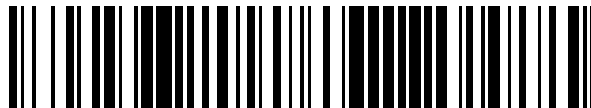


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 337**

51 Int. Cl.:

**B03D 1/002** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2013 PCT/EP2013/051438**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13110757**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2013 E 13701446 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2806975**

54 Título: **Enriquecimiento de menas de sulfuro metálico por flotación por espuma asistida por oxidante**

30 Prioridad:

**27.01.2012 US 201261591839 P**

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

**07.04.2017**

73 Titular/es:

**EVONIK DEGUSSA GMBH (100.0%)  
Rellinghauser Strasse 1-11  
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**ARNOLD, GERHARD;  
BROWN, TERRY;  
HAMANN, INGO y  
HITCHINER, ALAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 608 337 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

Enriquecimiento de menas de sulfuro metálico por flotación por espuma asistida por oxidante

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un método de mejora de la ley y recuperación de minerales de base deseados, especialmente cobre, de menas de sulfuro metálico que tienen una ganga que contiene sulfuro.

**Antecedentes de la invención**

10 Los medios más comunes de recuperación de un mineral deseado a partir de una mena de sulfuro metálico es mediante un procedimiento que incluye flotación por espuma (Froth Flotation: A Century of Innovation, Fuerstenau, et al. eds., Soc. Mining, Metallurgy and Exploration, 2007). Normalmente, las menas se suspenden en agua y se muelen usando equipo de molienda al "tamaño de liberación", es decir, el mayor tamaño de partícula que expone el mineral deseado a la acción de reactivos de flotación (normalmente aproximadamente 50 - 200  $\mu\text{m}$ ). La mena triturada forma una pulpa que se alimenta a celdas de flotación que normalmente están dispuestas en bancos de desbastadoras, recuperadoras y limpiadoras.

15 Durante la flotación por espuma, se introduce aire en la pulpa como burbujas finas que proporcionan una superficie para la unión de minerales relativamente hidrófobos. Estos minerales suben entonces con las burbujas a la superficie de las celdas de flotación y se eliminan. Las partículas de ganga hidrófilas son menos atraídas a las burbujas de aire y, por tanto, tienden a quedar atrás en la pulpa. Las espumas (tales como aceite de pino, poliglicoles y polioxiparafinas) y modificadores del pH (tales como  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ) pueden usarse para mejorar las separaciones. También pueden introducirse colectores (por ejemplo, xantatos, carbonatos y ácidos grasos) para ayudar a promover la unión de minerales a las burbujas de aire. En los circuitos de flotación más complicados, los minerales pueden ser tanto recogidos del producto de espuma (conocido como el desbordamiento) como con la cola, o flujo inferior. Además, también pueden emplearse las celdas de la recuperadora, limpiadora y re-limpiadora, con o sin una etapa de re-trituración intermedia.

20 La oxigenación apropiada de la pulpa es un parámetro importante en la flotación de menas de sulfuro metálico complejas (Surface Chemistry of Froth Flotation, Jan Leja, Plenum Press (1982)). Por ejemplo, se ha informado que puede usarse acondicionamiento de suspensiones de menas con oxidantes tales como peróxido de hidrógeno como parte de un proceso para separar un mineral de cobre deseado del sulfuro de hierro no deseado, además de otros minerales que contienen cobre (documentos US 5.110.455 y US 5.295.585). Sin embargo, niveles de oxígeno incorrectos pueden afectar adversamente las separaciones y la recuperación. Así, es importante las condiciones bajo las que se realiza la oxidación para el éxito definitivo de estos procedimientos de enriquecimiento.

25 A URIBE-SALAS ET AL: "Metallurgical improvement of a lead/copper flotation stage by pulp potential control", INTERNATIONAL JOURNAL OF MINERAL PROCESSING, vol. 59, no. 1, 1 de Abril de 2000 (01-04-2000), páginas 69-83, desvela usar el potencial de la pulpa para controlar la adición de peróxido de hidrógeno.

**Sumario de la invención**

35 La presente invención se refiere a la adición de oxidantes, preferentemente peróxido de hidrógeno, durante la flotación por espuma de una mena de sulfuro metálico para mejorar la separación de un mineral deseado de una ganga que contiene sulfuro no deseado. La trituración, ajuste del pH y adición de otros productos químicos (espumas y colectores) puede realizarse antes de la adición del oxidante y la entrada de pulpa en las celdas de flotación. Sin embargo, es importante evitar el acondicionamiento de la pulpa de mena con  $\text{H}_2\text{O}_2$  (o cualquier otro oxidante) antes de la flotación, ya que esto puede afectar adversamente la recuperación.

40 La cantidad apropiada de oxidante que va a usarse puede determinarse para una mena dada usando cantidades variables de oxidante y midiendo el contenido de oxígeno disuelto (DO) en la alimentación de flotación. Representando el DO resultante frente a la concentración de oxidante es posible determinar la cantidad óptima de dicho oxidante que debe añadirse. Específicamente, cantidades crecientes de oxidante deben conducir a un punto donde se produce un brusco aumento en DO, es decir, donde hay un aumento sustancial en la pendiente de la curva de DO frente al  $\ln$  [oxidante] (véase, por ejemplo, la Figura 10 para el peróxido de hidrógeno como oxidante). Entre aproximadamente 0,5 y 10 veces de la adición de oxidante en este momento es la cantidad de oxidante que puede usarse de la forma más favorable en los procesos descritos en el presente documento. Una vez se han determinado los parámetros de proceso, éstos pueden usarse en el futuro procesamiento de la misma mena.

45 En su primer aspecto, la invención se refiere a un proceso de tratamiento de una mena de sulfuro metálico para separar un mineral deseado de una ganga que contiene sulfuro. El mineral deseado puede ser cualquiera que sea de valor, sin embargo, se prefieren menas de cobre y menas de cobre/oro. Una ganga que contiene sulfuro típica que va a eliminarse sería sulfuro de hierro, en particular pirita ( $\text{FeS}_2$ ). El proceso implica formar una pulpa suspendiendo la mena en agua y entonces triturándola para formar pequeñas partículas, normalmente 50 - 200  $\mu\text{m}$  de diámetro. Usando procedimientos muy conocidos en la técnica, la pulpa se enriquece entonces en el mineral deseado por flotación por espuma. Éste es un procedimiento en el que se burbujea oxígeno o aire a través de la

pulpa y se recoge un concentrado enriquecido del mineral deseado. Con el fin de mejorar las separaciones, se añade un oxidante a la pulpa inmediatamente antes de (es decir, en el plazo de 30 segundos) o, preferentemente, directamente durante la flotación por espuma. Preferentemente, el mineral deseado está enriquecido en la espuma formada por la flotación por espuma. El evitar el acondicionamiento de la pulpa es importante en la optimización de los resultados. Además, el procedimiento puede realizarse sin ajustar el pH de la pulpa con agentes tales como cal.

El oxidante más preferido es peróxido de hidrógeno. Otros oxidantes que pueden usarse incluyen nitrato de sodio, hipoclorito de sodio, dicromato de potasio y peroxodisulfato de sodio. El oxidante debe añadirse, lo más preferentemente, continuamente durante el procedimiento de flotación por espuma y, para evitar recuperaciones reducidas debidas a la descomposición localizada del oxidante, debe añadirse en una forma diluida. Por ejemplo, el peróxido de hidrógeno se añade preferentemente a una concentración del 0,5 - 20 % en peso, más preferentemente al 0,5 - 5 % en peso, y todavía más preferentemente al 0,5 - 1 % en peso. La adición continua de bajas concentraciones de oxidante durante la flotación por espuma puede usarse no solo para el proceso descrito en el presente documento, sino en otros procedimientos para enriquecer menas también.

La cantidad de oxidante que debe añadirse a la pulpa variará dependiendo del tipo de mena que se procese. Como se sugirió anteriormente, una forma de determinar la cantidad óptima es realizar ensayos que miden cambios en el contenido de oxígeno disuelto de la suspensión después de haberse añadido diversas cantidades de oxidante. El objetivo de estos ensayos es determinar la cantidad de oxidante en un punto de inflexión, es decir, un punto donde la curva de la cantidad de oxígeno disuelto representada frente al logaritmo de la concentración de oxidante añadido evidencie un aumento repentino en la pendiente (véase, por ejemplo, la Figura 10). La cantidad de oxidante añadida debe estar entre la mitad de esta cantidad y 10 veces esta cantidad. En el caso de peróxido de hidrógeno, normalmente se usarán 0,01 - 0,5 kg (y más específicamente 0,03 - 0,3 kg) de peróxido de hidrógeno por tonelada de mena triturada (los pesos de peróxido de hidrógeno se refieren al 100 % de peróxido de hidrógeno).

Aunque el peróxido de hidrógeno puede añadirse como uno o más lotes, lo más preferentemente se añade continuamente durante el proceso de flotación por espuma. Normalmente, la tasa de adición debe estar entre 0,03 kg por tonelada de mena y 0,5 kg/t y, más específicamente, entre 0,03 kg/t y 0,3 kg/t. La tasa de adición por tonelada de mena procesada dependerá en gran medida de la composición de la mena y la tasa a la que el molino procesa la mena.

Pueden añadirse espumas y colectores a las suspensiones antes de la flotación por espuma con el fin de mejorar las separaciones y recuperaciones. Ejemplos de espumas que pueden usarse incluyen aceite de pino, poliglicoles y polioxiparafinas. Ejemplos de colectores que pueden usarse incluyen xantatos, carbonatos y ácidos grasos.

En otro aspecto, la invención se refiere a una mejora en los procesos para enriquecer menas de sulfuro metálico en un mineral deseado (particularmente menas con ganga que contiene sulfuro). Los procesos se caracterizan por las etapas de: a) suspender la mena en agua y molerla (normalmente triturando a un tamaño de partícula de 50 - 200  $\mu\text{m}$ ) para formar una pulpa; b) realizar la flotación por espuma burbujeando oxígeno o aire a través de una pulpa a la que se ha añadido peróxido de hidrógeno y recoger una composición concentrada enriquecida en el mineral deseado de la superficie de la pulpa. La mejora comprende añadir una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno que comprende 0,5 - 20 % en peso de peróxido de hidrógeno a la pulpa durante la flotación por espuma, o inmediatamente antes de (en el plazo de 30 segundos desde) la flotación por espuma. La disolución de peróxido de hidrógeno comprende preferentemente 0,5 - 5 % en peso, y más preferentemente al 0,5 - 1 % en peso de peróxido de hidrógeno. La disolución de peróxido de hidrógeno se añade preferentemente continuamente durante la flotación por espuma.

Los parámetros usados en el procedimiento mejorado son esencialmente los mismos que aquellos tratados anteriormente. El oxidante debe añadirse sin ningún acondicionamiento de la suspensión y no es necesario ajustar el pH añadiendo cal o algún otro agente de ajuste del pH similar. Aunque el oxidante puede añadirse en uno o más lotes individuales, debe añadirse preferentemente continuamente en los intervalos de concentración tratados anteriormente. Normalmente, la tasa de adición debe estar entre 0,01 kg por tonelada de mena y 0,5 kg/t y, más específicamente, entre 0,03 kg/t y 0,3 kg/t. La tasa de adición por tonelada de mena procesada depende de la composición de la mena y de la tasa a la que el molino procesa la mena. Minerales preferidos para enriquecimiento son sulfuros de cobre y oro, y una ganga típica que contiene sulfuro que se separará por el proceso es sulfuro de hierro, en particular piritita ( $\text{FeS}_2$ ). Además del efecto beneficioso sobre un aumento de la ley o recuperación en el metal de base deseado, el procedimiento también puede tener el efecto de eliminar impurezas no deseadas, o posiblemente peligrosas, tales como arsénico. Opcionalmente, las espumas y/o colectores, tales como aquellos enumerados anteriormente, pueden añadirse a las suspensiones para mejorar las separaciones.

En otro aspecto, la invención se refiere a un método de aumento de la hidrofilia de una ganga que contiene sulfuro durante la flotación por espuma de una suspensión de mena de sulfuro metálico, usando los métodos descritos anteriormente. Esta modificación puede entonces usarse para ayudar a facilitar la separación de una ganga de un mineral deseado.

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 Figura 1: la Figura 1 muestra curvas en las que se representa la ley de cobre (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para los experimentos de flotación descritos en los Ejemplos 1, 2 y 4. La figura presenta curvas obtenidas bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 100 g/t y 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Las preparaciones no se acondicionaron con peróxido de hidrógeno.
- 10 Figura 2: la Figura 2 muestra curvas en las que se representa la ley de cobre (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para los experimentos de flotación descritos en los Ejemplos 1, 3 y 5. La figura presenta curvas obtenidas bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 100 g/t y 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Preparaciones que contuvieron el peróxido de hidrógeno se acondicionaron con este agente durante 15 minutos antes del proceso de flotación.
- Figura 3: la Figura 3 es una gráfica en la que se presenta la recuperación de sulfuro de hierro (IS, eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para una mena procesada en los Ejemplos 1, 2 y 4 bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 100 g/t y 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. El procesamiento se realizó sin acondicionamiento.
- 15 Figura 4: la Figura 4 es una gráfica en la que se representa la recuperación de ganga no de sulfuro (NSG, eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para una mena procesada en los Ejemplos 1, 2 y 4 bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 100 g/t y 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. El procesamiento se realizó sin acondicionamiento.
- 20 Figura 5: la Figura 5 es una gráfica en la que se representa la recuperación de arsénico (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para una mena procesada en los Ejemplos 1, 2 y 4 bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 100 g/t y 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. El procesamiento se realizó sin acondicionamiento.
- Figura 6: la Figura 6 es una gráfica en la que se representa la concentración de oxígeno disuelto (DO, eje y) frente al logaritmo de la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> añadida (en g/t de mineral, eje x) para los experimentos de añadir H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a las suspensiones acuosas de pirita pura y calcopirita pura descritas en los experimentos 7 - 10 y 12 - 15.
- 25 Figura 7: la Figura 7 es una gráfica en la que se representa la ley de cobre (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para los experimentos de flotación descritos en los Ejemplos 16 - 20. La figura presenta curvas obtenidas bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 50 - 200 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Las preparaciones no se acondicionaron con peróxido de hidrógeno.
- 30 Figura 8: la Figura 8 muestra curvas en las que se representa la ley de cobre (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para los experimentos de flotación descritos en los Ejemplos 24 - 29 usando diversos oxidantes aplicados a la misma velocidad de dosificación molar de O<sup>2</sup>.
- Figura 9: la Figura 9 muestra curvas en las que se representa la ley de cobre (eje y) frente a la recuperación de cobre (eje x) para los experimentos de flotación descritos en los Ejemplos 30 - 36. La figura presenta curvas obtenidas bajo condiciones normales en ausencia y en presencia de 7,5 a 240 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Las preparaciones no se acondicionaron con peróxido de hidrógeno.
- 35 Figura 10: la Figura 10 es una gráfica en la que se representa la concentración de oxígeno disuelto (DO, eje y) frente al logaritmo natural de la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (en kg/t de mena, eje x) añadida en los Ejemplos 30 - 36.

**Definiciones**

- 40 Las siguientes definiciones se proporcionan para facilitar un entendimiento de la invención. Se aplican a los términos usados en el presente documento, a menos que haya una indicación en contra tanto expresamente como por el contexto.

**Mena**

Un mineral que existe de forma natural del que puede extraerse un metal y ciertos otros elementos (por ejemplo, fósforo), normalmente con carácter comercial. Los metales pueden estar presentes en menas en forma elemental, pero más comúnmente se producen combinados como óxidos, sulfuros, sulfatos o silicatos.

**45 Mena de cobre/oro**

Una mena que contiene suficiente cobre y oro para hacer económicamente factible la extracción de los metales de la mena.

**Mineral**

- 50 Un mineral es un material sólido que existe de forma natural encontrado en la mena y que tiene una estructura característica y propiedades físicas específicas. Un mineral puede ser un metal o un no metal, tal como un sulfuro metálico.

Flotación por espuma

5 La flotación por espuma es un método para separar diversos minerales en una alimentación utilizando diferencias en sus propiedades superficiales. La separación se logra pasando burbujas de aire a través de la pulpa de mineral. Ajustando la química de la pulpa usando diversos reactivos, los minerales valiosos pueden hacerse aerófilos (ávidos por el aire) y los minerales de la ganga aerófilos (ávidos por el agua). La separación se produce por los minerales valiosos que se adhieren a las burbujas de aire que forman la flotación por espuma sobre la superficie de la pulpa.

Espuma

Una espuma es un compuesto o composición añadida a una pulpa de mineral que aumenta la cantidad y estabilidad de la espuma formada tras pasar burbujas de aire a través de la pulpa de mineral.

10 Colector

Un colector es un compuesto o composición añadido a una pulpa de mineral que aumenta la cantidad de un mineral deseado que se une a las burbujas de aire que pasan a través de la pulpa de mineral.

Depresor

15 Un depresor es un compuesto o composición añadido a una pulpa de mineral que reduce la cantidad de ganga que se une a las burbujas de aire que pasan a través de la pulpa de mineral.

Concentración de mena

20 La concentración de mena es el proceso de separar la mena triturada en dos corrientes; un concentrado enriquecido en un mineral deseado y colas de material residual. La concentración de mena es una etapa económica vital en los procesos de producción debido a que reduce el volumen de material que debe transportarse a, y procesarse en, una fundición y refinera.

Acondicionamiento de la suspensión de mena

El acondicionamiento de la suspensión de mena se refiere a tratar la suspensión de mena con reactivos, tales como depresores, espumas, activadores, colectores, reguladores del pH, etc., durante un periodo de tiempo dado antes de entrar en las celdas de flotación con el fin de mejorar la separación.

25 Ganga

La ganga es un material en una mena distinto de un mineral deseado. Las gangas normalmente tienen poco o, esencialmente, ningún valor económico.

Ley

La ley es la masa de un material deseado en una masa de mena dada.

30 Molienda

Normalmente, en una etapa inicial del procesamiento de minerales, la mena de una mina se reduce mecánicamente de tamaño para mejorar la eficiencia de un proceso de concentración. En general, se usan dos tipos de molinos. Los molinos autógenos simplemente ruedan la mena para lograr un tamaño de grano deseado, mientras que otros molinos usan un medio adicional, tal como bolas de acero o barras, para ayudar en la molienda.

35 Pulpa

Mena triturada y agua se mezclan para formar una pulpa. Para los fines de la presente invención, los términos "suspensión", "suspensión de mena", "pulpa" y "pulpa de mena" se usan todos indistintamente.

Recuperación

40 La cantidad de mineral deseado obtenida como resultado de un proceso de flotación por espuma con respecto a la cantidad originalmente presente es la recuperación. Con el fin de minimizar el volumen de material que necesita ser manipulado, la ley del material recuperado debe ser tal alta como sea posible.

Subproducto

Un subproducto es un material de algún valor económico producido en un proceso que se basa en extraer otro material. Por ejemplo, puede producirse oro como subproducto de la minería del cobre.

45

Colas

Las colas son grano fino que queda de la mena una vez se ha extraído la mayoría del material valioso en un proceso de concentración.

**Descripción detallada de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a una mejora en los procedimientos de flotación por espuma por alteración selectiva de la química superficial de las gangas que contienen sulfuro en menas de sulfuro metálico usando oxidantes tales como peróxido de hidrógeno. La mena de sulfuro metálico es preferentemente una mena de cobre, que contiene minerales de sulfuro de cobre, o una mena de cobre/oro, que contiene minerales de sulfuro de cobre y oro asociado. La ganga que contiene sulfuro en tales menas normalmente es un sulfuro de hierro tal como pirita. Sin atenerse a teoría particular alguna, se cree que el oxidante altera la superficie de los compuestos de sulfuro de la ganga para hacerlos más hidrófilos. Esto se ilustra a continuación para la oxidación de pirita ( $\text{FeS}_2$ ) por peróxido de hidrógeno.



- 10 Como el oxidante se añade a la pulpa, el primer sulfuro de hierro en tener su química superficial alterada normalmente será la pirita, el más común de los minerales de sulfuro. Si la concentración de oxidante debe aumentarse adicionalmente, las reacciones de oxidación continuarán con otras especies de sulfuro de hierro tales como arsenopirita y pirrotita. La adición continuada de oxidante cambiará por último lugar la química superficial de estos sulfuros metálicos para hacerlos más hidrófilos y menos propensos a estar presentes en el concentrado recuperado en la espuma. El añadir demasiado oxidante puede conducir a la modificación superficial de un mineral de sulfuro metálico deseado, tal como la calcopirita, que aumentará la pérdida de este mineral a las colas. La adición de oxidante también puede cambiar la química superficial de los compuestos de arsénico y bismuto, tales como, por ejemplo, la arsenopirita, presente en la mena para hacerlos más hidrófilos y menos propensos a estar presentes en el concentrado recuperado en la espuma.

- 15 Una característica especialmente importante de la presente invención es que no hay, o esencialmente no hay, acondicionamiento de las preparaciones de mena con oxidante antes de la flotación por espuma y que esto puede afectar adversamente la recuperación. El acondicionamiento por incubación de la suspensión de mena en presencia de otros agentes, por ejemplo, espumas o colectores, puede aún producirse, pero no deben estar presentes oxidantes tales como peróxido de hidrógeno. Aunque puede usarse un modificador del pH tal como cal para acondicionar la suspensión, no es necesario incluir tales agentes, y el coste del procesamiento de menas puede reducirse si se omiten.

- 20 Preferentemente, el oxidante se añade directamente a las celdas de flotación mientras que se burbujea el oxígeno o aire a través de la suspensión y no hay acondicionamiento previo de la suspensión con el oxidante. Sin embargo, menos deseablemente, la adición puede tener lugar inmediatamente antes de (en el plazo de 30 segundos desde) la flotación por espuma. El oxidante se añade preferentemente continuamente durante la flotación por espuma. La trituración, ajuste del pH (si se usa) y adición de otros productos químicos (espumas y colectores) puede realizarse antes de la adición de oxidante. Todas estas otras etapas, que incluyen la producción de suspensiones de mena apropiadas para el enriquecimiento de mineral, se llevan a cabo usando métodos que son muy conocidos en las técnicas de la minería. Preferentemente, no se añade espuma, colector, depresor adicional o modificador del pH después de la adición de oxidante. Lo más preferentemente, el oxidante se añade después de la adición, de otros adyuvantes de flotación, tales como espuma, colector, depresor adicional o modificador del pH.

- 25 El oxidante preferido es peróxido de hidrógeno. Otros oxidantes que pueden usarse incluyen nitrato de sodio, hipoclorito de sodio, dicromato de potasio y peroxodisulfato de sodio. El oxidante es preferentemente oxígeno no molecular. El oxidante debe, lo más preferentemente, añadirse continuamente durante el procedimiento de flotación por espuma y, para evitar recuperaciones reducidas debidas a la descomposición localizada del oxidante, debe añadirse en una forma diluida. Por ejemplo, el peróxido de hidrógeno se añade preferentemente a una concentración del 0,5 - 20 % en peso, más preferentemente al 0,5 - 5 % en peso, y todavía más preferentemente al 0,5 - 1 % en peso.

- 30 La cantidad de oxidante para añadir a las suspensiones de mena es un factor importante en la terminación de la ley de enriquecimiento logrado. Por ejemplo, se esperaría que 0,01 - 0,5 kg de peróxido de hidrógeno por tonelada de mena produjeran generalmente resultados positivos. Sin embargo, la cantidad óptima de oxidante a añadir variará dependiendo de los componentes que constituyan la mena. Con el fin de estimar la cantidad de oxidante a añadir para una mena dada, la mena debe procesarse por flotación por espuma en presencia de cantidades crecientes de oxidante, mientras que se mide el contenido de oxígeno disuelto de la suspensión. La representación de los resultados debe proporcionar una curva tal como la mostrada en la Figura 10 para la adición de peróxido de hidrógeno. Puede observarse de la figura que, a medida que aumenta la cantidad de peróxido de hidrógeno añadido, se alcanza un punto de inflexión donde hay un aumento brusco en la pendiente de la curva. Por comodidad, el punto de inflexión se define en el presente documento como el punto en la curva donde hay al menos una multiplicación por dos en la pendiente. Expresando la cantidad de oxidante en la suspensión en este momento como "x", la cantidad preferida de oxidante a usar es entre 0,5 x y 10 x. A esto puede llegarse tanto añadiendo la cantidad

requerida de oxidante a la suspensión en uno o más lotes como añadiendo el oxidante de una manera continua durante la flotación por espuma. Debe observarse que una vez se ha llegado a un intervalo preferido, esto puede entonces aplicarse al procesamiento de suspensión similarmente preparada de la misma mena. Si la composición de la mena cambia, el procedimiento puede repetirse para determinar una nueva cantidad óptima de oxidante.

- 5 Si se desea, las colas de la etapa de procesamiento inicial pueden tratarse adicionalmente por flotación por espuma en un intento por recuperar mineral adicional. Como las colas serán de una ley más baja que la mena inicial, el intervalo preferido de peróxido de hidrógeno a añadir debe determinarse por separado usando el procedimiento descrito anteriormente.

### Ejemplos

#### 10 Ejemplos 1 a 5

Se trituró una mena de cobre/oro de pórfido en presencia de agua a un tamaño de partícula P80 de 200 µm usando un molino de laboratorio Magotteaux®. Un primer ensayo de la mena dio el siguiente resultado: 0,84 % de Cu, 20,9 % de Fe, 562 ppm de As, 0,40 ppm de Au, 147 ppm de Mo y 4,1 % de S.

- 15 La pulpa de mena resultante se transfirió a una celda de flotación y se mezcló durante dos minutos para homogeneización. Se añadió colector de xantato (2:1 de amilxantato de potasio e isobutilxantato de sodio) a 5 gramos por tonelada, además de una disolución acuosa al 1 % en peso de peróxido de hidrógeno a 100 o 200 g de peróxido de hidrógeno (100 %) por tonelada. La pulpa se acondicionó entonces durante 0 o 15 minutos. Se añadieron cinco gotas de espuma OTX140 de Cytec (diisobutilditiofosfato de sodio) y el pH se mantuvo nominalmente a 10,8 mediante la adición de cal. Se recogieron cuatro concentrados cronometrados durante intervalos de 30 segundos, 1,5, 2,0 y 4,0 minutos, durante un tiempo de flotación total de 8 minutos. Cada concentrado se recogió a mano raspando la espuma de la superficie de la pulpa una vez cada 10 segundos. Se monitorizaron el pH, potencial redox Eh, contenido de oxígeno disuelto y temperatura de la pulpa durante todas las pruebas.

- 25 Los resultados para los Ejemplos 1 - 5 se muestran en las Tablas 1 y 2 más adelante y en las Figuras 1 - 5. Los puntos de datos en las Figuras 1 - 5 se refieren a los concentrados cronometrados combinados obtenidos por flotación. Como puede apreciarse, una mejora significativa en la ley de cobre puede atribuirse a la selectividad del cobre mejorada contra los sulfuros de hierro (pirita). En general, la adición de peróxido de hidrógeno mejoró la ley de cobre del concentrado. Específicamente, al 85 % de recuperación de cobre, la mejora en la ley de cobre del concentrado fue nada menos que el 3,7 % superior a sin peróxido de hidrógeno (Tabla 1 y Figura 1). Por tanto, las curvas de la ley/recuperación de cobre muestran que las velocidades de flotación del cobre aumentan con la adición de peróxido de hidrógeno sin acondicionar, mientras que el acondicionar la pulpa antes de la flotación tuvo un efecto negativo sobre la respuesta de flotación del cobre.

- 35 El peróxido de hidrógeno, además de mejorar la ley del concentrado, también fue beneficioso con respecto a la recuperación de cobre. Específicamente, al 8 % de ley de cobre del concentrado, la recuperación de cobre fue significativamente más alta para todas las pruebas de peróxido de hidrógeno en comparación con el estándar (Tabla 2).

- 40 Aunque la adición de peróxido de hidrógeno mejoró la selectividad del cobre contra los sulfuros de hierro, preocupa que la recuperación de oro pudiera reducirse, ya que una proporción significativa del oro en esta mena (y en muchas otras menas) está asociada a los sulfuros de hierro. Sin embargo, la adición de peróxido de hidrógeno sin acondicionamiento mejoró la recuperación de oro con respecto a la prueba estándar, y las Tablas 1 y 2 ilustran ley de oro similar en comparación con el estándar.

- 45 Las recuperaciones de sulfuro de hierro fueron más bajas para todas las pruebas de peróxido de hidrógeno, con respecto a la prueba estándar. Sin embargo, el acondicionamiento conjuntamente con la adición de 100 g y 200 g de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por tonelada de pulpa se asoció a una elevada tendencia a recuperar sulfuros (la selectividad de sulfuro de cobre frente a hierro se muestra en la Figura 3).

Además de la selectividad mejorada hacia el sulfuro de hierro, el tratamiento con peróxido de hidrógeno durante la flotación también produce menos ganga no de sulfuro (NSG) en cualquier recuperación de cobre dada (véase la Figura 4).

- 50 La arsenopirita (FeAsS) es el mineral de arsénico más común en menas y también es un subproducto asociado a la minería del cobre, oro, plata y plomo/cinc. El arsénico se produce a niveles variables en algunos cuerpos de menas de cobre y es un riesgo ambiental significativo en el proceso de fundición del cobre cuando las emisiones son liberadas en la atmósfera. El arsénico en la mena está contenido en minerales de sulfuro de cobre-arsénico, tales como enargita y tennantita. Los altos niveles de arsénico pueden reducir el valor del concentrado y, por tanto, su eliminación es altamente deseable. La Tabla 1 y la Figura 5 muestran una reducción sustancial de arsénico al 85 % de recuperación de cobre.

55

**Tabla 1: Leyes del concentrado de cobre y oro y recuperaciones de diluyente, al 85 % de recuperación de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, tiempo de acondicionamiento	Ley		Recuperación				
		Cu %	Au ppm	Au %	Mo %	As %	IS %	NSG %
1* Estándar	0 g/ton, 15 min	7,9	3,2	69,4	43,8	63,4	76,0	2,6
2	100 g/ton, 0 min	11,6	4,4	72,7	34,2	31,4	40,7	1,8
3*	100 g/ton, 15 min	10,7	3,9	68,4	40,2	29,0	43,4	2,2
4	200 g/ton, 0 min	8,8	3,9	77,3	41,0	42,3	58,6	2,9
5*	200 g/ton, 15 min	9,8	3,7	68,1	36,2	33,4	45,4	2,7

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

5 **Tabla 2: Recuperaciones de cobre y oro y leyes de oro del concentrado y de diluyente, al 8 % de ley de cobre del concentrado**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, tiempo de acondicionamiento	Recuperación		Ley				
		Cu %	Au %	Au ppm	Mo ppm	As ppm	IS %	NSG %
1* Estándar	0 g/ton, 15 min	82,8	67,5	3,2	670	3812	49,8	26,3
2	100 g/ton, 0 min	91,7	84,2	3,2	664	2261	29,5	46,9
3*	100 g/ton, 15 min	91,0	78,7	3,0	756	1983	28,8	47,7
4	200 g/ton, 0 min	90,7	83,7	3,5	685	2635	37,2	39,1
5*	200 g/ton, 15 min	90,6	76,9	3,1	661	2116	29,9	46,5

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Ejemplos 6 a 15**

10 Se aplicó un tratamiento de oxidación con peróxido de hidrógeno a los minerales "puros" pirita y calcopirita. El pH se mantuvo a un valor objetivo de 11 mediante la adición de cal. El objetivo de este enfoque era aislar el comportamiento de cada mineral probado a diversas concentraciones del tratamiento de oxidación. Los Ejemplos 6 - 15 en las Tablas 3 y 4 ilustran que la pirita consume mucho más oxidante que la calcopirita antes de que la adición de peróxido de hidrógeno conduzca a un aumento en el oxígeno disuelto.

15 La Figura 6 muestra que la mena de pirita pura "requiere" más peróxido de hidrógeno para ser oxidada en comparación con la calcopirita. La calcopirita solo requiere aproximadamente 0,34 g/ton de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para que el DO aumente drásticamente (haciéndola así más hidrófila), mientras que el minera de pirita requirió una cantidad mucho más alta (3,4 g/ton de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en la suspensión para producir un efecto similar. Esta diferencia en DO sugiere que debe ser posible separar estas especies, flotando calcopirita y eliminado la pirita en colas.



**Tabla 3: Mineral de pirita pura tratada con peróxido de hidrógeno**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido g/t	DO ppm	pH	Eh mV	Temperatura °C
6	0	0,46	10,9	148	20,8
7	0,034	0,53	11,0	86	19,1
8	0,34	0,52	11,0	153	18,3
9	3,4	0,53	10,8	119	21,3
10	34	3,01	10,8	211	22,8

Nota: DO = oxígeno disuelto, Eh = potencial redox

**Tabla 4: Mineral de calcopirita pura tratado con peróxido de hidrógeno**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	DO ppm	pH	Eh mV	Temperatura °C
11	0	0,49	10,9	132	24,1
12	0,034	0,59	11,0	125	18,8
13	0,34	0,57	11,1	124	22,2
14	3,4	1,28	10,9	181	21
15	34	1,99	10,8	214	25,2

Nota: DO = oxígeno disuelto, Eh = potencial redox

## 5 Ejemplos 16 a 20

Los Ejemplos 16 - 20 se llevaron a cabo como se describe para los Ejemplos 1 - 5 usando una mena diferente y añadiendo cantidades variables de peróxido de hidrógeno sin tiempo de acondicionamiento. Se diseñan para examinar peróxido de hidrógeno en cantidades suficientes para oxidar en exceso la mena. En otras palabras, las cantidades más altas de peróxido usadas deben también oxidar calcopirita y así hacerla hidrófila con los otros sulfuros. A 50, 80, 120 y 200 g/ton de peróxido, la ley de cobre alcanzó su máximo con 120 g/ton de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 200 g/t proporcionó resultados inferiores, que indican que tuvo lugar oxidación excesiva (véanse las Tablas 5 y 6, Figura 7).

**Tabla 5: Leyes del concentrado de cobre y oro y recuperaciones de oro y diluyente, al 86 % de recuperación de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Ley		Recuperación				
		Cu %	Au ppm	Au %	Mo %	As %	IS %	NSG %
16*	0	9,3	3,4	67,8	32,7	41,0	53,8	2,6
17	50	11,0	4,0	69,3	29,0	30,7	42,9	1,9
18	80	10,8	3,6	63,7	26,5	24,9	34,8	2,7
19	120	11,0	4,0	66,5	32,8	26,3	35,0	2,5
20	200	8,8	3,9	77,3	41,0	42,3	58,6	2,9

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Tabla 6: Recuperaciones de cobre y oro y leyes de oro y diluyente del concentrado, al 8 por ciento de ley de cobre del concentrado**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Recuperación		Ley				
		Cu %	Au %	Au ppm	Mo ppm	As ppm	IS %	NSG %
16*	0	89,6	74,4	3,0	629	2783	37,7	38,6
17	50	90,3	78,5	2,9	546	2118	30,8	45,6
18	80	90,7	74,8	2,8	507	1733	25,3	51,2
19	120	90,7	77,0	3,0	609	1864	25,5	51,0
20	200	90,7	83,7	3,5	685	2635	37,2	39,1

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Ejemplos 21 a 23:**

- 5 Se llevaron a cabo los Ejemplos 21 - 23 como se describe para los Ejemplos 1 - 5, usando una mena de cobre/oro diferente tras la trituración usando medios de acero forjado. Se usó etilxantato de sodio como colector y se añadió después de la trituración a 15 gramos por tonelada de mena. La pulpa se transfirió a la celda de flotación y se acondicionó durante dos minutos. La suspensión se acondicionó entonces adicionalmente con 35 gramos de etilxantato de sodio y 30 gramos por tonelada de la espuma POLYFROTH® H27 de Huntsman. La concentración deseada de peróxido de hidrógeno (0, 50 y 100 gramos por tonelada) se añadió a la alimentación de flotación y la flotación comenzó inmediatamente. Durante este conjunto de pruebas, no se añadió cal para ajustar el pH. La flotación tuvo lugar al pH natural de 8,1. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8 a continuación.

- 10 La adición de peróxido de hidrógeno aumentó el oxígeno disuelto en la alimentación de flotación, además de la respuesta de la mena a la flotación en general. El cobre acumulado y la recuperación de oro aumentaron el 2,6 y 7,0 %, respectivamente. También aumentó la ley de cobre el 1,5 %.

15 Al 73 % de recuperación de cobre y 50 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la ley de cobre aumentó el 3,5 % y la recuperación de sulfuros de arsénico y de hierro disminuyó el 3 y 0,7 %, respectivamente. Al 18 % de ley de cobre y 50 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la recuperación de cobre aumentó el 4,5 % y la recuperación de oro aumentó el 9,4 %.

**Tabla 7: Ley de cobre y oro, recuperación de oro, molibdeno y diluyentes, al 73 % de recuperación de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Ley		Recuperación					
		Cu %	Au ppm	Au %	Mo %	As %	S %	IS %	NSG %
21* Estándar	0	17,4	5,3	59,1	11,3	12,7	69,5	68,2	4,4
22	50	20,9	6,5	62,7	9,7	9,7	68,9	67,5	2,2
23	100	22,1	6,6	55,8	8,9	11,1	69,0	67,5	2,1

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

20

**Tabla 8: Recuperación de cobre y oro, ley de oro, molibdeno y diluyentes, al 18 % de ley de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Recuperación		Ley					
		Cu %	Au %	Au ppm	Mo ppm	As ppm	S %	IS %	NSG %
21* Estándar	0	72,2	58,1	5,5	78	125	15,0	19,6	57,8
22	50	76,7	67,5	5,7	84	110	15,1	19,7	57,8
23	100	77,8	61,5	5,5	89	131	14,8	19,1	58,3

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Ejemplos 24 a 29:**

- Se llevaron a cabo los Ejemplos 24 - 29 como se describe para los Ejemplos 1 - 5, usando diferentes oxidantes y una mena de cobre/oro diferente tras la trituración usando medios de acero forjado. La pulpa triturada se transfirió del molino de laboratorio a un celda de flotación de 5 litros y se mezcló durante dos minutos para homogeneizar la pulpa. La suspensión se aireó entonces durante 12 minutos a 10 l/min para coincidir con la demanda de oxígeno de la planta antes de la flotación. La pulpa se acondicionó entonces durante 2 minutos con 16,5 g/t de una mezcla de isopropiltiltionocarbamato de sodio y ditiofosfato y 5 gotas de la espuma IF52 (isobutilmetilcarbinol), ambos de Chemical & Mining Services Pty. Se recogieron cuatro concentrados cronometrados durante intervalos de 30 segundos, 1,5, 3,0 y 5,0 minutos, durante un tiempo de flotación total de 10 minutos. Cada concentrado se recogió a mano raspando la espuma de la superficie de la pulpa una vez cada 10 segundos. Se usaron los oxidantes H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y NaOCl a la misma velocidad de dosificación de O<sub>2</sub> molar, suponiendo los siguiente equivalentes de O<sub>2</sub> para los oxidantes: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 0,5, NaNO<sub>3</sub> = 0,5, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> = 0,5, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 1 y NaOCl = 0,25. Los oxidantes se añadieron a la alimentación de flotación y la flotación comenzó inmediatamente. La flotación se realizó al pH natural de 8,0, sin adición de cal. Los resultados se muestran en la Tabla 9 y la Figura 8.
- En general, la adición de oxidantes mejoró la ley de cobre del concentrado. Al 85 % de recuperación de cobre, la mejora en la ley de cobre del concentrado fue nada menos que el 5,0 % superior a sin oxidante.

- La Tabla 9 también ilustra ley de oro mejorada de hasta 5,1 ppm. Mientras que mejoraron las leyes del concentrado de cobre y oro al 85 % de recuperación de cobre, las recuperaciones de sulfuro de hierro fueron sustancialmente más bajas para todos los oxidantes probados. Además de mejorar la selectividad hacia el sulfuro de hierro, la adición de oxidante durante la flotación también produce menos ganga no de sulfuro (véase la Tabla 9).

**Tabla 9: Leyes del concentrado de cobre y oro y recuperaciones de oro y diluyente, al 85 % de recuperación de cobre**

Ejemplo	Oxidante	Ley		Recuperación			
		Cu %	Au ppm	Au %	S %	IS %	NSG %
24*	Ninguno	16,9	23,7	57,0	50,2	14,4	3,5
25	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	19,1	26,6	48,4	49,4	6,6	3,0
26	NaNO <sub>3</sub>	20,4	28,4	29,7	46,6	10,4	2,0
27	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	21,9	28,9	53,0	49,1	13,7	1,5
28	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	21,9	26,8	51,2	49,7	13,6	1,6
29	NaOCl	18,8	28,4	58,4	51,2	19,1	2,2

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Ejemplos 30 - 36:**

- Se llevaron a cabo los Ejemplos 30 - 36 como se describe para los Ejemplos 1 - 5, usando una mena diferente tras la trituración usando medios de acero forjado. Antes de la adición de reactivo, la alimentación de flotación se aireó durante 7 minutos para simular las condiciones de la planta. Se usó etilxantato de sodio como colector y se añadió después de triturar a 21 gramos por tonelada de mena. La pulpa se transfirió a la celda de flotación y se acondicionó durante dos minutos. La suspensión se mezcló con 5 gramos por tonelada de la espuma POLYFROTH® H27 de Huntsman. Durante este conjunto de pruebas, se añadió cal para ajustar el pH a un valor de 9,7. La cantidad deseada de peróxido de hidrógeno (0, 7,5, 15, 30, 60, 120 y 240 gramos por tonelada) se añadió a la alimentación de flotación y la flotación comenzó inmediatamente. Los resultados se muestran en las Tablas 10 y 11 y la Figura 9.
- A 120 g/t de peróxido de hidrógeno, la ley de cobre aumentó 1,8 puntos de porcentaje a una recuperación constante del 96 % frente al ejemplo sin adición, mientras que al 15 % de ley de cobre la recuperación ascendió 0,9 puntos de porcentaje. La ley de cobre alcanzó su máximo con una adición de 120 g/t de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y aumentar adicionalmente la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 240 g/t proporcionó resultados inferiores.

**Tabla 10: Leyes del concentrado de cobre y recuperación de diluyentes, al 96 % de recuperación de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Ley	Recuperación				
		Cu %	Zn %	Fe %	S %	IS %	NSG %
30*	0	12,9	78,4	26,7	34,1	15,5	9,5
31	7,5	13,7	67,4	27,2	32,5	18,5	8,3
32	15	13,8	67,8	26,9	33,5	15,5	8,9
33	30	13,5	64,4	26,6	33,2	16,4	9,0
34	60	13,7	72,0	27,8	33,6	14,9	9,2
35	120	14,7	71,8	27,2	33,2	15,7	6,5
36	240	13,5	67,4	27,0	32,5	14,0	8,6

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

**Tabla 11: Recuperaciones de cobre y leyes de diluyentes, al 15 % de ley de cobre**

Ejemplo	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> añadido, g/t	Recuperación	Ley		
		Cu %	Zn %	IS %	NSG %
30*	0	95,9	0,37	19,5	31,8
31	7,5	95,6	0,32	24,4	30,3
32	15	96,0	0,33	21,3	31,7
33	30	96,0	0,32	22,9	32,3
34	60	96,1	0,34	18,9	33,3
35	120	96,8	0,33	20,4	33,7
36	240	95,9	0,34	19,7	33,2

Nota: \*no según la invención, IS = sulfuro de hierro, NSG = ganga no de sulfuro

- 5 La Figura 10 muestra una representación de la concentración de oxígeno disuelto (DO) frente al logaritmo natural de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en kg/t de mena. La pendiente es relativamente plana hasta 0,12 kg/t y luego se vuelve mucho más empinada a medida que aumenta la cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> añadido.

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso de tratamiento de una mena de sulfuro metálico para separar un mineral deseado de una ganga que contiene sulfuro, que comprende:
- a) formar una pulpa suspendiendo la mena en agua y moler dicha mena; y
  - 5 b) enriquecer la pulpa en dicho mineral deseado por flotación por espuma, en el que se añade peróxido de hidrógeno a dicha pulpa en el plazo de 30 segundos antes de, o durante, el burbujeo de oxígeno o aire en dicha pulpa,
- en el que se determina una cantidad de peróxido de hidrógeno óptima añadida basándose en mediciones del contenido de oxígeno disuelto de la pulpa.
- 10 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho peróxido de hidrógeno se añade continuamente durante la flotación por espuma sin acondicionamiento previo de la pulpa con dicho oxidante.
3. El proceso de la reivindicación 1, en el que no se añade espuma, colector, depresor adicional o modificador del pH después de la adición de peróxido de hidrógeno.
- 15 4. El proceso de la reivindicación 1, en el que, antes de la adición a dicha pulpa, dicho peróxido de hidrógeno está en una disolución acuosa a una concentración del 0,5-20 % en peso.
5. El proceso de la reivindicación 1, en el que, antes de la adición a dicha pulpa, dicho peróxido de hidrógeno está en una disolución acuosa a una concentración del 0,5-5 % en peso.
6. El proceso de la reivindicación 1, en el que, antes de la adición a dicha pulpa, dicho peróxido de hidrógeno está en una disolución acuosa a una concentración del 0,5-1 % en peso.
- 20 7. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho peróxido de hidrógeno se añade sin ajuste del pH.
8. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho mineral deseado está enriquecido en la espuma formada por la flotación por espuma.
9. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho mineral deseado es un sulfuro de cobre.
- 25 10. El proceso de la reivindicación 9, en el que dicha ganga que contiene sulfuro es sulfuro de hierro.
11. El proceso de la reivindicación 9, en el que minerales no deseables tales como arsénico y bismuto se reducen en dicha pulpa concentrada como resultado del procedimiento de flotación por espuma.
12. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida es 0,01-0,5 kg/t de mena.
- 30 13. El proceso de la reivindicación 12, en el que la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida es 0,03-0,3 kg/t de mena.
14. El proceso de la reivindicación 1, en el que la cantidad óptima de peróxido de hidrógeno es 0,5 a 10 veces la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida en el punto de inflexión de una representación determinada representando el contenido de oxígeno disuelto frente al logaritmo natural de la cantidad de peróxido de hidrógeno añadida, siendo el punto de inflexión el punto donde hay un aumento brusco en la pendiente de la curva que resulta de la representación.
- 35

Fig. 1

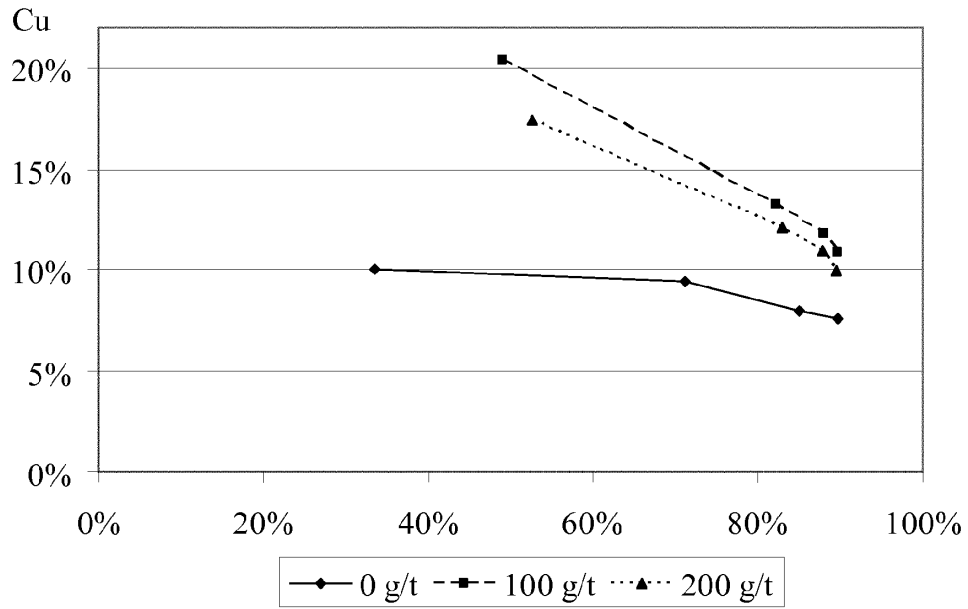


Fig. 2

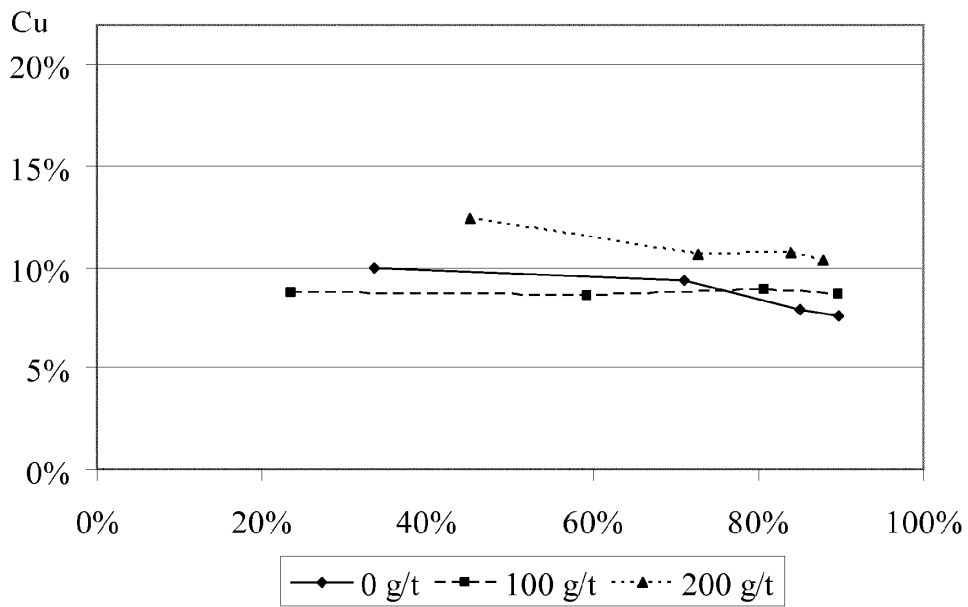


Fig. 3

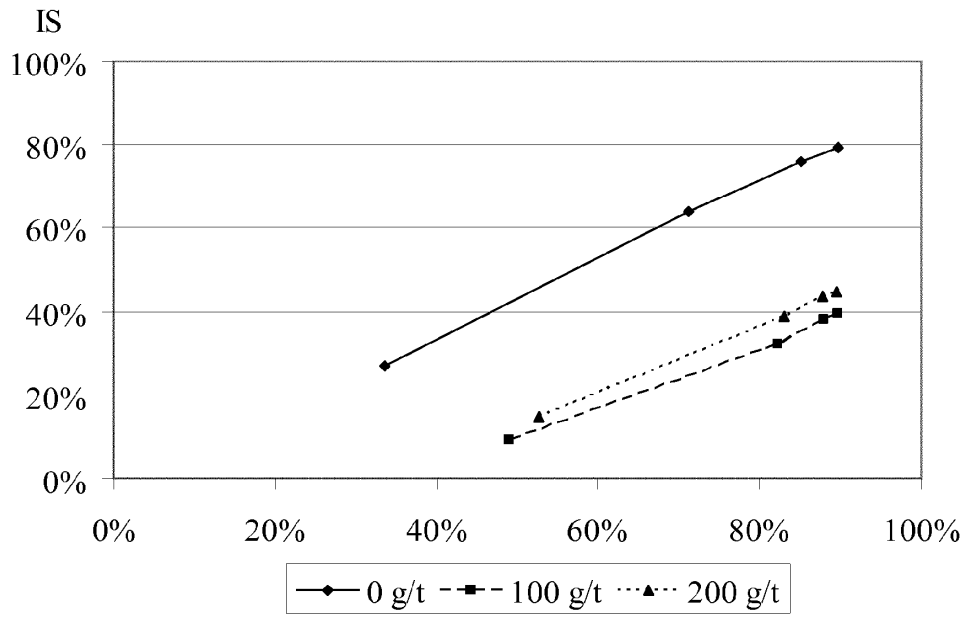


Fig. 4

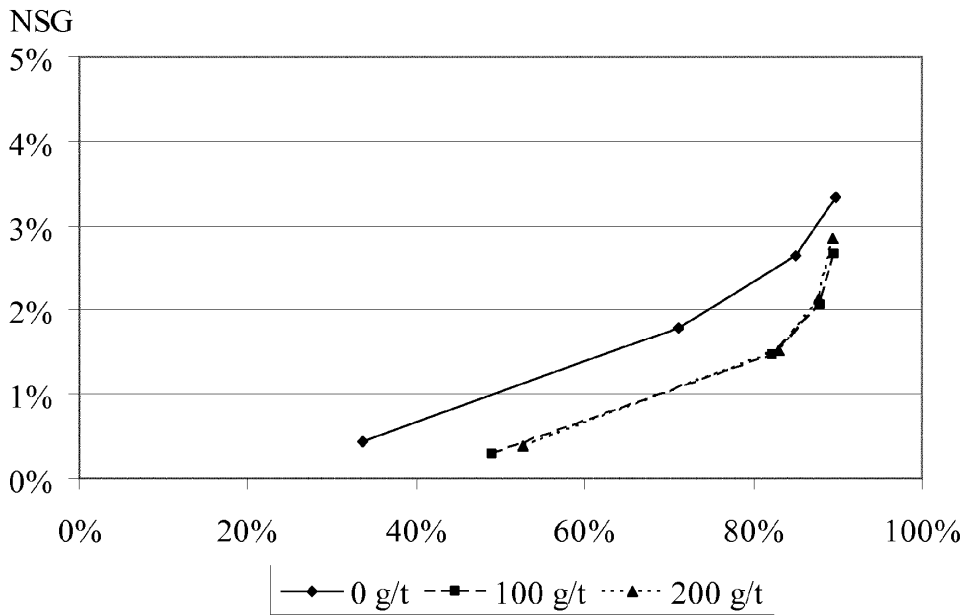


Fig. 5

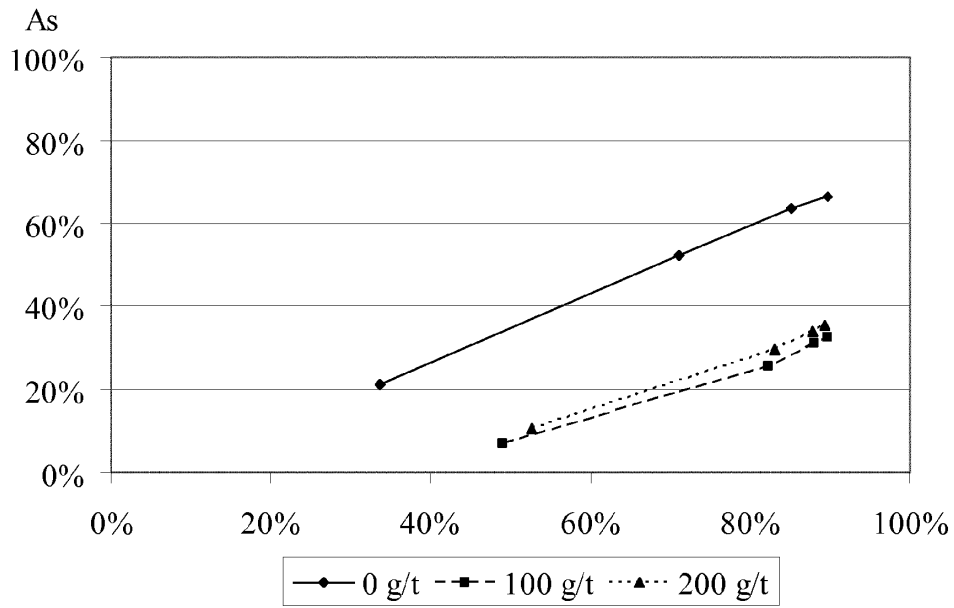


Fig. 6

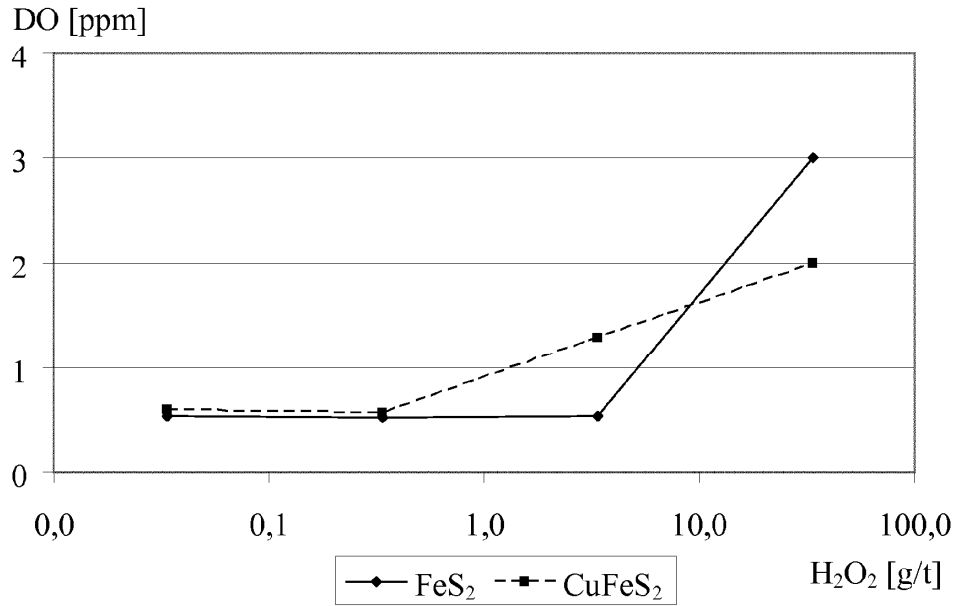




Fig. 7

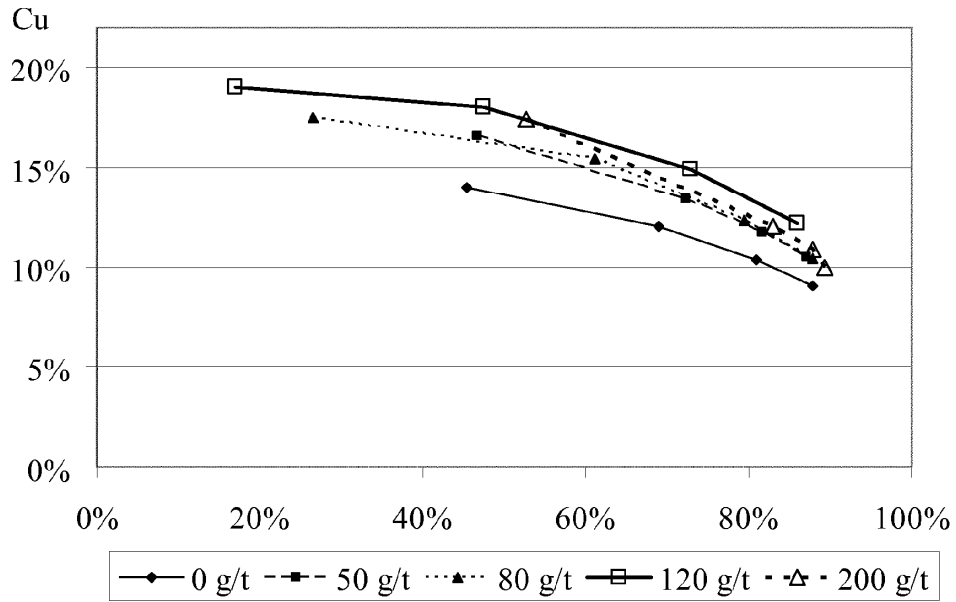


Fig. 8

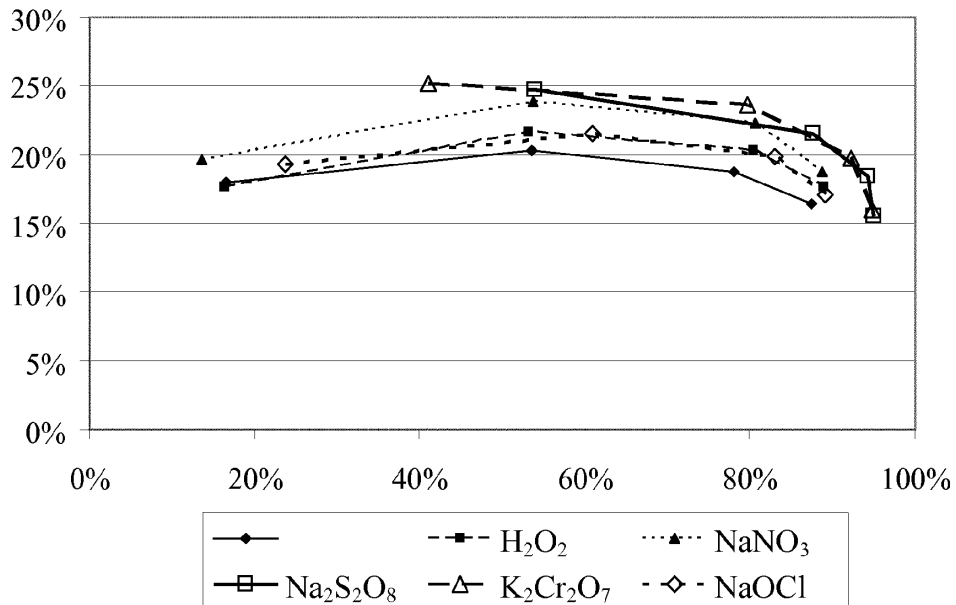


Fig. 9

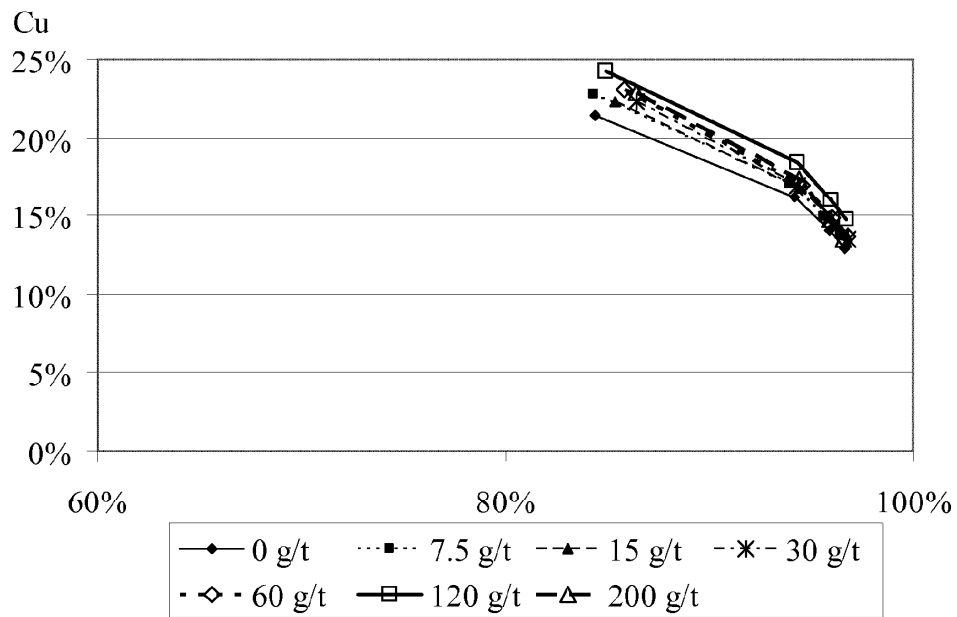


Fig. 10

