar la calcopirita. En las pruebas subsecuentes, el reflujo del método se minimiza al incrementar la eficiencia de los reactores. El método no requiere la adición de
35 ciertos reactivos como catalizadores (por ejemplo Ag) u oxidantes (por ejemplo sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ o halógenos (por ejemplo cloro, bromo)).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las figuras adjuntas ilustran modalidades y sirven para explicar principios de las modalidades descritas. Se va a entender, sin embargo, que estas figuras son representadas para propósitos de ilustración solamente, y no para definir límites de la presente invención.

5 La FIGURA 1 es una ilustración esquemática de un método ejemplar para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre y el aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

 La FIGURA 2 es una representación esquemática de una configuración de mesa de trabajo de laboratorio ejemplar para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen
10 cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

 La FIGURA 3 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la temperatura en el método para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente
15 descripción.

 La FIGURA 4 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la densidad de culpa inicial, o gravedad específica, en un método para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

20 La FIGURA 5 es una representación gráfica que ilustra e efecto de la velocidad de flujo de oxígeno en el método para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

 La FIGURA 6 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la velocidad de
25 agitación en un método para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre de aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

 La FIGURA 7 es una representación gráfica que ilustra el efecto de ciclos de utilizar ácido sulfúrico reciclado en un método para procesar dentro de minerales de sulfuro que
30 contiene cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las modalidades no limitantes, ejemplares de la presente solicitud ahora se describirán con referencia a las figuras mencionadas en lo anterior. Particularmente, las modalidades de la
35 solicitud comprenden partes o pasos de método que son similares o idénticos entre sí. Estas partes o pasos de método se indican de esta manera con nombres similares o idénticos son números de referencia. La descripción de estas partes relevantes de los pasos de método se

incorpora en la presente a manera de referencia, ya sea relevante o apropiado.

Como se utiliza en la presente, los términos “lixiviación” y “proceso de lixiviación” se refiere a un proceso en donde las sustancias se extraen de un sólido al disolver el sólido en un líquido o solución.

5 Como se utiliza en la presente, los términos “flotación” o “proceso de flotación” se refieren a un proceso para concentrar los minerales que llevan metal en un mineral. En general, en un proceso de flotación, el mineral crudo se muele a un polvo fino y se mezcla con agua, reactivos de espumación, y reactivos de recolección. Cuando el aire se sopla a través de la mezcla, las partículas minerales se adhieren a las burbujas formadas por el aire soplado
10 a través de la mezcla, que se elevan para formar una espuma en la superficie de la mezcla. El material residual (ganga) se sienta al fondo. La espuma se decanta, y el agua y los químicos se destilan o de otra manera se remueven, lixiviando un concentrado limpio.

 Como se utiliza en la presente, el término “residuos” se refiere al material que permanece después de la remoción de uno o más materiales deseados. “Residuos” también
15 se pueden definir como el material residual (ganga) formado durante un proceso de flotación o proceso de lixiviación.

 Como se utiliza en la presente, los términos “electro-obtención” o “proceso de electro-obtención” se refiere a la electrodeposición de metales de sus minerales que se han puesto en solución a través de un proceso de lixiviación.

20 Como se utiliza en la presente, la “pulpa” se refiere a una mezcla que flota libre que comprende mineral triturado y/o en polvo o agua.

 Como se utiliza en la presente, el término “densidad de la pulpa” se refiere al porcentaje de sólidos, o la reacción de sólidos a líquidos, contenidos dentro de una muestra de pulpa. Por ejemplo, una muestra de pulpa que tiene una densidad de pulpa de 50% p/p
25 significaría que la muestra de pulpa contiene 50 por ciento en peso de sólidos y 50 por ciento en peso de líquidos.

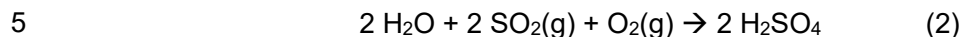
 El método hidrometalúrgico para tratar minerales y concentrados de sulfuro que contienen metal es conocido como un proceso global, que comprende algunos procesos individuales. Particularmente, el proceso de sulfatación es mucho más importante debido a
30 que el proceso de sulfatación proporciona los elementos que reciben la resistencia cinética, y hace los elementos diferentes a otros procesos o sus variantes. El proceso de sulfatación propuesto y sus condiciones de operación asociados con el proceso de disolución sustituyen un proceso de lixiviación.

 Durante el proceso de sulfatación, el ácido sulfúrico y la calcopirita reaccionan
35 vigorosamente resultando en primer lugar a la siguiente reacción anaeróbica:



Debido a que el medio es completamente ácido, los sulfatos formados (por ejemplo

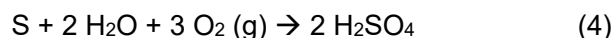
CuSO_4 y FeSO_4) son casi completamente insolubles. Subsecuentemente, debido a la inyección simultánea adecuada de gas oxígeno (O_2), agua (H_2O) y dióxido de azufre (SO_2), el medio reacciona con el gas oxígeno, agua y dióxido de azufre para generar aproximadamente la mitad de la alimentación de ácido sulfúrico de acuerdo con la siguiente reacción:



De esta manera, las reacciones de combinación (1) y (2) dan por resultado la reacción total (3) como sigue:



El agua generada puede evaporarse y dejar el ácido libre de, o sustancialmente libre de, humedad. En las pruebas preliminares, se ha observado que algo de azufre también tiende a oxidarse y formar ácido sulfúrico de acuerdo con la reacción (4), haciendo la reacción general más autosuficiente con respecto a ese reactivo.



Después del proceso de sulfatación, en la separación de sólido/líquido (S/L), esta mezcla de sulfatos y residuo de lixiviación se somete al lavado con agua. Durante el lavado con agua, los sulfatos se disuelven y una calcopirita basada en lixiviación de residuo (CuFeS_2) permanece (sin reaccionar), la cual también puede incluir azufre (S), pirita (FeS_2), sílice (SiO_2) y algunos metales preciosos (tal como, por ejemplo, Au y Ag).

En un proceso de extracción con solvente y electro-obtención (SX-EW), después del proceso de disolución de los sulfatos, la corriente líquida obtenida de la filtración de la pulpa, que contiene una cantidad mínima de acidez y una concentración alta de cobre y hierro se procesa en un sistema de extracción con solvente y electro-obtención para la recuperación de cobre. El cobre puro de esta manera se obtiene electrolíticamente. En este proceso, el hierro restante en la solución se remueve a través de la precipitación para provisión o venta. El sólido lavado obtenido después de la filtración de sulfato se somete a un proceso de flotación de calcopirita para recuperar cualquier fracción pequeña de calcopirita no reaccionada. La calcopirita recuperada se recicla y se vuelve a introducir en el proceso de sulfatación. Los residuos obtenidos en esta primera flotación se someten a otro proceso de flotación para separar la pirita (FeS_2) y el azufre elemental restante a fin de servir como una posible producción de ácido. La pirita en los residuos finales se remueve para impedir la formación del drenaje ácido.

Después de esto, se han llevado a cabo experimentos adicionales al lograr las eficiencias de lixiviación de aproximadamente 85% en la recuperación de cobre. El cobre adicional se puede recuperar de calcopirita no reaccionada por un proceso de flotación. Por otra parte, el método requiere tiempos de residencia de aproximadamente 30 minutos a 2 horas, que es muy bajo para este tipo el proceso en vista del problema de pasivación poseído en la mayoría de casos. La relación S/L manejada para simular la operación industrial debe

ser igual a o mayor que 20%. Los métodos de sulfatación de la presente descripción se pueden conducir a temperatura que varía de aproximadamente 100 a aproximadamente 200°C, de manera alternativa de aproximadamente 110 a aproximadamente 180°C, de manera alternativa de aproximadamente 120 a aproximadamente 160°C, y de manera alternativa de aproximadamente 120 a aproximadamente 140°C, mientras que los tiempos de residencia del método es menor que 2 horas. Las eficiencias de recuperación de cobre de 90% o más alta posiblemente se pueden lograr por el método.

La Tabla 1 proporciona contenidos de varios elementos en el concentrado de cobre y el residuo de concentrado de cobre después de utilizar el método descrito en lo anterior.

Elementos	Concentrado de Cobre	Residuos de Concentrado de Cobre
% de As	0.179	0.091
% de Bi	0.018	0.001
% de Sb	0.045	0
% de Fe	27.66	25.89
% de Cu	27.98	0.65
% de S	35.80	58.61
% de SiO ₂	3.26	4.2

La FIGURA 1 es una ilustración esquemática de un método ejemplar para el procesamiento de minerales de sulfuro que contiene cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción. El método ejemplar de la FIGURA 1 se puede considerar en vista de la descripción anterior. Aunque la FIGURA 1 ilustra un cierto número de pasos o procesos, uno de experiencia ordinaria en la técnica puede apreciar fácilmente que uno o más pasos o procesos adicionales se pueden incluir en, o excluir de, el método ejemplar sin impartir el contenido de la presente descripción.

La FIGURA 2 es una representación esquemática de una configuración de mesa de trabajo de laboratorio ejemplar para el procesamiento de minerales de sulfuro que contienen cobre y aislamiento de elementos individuales de los minerales de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción. La configuración de mesa de trabajo 200 incluye un recipiente de reacción 210, un elemento de calentamiento 220 tal como, por ejemplo, una placa caliente, un elemento de agitación 230 que incluye una extensión 232 que tiene un impulsor (no mostrado) en una porción de botón del mismo y situado en el recipiente de reacción 210. La configuración de mesa de trabajo 200 incluye además un elemento de medición de temperatura 240 tal como, por ejemplo, un termómetro o termopar, una fuente de gas reactivo (por ejemplo, O₂) (no mostrado) acoplada con un medidor de flujo 250. El flujo se acopla con un difusor de gas 260 que difunde el gas reactivo en el recipiente de reacción 210.

Mientras que la FIGURA 2 ilustra una configuración de mesa de trabajo, uno de experiencia ordinaria en la técnica de metalurgia y refinado de oro, en vista de las FIGURAS 1-2, puede apreciar fácilmente que las configuraciones o escala más pequeña o más grande se pueden hacer sin apartarse del contenido de la presente descripción.

5 El cobre se puede obtener de minerales de sulfuro, que también pueden tener hierro como un componente del mismo, utilizando el método que comprende los siguientes pasos. Primero, un mineral de sulfuro que contiene cobre se puede hacer reaccionar con gas de dióxido de azufre reaccionado en una temperatura de al menos aproximadamente 100°C, alternativamente al menos aproximadamente 110°C, alternativamente al menos
10 aproximadamente 120°C, y alternativamente al menos aproximadamente 130°C, para formar azufre elemental, un óxido de hierro (por ejemplo, magnetita, Fe_3O_4) y un sulfuro de cobre. El azufre elemental entonces se puede condensar y remover de la mezcla de reacción. Después de la remoción del azufre elemental, los sólidos residuales (tal como el óxido de hierro y sulfuro de cobre), se puede hacer reaccionar con ácido sulfúrico en una temperatura de
15 aproximadamente 180°C a 500°C para formar sulfato de cobre y gas de dióxido de azufre. El dióxido de azufre se puede reciclar y reutilizar subsecuentemente. Los sólidos que comprenden el óxido de hierro y el sulfato de cobre entonces se pueden separar de una fase líquida o la reacción. Después de la separación los sólidos se pueden secar, por ejemplo, al calcinar los sólidos en una temperatura que varía de 400°C a aproximadamente 900°C.
20 Después del secado, los sólidos se pueden someter a una solución acuosa que comprende agua o ácido sulfúrico diluido, lixiviando o solubilizando de esta manera el sulfato de cobre. Los sólidos restantes que comprenden dióxido de hierro y ganga (es decir, el material sólido restante del mineral) se pueden separar de la fase líquida restante de la reacción. Finalmente, el cobre se puede aislar del sulfato de cobre solubilizado. El cobre se puede aislar del sulfato
25 de cobre solubilizado mediante, por ejemplo, una extracción con solvente y proceso de electro-obtención (SX-EW).

Las declaraciones de la Descripción incluyen:

Declaración 1: Un método para recuperar cobre de minerales de sulfuro con cobre y hierro, el método comprende hacer reaccionar, en un recipiente de reacción, un mineral de
30 sulfuro que contiene cobre con gas de dióxido de azufre para formar azufre elemental, un óxido de hierro y un sulfuro de cobre; condensar y remover el azufre elemental de la mezcla de reacción; hacer reaccionar los sólidos residuales con ácido sulfúrico concentrado para formar sulfato de cobre y gas de dióxido de azufre; reciclar el gas de dióxido de azufre; separar los sólidos que comprende el óxido de hierro y el sulfato de cobre de una fase líquida
35 de la mezcla de reacción; secar los sólidos separados; lixiviar los sólidos secos con una solución acuosa que comprende agua o ácido sulfúrico diluido y solubilizar el sulfato de cobre, separando los sólidos que comprenden el óxido de hierro y la ganga de una fase líquida de la

mezcla de reacción; y recuperar el cobre del sulfato de cobre solubilizado.

Declaración 2: Un método de acuerdo con la Declaración 1, en donde la reacción de mineral de sulfuro que contiene cobre con gas de dióxido de azufre se lleva a cabo a una temperatura de al menos aproximadamente 130°C.

5 Declaración 3: Un método de acuerdo con la Declaración 1 o Declaración 2, en donde la reacción de los sólidos residuales con el ácido sulfúrico concentrado se lleva a cabo en una temperatura de aproximadamente 180°C a 500°C.

Declaración 4: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 1-3, en donde el gas de dióxido de azufre reciclado se hace reaccionar con mineral de sulfuro que
10 contiene cobre adicional para formar azufre elemental, un óxido de hierro y un sulfuro de cobre.

Declaración 5: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 1-4, en donde el secado de los sólidos separados se lleva a cabo en una temperatura que varía de aproximadamente 400°C a aproximadamente 900°C.

15 Declaración 6: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 1-5, en donde la recuperación de cobre del sulfato de cobre solubilizado se lleva a cabo por una extracción con solvente y proceso de electro-obtención (SX-EW).

Declaración 7: Un método para recuperar cobre de minerales de sulfuro que tienen cobre y hierro, el método comprende hacer reaccionar, en un recipiente de reacción, mineral
20 de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno; separar los sólidos formados durante la reacción de los líquidos formados durante la reacción; lavar los sólidos con agua para producir una solución que comprende agua y sólidos disueltos, y una porción sólida de mineral de sulfuro que contiene cobre no disuelto; y someter la solución que comprende agua y sólidos disueltos a una extracción con solvente y proceso de electro-obtención (SX-EW) para
25 aislar el cobre y el hierro.

Declaración 8: Un método de acuerdo con la Declaración 7, en donde los sólidos formaos al hacer reaccionar el mineral de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno comprenden sulfato de cobre y sulfato de hierro.

Declaración 9: Un método de acuerdo con la Declaración 7 o Declaración 8, en donde
30 los líquidos formados al hacer reaccionar el mineral de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno comprende ácido sulfúrico.

Declaración 10: Un método de acuerdo con la Declaración 9, en donde el ácido sulfúrico formado se recicla y se hace reaccionar con mineral de sulfuro que contiene cobre adicional y gas oxígeno.

35 Declaración 11: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-10, en donde la porción sólida comprende mineral de sulfuro que contiene cobre no disuelto y uno o más materiales que comprende azufre elemental, pirita, sílice, y metales preciosos.

Declaración 12: Un método de acuerdo con la Declaración 11, que comprende además someter la porción sólida a un proceso de flotación para separar el mineral de sulfuro que contiene cobre no disuelto del uno o más materiales.

Declaración 13: Un método de acuerdo con la Declaración 12, en donde el mineral de sulfuro que contiene cobre no disuelto se hace reaccionar con ácido sulfúrico y gas oxígeno.

Declaración 14: Un método de acuerdo con la Declaración 12 o Declaración 13, que comprende además someter el uno o más materiales aun proceso de flotación para producir uno o más de azufre elemental aislado, pirita aislada y una mezcla de materiales restantes.

Declaración 15: Un método de acuerdo con la Declaración 14, que comprende además someter los materiales restantes a un proceso de lixiviación para producir metales preciosos aislados.

Declaración 16: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-14, en donde el hierro purificado se obtiene a través de un proceso de precipitación.

Declaración 17: Un método de acuerdo con la Declaración 16, en donde el agua formada durante el proceso de precipitación se recicla y se vuelve a introducir en la extracción con solvente y proceso de electro-obtención (SX-EW).

Declaración 18: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-17, en donde el agua producida durante la extracción con solvente y proceso de electro-obtención (SX-EW) se recicla y se utiliza subsecuentemente para lavar los sólidos separados.

Declaración 19: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-18, en donde la reacción del mineral de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno se lleva a cabo en una temperatura que varía de aproximadamente 100°C a aproximadamente 200°C.

Declaración 20: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-19, en donde la reacción del mineral de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno se lleva a cabo durante un período de tiempo que varía de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 2 horas.

Declaración 21: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-20, en donde el gas oxígeno se inyecta en el recipiente de reacción en una velocidad que varía de aproximadamente 1 L/min a aproximadamente 4 L/min.

Declaración 22: Un método de acuerdo con cualquiera de las Declaraciones 7-21, en donde la reacción del mineral de sulfuro que contiene cobre con ácido sulfúrico y gas oxígeno se lleva a cabo con agitación en una velocidad de agitación que varía de aproximadamente 200 rpm a aproximadamente 550 rpm.

35 **EJEMPLOS**

Los siguientes ejemplos se proponen para ser ilustrativos solamente, y no se proponen para ser, tampoco se deben considerar como, limitantes en cualquier forma del alcance de la

presente descripción.

Condiciones Experimentales Generales

Se obtuvo una muestra de concentrado de cobre del Concentrado de Cananea. El concentrado se caracterizó utilizando espectroscopia de absorción atómica para determinar los elementos en la muestra. La muestra después se sometió a pruebas metalúrgicas incluyendo lixiviación agitada. La muestra de concentrado de cobre incluyó 237 ± 4 g/t (gramos/ton) de Ag, $24.71 \pm 0.02\%$ de Cu, $20.87 \pm 0.25\%$ de Fe, $2.57 \pm 0.12\%$ de Zn, y $0.32 \pm 0.02\%$ de Mo.

La configuración experimental incluyó un recipiente de vidrio de 2 litros equipado con un calentador, un agitador de elección, y un sistema difusor de oxígeno sustancialmente como se describe en la FIGURA 2. El concentrado se mezcló con ácido sulfúrico para formar una suspensión a 130°C . El oxígeno puro se utilizó para alimentar el reactor por un sistema de difusor.

Las pruebas se llevaron a cabo con un reactor completamente agitado. Una vez que ha pasado el tiempo de reacción, el contenido del reactor se filtró por vacío para separar los sólidos de la solución de reacción para análisis químicos. El porcentaje de extracción de cobre se calculó basado en los resultados obtenidos.

Las condiciones estándares para los experimentos de lixiviación fueron como sigue: una velocidad de agitación de 550 rpm, una temperatura de 130°C , una velocidad de flujo de O_2 de 2 litros/minuto (L/min) y una densidad de pulpa de 20% p/p en ácido sulfúrico concentrado (es decir, una solución de ácido sulfúrico acuosa de aproximadamente 18 molar, o 18M).

Ejemplo 1

En el presente ejemplo, el porcentaje de recuperación de cobre, utilizando las condiciones experimentales descritas en lo anterior, se evaluó bajo temperaturas variantes. Específicamente, la recuperación de cobre se condujo de 120°C , 130°C y 140°C respectivamente. Cada temperatura evaluada se condujo durante un período de tiempo de 90 minutos. Bajo todas las temperaturas el porcentaje de recuperación del cobre de la muestra del concentrado fue de aproximadamente 60%, indicando que la temperatura utilizada no tiene un efecto notable sobre el intervalo de temperatura. La FIGURA 3 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la temperatura durante el proceso de un mineral de sulfuro que contiene cobre y aislamiento del cobre de uno de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

Ejemplo 2

En el presente ejemplo, el porcentaje de recuperación del cobre, utilizando las condiciones experimentales generales descritas en lo anterior, se evaluó bajo densidades de pulpa variantes de las muestras de concentrado. Específicamente, la recuperación de cobre se

evaluó durante un período de tiempo de 90 minutos utilizando muestras concentradas que tienen densidades de pulpa de 15% p/p, 20% p/p, y 25% p/p, respectivamente. El porcentaje de recuperación del cobre de la muestra de concentrado fue de aproximadamente 35% de la muestra de 15% p/p, aproximadamente 58% de 20% p/p de la muestra, y aproximadamente 65% del 25% p/p. Los datos del Ejemplo 2 indican por lo tanto que la eficiencia de la recuperación de cobre se incrementa con la densidad de pulpa de muestra concentrada durante el rango de prueba. La FIGURA 4 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la densidad de pulpa durante el procesamiento del mineral de sulfuro que contiene cobre y aislamiento de cobre del mineral de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

Ejemplo 3

En el presente ejemplo, el porcentaje de recuperación de cobre, utilizando las condiciones experimentales generales descritas en lo anterior, se evaluó bajo velocidades de flujo de oxígeno variantes (O_2). Específicamente la recuperación de cobre se condujo utilizando velocidades de flujo de O_2 de 1 L/min, 2L/min, y 4 L/min, respectivamente. Cada velocidad de flujo evaluada se condujo durante un período de tiempo de 90 minutos. El porcentaje de recuperación de cobre de la muestra de concentrado fue de aproximadamente 47% utilizando una velocidad de flujo de O_2 1 L/min, aproximadamente 58% utilizando una velocidad de flujo de O_2 2 L/min, y aproximadamente 37% utilizando una velocidad de flujo de O_2 4 L/min. Los datos del Ejemplo 3 por lo tanto indican que la eficiencia de la recuperación de cobre se optimiza entre 1 y 4 L/min durante el intervalo probado. La FIGURA 5 es una representación gráfica que ilustra el efecto de la velocidad de flujo de O_2 durante el procesamiento del mineral de sulfuro que contiene cobre y el aislamiento de cobre del mineral de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

Ejemplo 4

En el presente ejemplo, el porcentaje de recuperación de cobre, utilizando las condiciones experimentales generales descritas en lo anterior, se evaluó bajo velocidades de agitación variantes. Específicamente la recuperación de cobre se condujo utilizando velocidades de agitación de 200 rpm, 400 rpm y 550 rpm, respectivamente. Cada velocidad de agitación evaluada se condujo durante un período de tiempo de 90 minutos. El porcentaje de recuperación de cobre de la muestra de concentrado fue de aproximadamente 61% utilizando una velocidad de agitación o 200 rpm, aproximadamente 59% utilizando una velocidad de agitación o 400 rpm, y aproximadamente 58% utilizando una velocidad de agitación o 550 rpm. Los datos del Ejemplo 4 indican por lo tanto que la eficiencia de la recuperación de cobre no solo se reduce marginalmente con el incremento de la velocidad de agitación sobre el intervalo probado. La FIGURA 6 es una representación gráfica que ilustra el efecto de velocidad de agitación durante el procesamiento del mineral de sulfuro que contiene cobre y

aislamiento del cobre del mineral de acuerdo con varias modalidades de la presente descripción.

Ejemplo 5

En el presente ejemplo, el porcentaje de recuperación de cobre, utilizando las condiciones
5 experimentales generales descritas en lo anterior, se evaluó bajos ciclos repetidos para utilizar
ácido sulfúrico reciclado y una cantidad de un nuevo ácido sulfúrico concentrado equivalente
al sulfúrico concentrado hecho reaccionar en el ciclo previo. Específicamente la recuperación
de cobre se condujo utilizando 1 ciclo, 2 ciclos y 3 ciclos del ácido sulfúrico concentrado
reciclado, respectivamente. Cada número de ciclo evaluado se condujo durante un período de
10 tiempo de 90 minutos. El porcentaje de recuperación del cobre de la muestra del concentrado
fue de aproximadamente 58% utilizando 1 ciclo de ácido sulfúrico reciclado, aproximadamente
62% utilizando 2 ciclos de ácido sulfúrico reciclado, y aproximadamente 67% utilizando 3
ciclos de ácido sulfúrico reciclado. Los datos del Ejemplo 5 por lo tanto indican que la
eficiencia de la recuperación de cobre se incrementa conforme el número de ciclos del ácido
15 sulfúrico concentrado reciclado se incrementa. La FIGURA 7 es una representación gráfica
que ilustra el efecto de ciclos que utilizar ácido sulfúrico reciclado durante el procesamiento del
mineral de sulfuro que contiene cobre y el aislamiento del cobre del mineral de acuerdo con
varias modalidades de la presente descripción.

Será evidente que varias otras modificaciones y adaptaciones de las modalidades o
20 solicitud serán evidentes para la persona experta en la técnica después de leer la descripción
anterior sin apartarse del alcance de la solicitud y se propone que todas estas modificaciones
y adaptaciones vengan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

30

35