

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 930 228**

21 Número de solicitud: 202290002

51 Int. Cl.:

C22B 1/02 (2006.01)

C22B 3/04 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

C22B 23/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

08.07.2020

30 Prioridad:

11.07.2019 RU 2019121796

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.12.2022

71 Solicitantes:

**PUBLIC JOINT STOCK COMPANY "MINING AND
METALLURGICAL COMPANY "NORILSK
NICKEL" (50.0%)
ul. Morozova, d. 1, Dudinka
647000 Krasnoyarsky krai RU y
JOINT STOCK COMPANY "KOLA GMK" (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ZATITSKY, Boris Eduardovich;
DUBROVSKY, Vadim Lvovich y
KHOMCHENKO, Oleg Aleksandrovich**

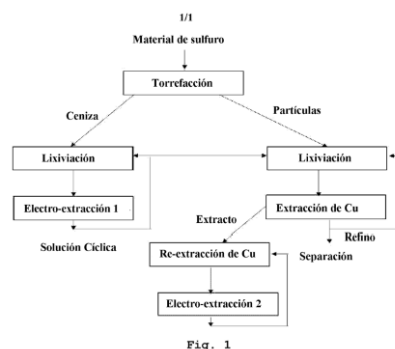
74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

54 Título: **MÉTODO PARA PROCESAR MATERIALES DE SULFURO DE COBRE Y NÍQUEL**

57 Resumen:

Un método para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel puede utilizarse en la metalurgia no ferrosa para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel. El procesamiento de materiales de sulfuro de cobre y níquel incluye la torrefacción por oxidación de un material para obtener cenizas, la lixiviación de las cenizas con una solución cíclica, la separación del residuo de lixiviación y la electro-extracción del cobre de la solución de lixiviación. La ceniza y las partículas generadas por la torrefacción se lixivian por separado. Las partículas se lixivian en un refino de cobre cíclico junto con la porción de solución separada de una línea de procesamiento de cenizas, consistiendo dicha porción en una porción de solución proporcionada a la lixiviación después de la electro-extracción de cobre. Se separa el residuo de lixiviación de partículas. El cobre se extrae por extracción por solvente de la solución de lixiviación de partículas, seguida de una electro-extracción separada del cobre a partir del re-extracto circulante. A continuación, se separa una parte del refino para enviarlo a un proceso de producción de níquel. El método permite mejorar las características de rendimiento del proceso, en particular el aumento de la extracción directa de cobre en un producto comercializable, la reducción de las pérdidas de cobre y otros componentes valiosos, y la reducción del procesamiento incompleto de metales no ferrosos y preciosos mediante la reducción de los ciclos del proceso.



ES 2 930 228 A2

DESCRIPCIÓN**MÉTODO PARA PROCESAR MATERIALES DE SULFURO DE COBRE Y NÍQUEL****5 Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de la industria de los metales no ferrosos, en particular a los métodos para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel, que pueden ser un concentrado de cobre procedente de la separación de la mata del convertidor de flotación o de la mata de cobre que contiene níquel, en particular la mata blanca.

Estado de la técnica

Se conoce un método para producir níquel y un concentrado de metales preciosos (PM) a partir de una mata de cobre y níquel, que incluye la lixiviación con una solución de cloruro, la precipitación del cobre a partir de la solución para obtener una torta de sulfuro de cobre, la extracción de un concentrado de PM y la electro-extracción del níquel a partir de la solución, en el que antes de la lixiviación, la mata del convertidor se separa en una fracción de sulfuro y una fracción metalizada, sometándose la fracción de sulfuro a la lixiviación con una solución de cloruro con suministro de cloro, realizándose la precipitación del cobre y la salida de este último en una torta de sulfuro de cobre mediante la adición de la fracción metalizada, que se obtiene por la separación de la mata de convertidor, a la pulpa obtenida por la lixiviación, la torta de sulfuro de cobre se torrefacta, la ceniza resultante se lixivia, la solución se envía para la electro-extracción de cobre, y el concentrado de PM y la cola de flotación se extraen del residuo por flotación, en la que, antes de la electro-extracción de níquel, la solución se purifica de hierro, zinc, cobre y cobalto (Patente RU2415956). El método del estado de la técnica tiene un inconveniente que consiste en la complejidad técnica del proceso de producción de cobre a partir de materiales contaminados con cloruros, los altos costos de operación y las pérdidas debidas al procesamiento de la fracción de sulfuro de la mata de níquel en el proceso de producción de níquel después de la extracción de la fracción metalizada.

El método describe un proceso de producción de níquel y de concentrado de PM a partir de una mata de convertidora de cobre y níquel y no es un método para la producción de cobre. Por lo tanto, el método no divulga las especificidades del proceso de producción de cobre,

en particular el procesamiento de soluciones de cobre contaminadas por impurezas (éstas se divulgan, en particular, en el arte previo más próximo). Los inconvenientes mencionados del método se estipulan por el hecho de que comprende el procesamiento de una combinación de componentes de sulfuro de cobre y níquel, así como la fracción metalizada de la mata de convertidor en el proceso de producción de níquel utilizando soluciones de cloro y cloruro. De esta forma, la torta de sulfuro de cobre, que se extrae del proceso de producción de níquel, contiene todo el cobre del componente de sulfuro de cobre y la mayor cantidad de PM de entre la mata de convertidor, residiendo el primero de ellos principalmente en su componente metalizado. La mayor parte de la PM de entre la cantidad de convertidor se suministra al proceso de producción de cobre con la torta de sulfuro de cobre, así como las impurezas consistentes en níquel y cloruros incompletamente eliminados, que son proporcionales a la cantidad de la torta de cobre. Los cloruros se convierten principalmente en gases de torrefacción y causan corrosión en los sistemas de procesamiento de gases de torrefacción. Los cloruros sobrantes en la ceniza se abren paso en el electrolito de cobre y dificultan la producción de cobre por electro-extracción.

Las grandes cantidades de níquel que se devuelven con la torta de sulfuro de cobre al proceso de producción de níquel a través del proceso de producción de cobre aumentan las pérdidas y los costos financieros y de explotación. La recuperación de PM a través del concentrado flotante extraído del residuo de lixiviación en el proceso de producción de cobre conduce a un aumento de las pérdidas y a un proceso de producción incompleto de PM. Por lo tanto, cuando se extrae la fracción magnética de la mata del convertidor de cobre y níquel, los concentrados de sulfuro de cobre y níquel se extraen simultáneamente de la misma para ser procesados por separado.

También se conoce un método para la extracción de cobre y níquel a partir de minerales de sulfuro, que incluye las etapas de torrefacción, preferentemente para obtener magnetita y sulfatos de cobre, por ejemplo, utilizando ácido sulfúrico, trióxido de azufre, sulfato metálico y/o dióxido de azufre combinado con oxígeno y luego, la lixiviación de la ceniza sulfatada y la extracción de cobre de la solución de lixiviación, por ejemplo, mediante electro-extracción. El cobre se disuelve principalmente por lixiviación, pero el níquel y el hierro solo se disuelven parcialmente. Después de la extracción del cobre, la solución que contiene níquel se devuelve a la etapa de torrefacción, con lo que toda la cantidad de níquel se extrae en el residuo de la lixiviación, que se transforma además en una aleación que contiene hierro, cobre y níquel (patente US 4585477). El método del arte previo tiene un inconveniente que

consiste en un esquema intrincado de torrefacción y un refinado complicado de los gases de torrefacción estipulados por el tratamiento de torrefacción de las soluciones de sulfato junto con las materias primas iniciales, siendo la cantidad de las primeras proporcional a la cantidad de sulfatos obtenidos por la torrefacción.

5

El estado de la técnica más próximo al método reivindicado en cuanto a la combinación de características y el resultado obtenido es un método para refinar el concentrado de cobre a partir de la separación por flotación de la mata de convertidor (Patente RU 2341573), incluyendo el método la torrefacción oxidante del concentrado de cobre, la lixiviación de la ceniza de cobre en electrolito circulante, la separación del residuo de lixiviación, la electro-extracción del cobre de las soluciones de lixiviación. De esta forma, el residuo de lixiviación en forma de pulpa gruesa se somete a la separación por flotación con extracción del concentrado PM y de la cola de flotación, que contiene principalmente metales no ferrosos, y que se convierte en mata de convertidor secundaria, y parte del electrolito se separa después de la electro-extracción del cobre y se somete a ebullición para alcanzar una concentración de ácido sulfúrico de 250-300 g/l, el sulfato de cobre se extrae de este último por cristalización y el ácido sulfúrico por extracción, enviándose estos dos a la lixiviación de la ceniza de cobre, en la que, tras la extracción ácida, el refino, que contiene principalmente níquel, se envía a un proceso de producción de níquel, y el concentrado de PM se envía a un proceso de refinado. El método del arte previo tiene inconvenientes tales como características mediocres de rendimiento del proceso y un nivel relativamente bajo de extracción directa de cobre en productos comercializables.

25

Resumen de la invención

Problema técnico

La presente invención está destinada a proporcionar un método para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel y extraer metales no ferrosos y preciosos.

30

El objeto de la invención reivindicada consiste en aumentar la extracción directa de cobre.

35

Medios para resolver el problema**Efectos ventajosos de la invención**

El resultado técnico logrado por la presente invención consiste en mejorar las características de rendimiento del procesamiento de materiales de sulfuro de cobre y níquel, en particular aumentando la extracción directa de cobre en producto comercializable, reduciendo las pérdidas de cobre y otros componentes valiosos, y reduciendo el procesamiento incompleto de metales no ferrosos y preciosos mediante la reducción de los ciclos de proceso.

El resultado técnico mencionado se logra en virtud del método para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel, incluyendo la torrefacción oxidante del material para obtener cenizas, la lixiviación de las cenizas con solución cíclica, la separación del residuo de lixiviación, la electro-extracción del cobre de la solución de lixiviación, en la que, según el método, las cenizas y las partículas generadas por la torrefacción se lixivian por separado, en el que las partículas se lixivian en un refinado de cobre cíclico junto con la porción de solución separada de la línea de procesamiento de la ceniza, consistiendo dicha porción en una porción de solución proporcionada a la lixiviación después de la electro-extracción del cobre, separando un residuo de la lixiviación de las partículas, extrayendo el cobre de la solución de la lixiviación de las partículas mediante la extracción por solventes, con la subsiguiente electro-extracción separada del cobre a partir del re-extracto circulante, separando luego una porción de refinado que se enviará a un proceso de producción de níquel.

De acuerdo con el método, como la porción separada de la línea de procesamiento de cenizas se utiliza una porción de solución después de la electro-extracción de cobre o una solución maestra de la cristalización de una porción de solución de lixiviación de cenizas.

Según el método, como material de sulfuro de cobre y níquel para ser procesado, se utiliza el concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor o de la mata de cobre que contiene níquel, en particular la mata blanca.

En el método reivindicado, el cobre se produce en dos líneas separadas, en las que la primera línea, que incluye la torrefacción y el procesamiento de cenizas, está destinada a producir cobre comercializable utilizando un esquema conocido de torrefacción, lixiviación y electro-extracción, y la segunda, que incluye el procesamiento de partículas procedentes de la torrefacción, está destinada a producir cobre comercializable utilizando un esquema conocido de lixiviación, extracción por solventes y electro-extracción.

El proceso de torrefacción de una materia prima (concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor o de la mata de cobre que contiene níquel, en particular la mata blanca) está asociado a un importante arrastre de partículas, que puede ascender hasta el 60% cuando se utiliza un horno de capa fluidizada. Por esta razón, el horno de capa fluidizada está provisto de un sistema de recolección de partículas de varias etapas. Las partículas procedentes del sistema de recolección de partículas se devuelven al horno para su torrefacción o se envían para su posterior procesamiento junto con la ceniza. La salida de partículas y sus características se definen por la implementación del hardware de la torrefacción, sus condiciones y la finura (tamaño de las partículas) del material sulfurado inicial. No es conveniente enviar las partículas finas, cuya salida está definida por la implementación del hardware y las condiciones de la torrefacción, de vuelta a la torrefacción, ya que volverán a salir rápidamente de la cámara de torrefacción.

Las ventajas del método reivindicado se basan en el hecho de que las partículas finas de las últimas etapas del sistema de recolección de partículas son un material torrefactado de manera incompleta, por lo que el nivel de transferencia de impurezas a la solución desde las partículas es significativamente mayor que desde la ceniza. Además, las partículas finas procedentes de las últimas etapas de la recolección de partículas se enriquecen aún más con las impurezas traza volátiles más dañinas. Teniendo en cuenta que las partículas finas procedentes de la torrefacción de materiales que contienen cobre son la fuente de la mayoría de los elementos de impureza que contaminan el cobre, como el níquel, el hierro y las impurezas traza, como el selenio, el telurio y el arsénico, la lixiviación separada de la ceniza y de las partículas finas procedentes de la torrefacción en líneas de proceso distintas, y la producción de cobre comercializable a partir de soluciones de lixiviación de partículas finas mediante la extracción selectiva de cobre, evitaría que el cobre comercializable se contaminara con impurezas y proporcionaría su alta calidad constante.

No se menciona en el método del arte previo más próximo, pero para un experto en la materia es evidente que la ceniza y las partículas de la torrefacción se procesan juntas, lo que provoca una contaminación adicional de las soluciones del proceso de producción de cobre con impurezas. En la invención reivindicada, las impurezas se acumulan mucho más lentamente en la línea de procesamiento de la ceniza sin partículas finas. Para mantener el contenido de impurezas a un nivel permisible, se separa una porción de electrolito para su reciclaje, por lo que, en la invención reivindicada, la cantidad de porción de solución de la línea de procesamiento de cenizas que se separa en función de la impureza dominante de

entre las posibles, como níquel, hierro, selenio, telurio, arsénico, etc., es menor que en el caso de la lixiviación de partículas finas y cenizas juntas, como se hace en el arte previo más próximo.

- 5 En el caso del procesamiento por separado de las partículas finas mediante el método reivindicado de lixiviación - extracción - electro-extracción, la contaminación del cobre comercializable con impurezas en la línea de procesamiento de las partículas se ve obstaculizada por la extracción selectiva del cobre, que proporciona un alto contenido admisible de impurezas en la solución procesada. La proporción de impurezas con respecto
10 al cobre en la parte separada del refino parece ser significativamente mayor que sin la extracción selectiva.

La novedad y la utilidad adicionales del método se estipulan mediante el reenvío de solo una porción de refino empobrecido en cobre al proceso de producción de níquel, lo que reduce
15 significativamente la cantidad de cobre que se reenvía al proceso de producción de níquel. Esto se explica por el hecho de que la parte de la solución enriquecida en cobre procedente de la línea de procesamiento de la ceniza, que se separa en función de la impureza dominante, no se extrae para su posterior procesamiento, sino que se envía a la lixiviación de partículas junto con refino cíclico. Después de la extracción, el contenido de cobre en el
20 refino es bajo, por lo que la porción de refino, que se separa para ser enviada al proceso de producción de níquel, contiene una pequeña cantidad de cobre - 1,5 - 2,0 g/l. Esto aumenta la proporción de impurezas con respecto al cobre en la solución que se separa para el proceso de producción de níquel, y se incrementa la extracción directa de cobre, con lo que se reducen las pérdidas de éste con el reciclaje. La extracción de cobre es una operación
25 estándar bastante simple (es ampliamente conocida y utilizada) y consume significativamente menos energía que el procesamiento de la porción separada de la solución como en el arte previo más próximo.

El método reivindicado para el procesamiento de productos de sulfuro de cobre y níquel
30 prevé la producción de cobre en líneas de procesamiento de cenizas y partículas separadas, que corresponden a su funcionamiento independiente en modos óptimos.

En una modalidad óptima, la cantidad de cobre enviada al proceso de producción de níquel se reduce aún más mediante la cristalización previa del sulfato de cobre de la parte
35 separada de la solución que circula a través de la línea de procesamiento de cenizas. El

sulfuro de cobre limpio extraído se disuelve en la solución circulante de la línea de lixiviación de la ceniza, y solo la solución maestra de la cristalización que está enriquecida con impurezas se remite a la disolución de partículas.

- 5 A diferencia del arte previo más próximo, se envía a cristalización la solución rica de la lixiviación, que está cerca del límite de solubilidad del cobre, y no la solución despojada de cobre después de la electro-extracción. A continuación, el enfriamiento con una ebullición mínima es suficiente para la extracción de sulfato de cobre. Esto se debe a que el enfriamiento reduce drásticamente la solubilidad de las sales. A diferencia del arte previo
- 10 más próximo, no es necesaria la extracción de ácido de la solución separada, y el cobre se extrae aún más de la solución maestra de la cristalización en la línea de lixiviación de partículas. A diferencia del arte previo más próximo, se reduce el consumo de energía para la ebullición y se omiten las operaciones de extracción de ácido. A diferencia del arte previo más próximo, la abundancia de cobre se retiene en la solución maestra de la cristalización
- 15 en comparación con las impurezas, lo que da como resultado un sulfato de cobre mucho más puro y la reducción del retorno parcial de las impurezas con el sulfato de cobre impuro al proceso de producción principal. Esto reduce la cantidad de soluciones a hervir.

- La producción de partículas de la torrefacción de materiales de sulfuro de cobre está
- 20 determinada por múltiples factores, en particular por las propiedades del material inicial, los modos de torrefacción, las especificidades estructurales del horno y los sistemas de recolección de partículas. En general, la producción de partículas puede superar la producción de cenizas. Sin embargo, la mayor parte de las partículas suele volver a la torrefacción, y solo la parte más pequeña capturada por un sistema de recolección de
- 25 partículas finas es rica en impurezas nocivas, en particular selenio, telurio o aquellas más solubles. La solubilidad del hierro y el níquel de las partículas es significativamente mayor que la de la ceniza. Normalmente, el nivel de salida de dichas partículas es del 5 al 20% de la salida de la ceniza. Es conveniente procesarlas en una línea separada.

- 30 Al igual que en el estado de la técnica más próximo, el concentrado de metales preciosos puede extraerse mediante un método de flotación a partir del residuo homogeneizado de la ceniza y la lixiviación de partículas, y la cola de flotación que comprende predominantemente metales no ferrosos puede procesarse en una mata de convertidor.

El método reivindicado puede utilizarse para procesar diversos materiales de sulfuro, en particular el concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor, la mata de cobre que contiene níquel o la mata blanca que es una mata de cobre después de la eliminación pirometalúrgica de la parte principal de hierro de la misma (conversión).

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 y 2 muestran un diagrama de proceso esquemático simplificado del procesamiento de materiales de sulfuro.

La Fig. 1 muestra un diagrama de proceso esquemático simplificado del procesamiento de material de sulfuro de la invención;

La Fig. 2 muestra un diagrama de proceso esquemático simplificado de una modalidad óptima del procesamiento de material de sulfuro de la invención.

Modalidades de la invención

Implementación del método inventivo.

Se describe la implementación del método inventivo para el procesamiento del concentrado de cobre a partir de la separación por flotación de la mata de convertidor como material inicial. Del mismo modo, el método puede implementarse para mata de cobre que contenga níquel, en particular mata blanca.

El concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor se torrefacta en un horno de capa fluidizada (FL) a una temperatura de la capa de material en ebullición de 870-930°C hasta que el residuo de azufre en la ceniza sea de aproximadamente 0,1%. Después de filtrar las partículas, los gases de torrefacción se envían a un proceso de producción de ácido sulfúrico. La torrefacción da lugar a cenizas y partículas finas enriquecidas hasta un 2,0% de azufre. La producción de partículas finas es del 15,5% de la producción de ceniza.

En la Fig. 1 se ilustra un diagrama esquemático simplificado del proceso inventivo. En el método intervienen dos líneas de producción de cobre: la electro-extracción 1 de la ceniza y la electro-extracción 2 de las partículas.

5 La ceniza se lixivia en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, es decir, la solución después de la electro-extracción de cobre 1. El residuo de la lixiviación de la ceniza se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de partículas. Tras la post-filtración, la solución de lixiviación de cenizas se envía a la electro-extracción de cobre 1. Los baños se abastecen de electrolito que se
10 obtiene mediante la homogeneización del líquido del filtro de post-filtración y del electrolito que se recupera de los baños. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos de aleación de plomo. Una parte del electrolito ácido recuperado de los baños se mezcla con el líquido de filtración posterior, otra parte se devuelve a la lixiviación de cenizas y otra parte se separa para la lixiviación de partículas.

15 Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian en una parte del refino de extracción de cobre junto con una parte separada del electrolito de la electro-extracción de cobre 1. El residuo de la lixiviación de las partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de la ceniza. El líquido de post-filtración de la
20 solución de lixiviación de partículas se envía a la extracción de cobre por medio de extracción por solventes. La extracción se lleva a cabo utilizando un extractante a base de oxima modificada (Acorga M5640 producido por Cytec InD, o su equivalente) con una concentración del 30 % en vol. en forma de solución en un diluyente de carbohidratos. El refino después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte
25 se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción del cobre se lleva a cabo utilizando la porción de electrolito que se recupera de los baños de la línea de electro-extracción 2 de cobre separada. El producto de la re-extracción se homogeneiza con la porción de electrolito recuperada de la línea de electro-extracción de cobre 2 separada y se suministra a los baños de electro-extracción de
30 cobre 2. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos de aleación de plomo. Una parte del electrolito ácido recuperado de los baños se mezcla con el producto de re-extracción, y otra parte se reenvía a la re-extracción de cobre.

El concentrado de PM se extrae utilizando un método de flotación a partir de la pulpa que resulta del lavado combinado de los residuos de la lixiviación de cenizas y partículas. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata de convertidor.

- 5 En una modalidad óptima, el método reivindicado comprende además la ebullición y la cristalización del sulfato de cobre de una parte de las soluciones de lixiviación de cenizas. Como tal, a la lixiviación de partículas se envía no la porción separada del electrolito recuperado de los baños de electro-extracción de cobre 1, sino la solución maestra de la cristalización del sulfato de cobre.

10

En la Fig. 2 se ilustra un diagrama de proceso esquemático simplificado de una modalidad óptima del procesamiento inventivo del concentrado de cobre a partir de la separación por flotación de la mata de convertidor. El método también incluye dos líneas de proceso de producción de cobre: electro-extracción 1 de la ceniza y electro-extracción 2 de las

15

La ceniza se lixivia en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, es decir, la solución después de la electro-extracción de cobre 1. El residuo de la lixiviación de la ceniza se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de partículas. Tras la post-filtración, la mayor parte de la solución de lixiviación de cenizas se envía a la electro-extracción de cobre 1. Una parte de la solución de lixiviación después de la post-filtración, que asciende al 3,5-4 %, se envía a la ebullición al vacío y a la cristalización del sulfato de cobre, que se realiza a temperatura ambiente. La cristalización da lugar a una solución maestra que se envía a la lixiviación de partículas, y a cristales de sulfato de cobre que se disuelven, y la solución se combina con la solución que se envía a la post-filtración. Los baños se abastecen de electrolito que se obtiene mediante la homogeneización del líquido del filtro de post-filtración y del electrolito que se recupera de los baños. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos de aleación de plomo. Se mezcla una parte del electrolito ácido recuperado de los baños con el líquido del filtro de post-filtración, y otra parte se devuelve a la lixiviación de cenizas.

20

25

30

Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian en una parte del refino de la extracción de cobre junto con la solución maestra de la cristalización del sulfato de cobre. El residuo de la lixiviación de las partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de la ceniza. El líquido de post-filtración de la

solución de lixiviación de partículas se envía a la extracción de cobre por medio de extracción por solventes. La extracción se lleva a cabo utilizando un extractante a base de oxi-oxima modificada (Acorga M5640 producido por Cytec InD, o su equivalente) con una concentración del 30 % en vol. en forma de solución en un diluidor de carbohidratos. El refino después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción de cobre se realiza utilizando la porción de electrolito que se recupera de los baños de la línea de electro-extracción 2 de cobre separada. El producto de la re-extracción se homogeneiza con la porción de electrolito recuperada de la línea de electro-extracción de cobre 2 separada y se suministra a los baños de electro-extracción de cobre 2. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos de aleación a base de plomo. Una parte del electrolito ácido recuperado de los baños se mezcla con el producto de re-extracción, y otra parte se reenvía a la re-extracción de cobre.

15 Ejemplos

Ejemplo 1. Implementación del método del arte previo más próximo

El concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor, que contiene en %: Cu - 70,7; Ni - 3,9; Fe - 3,9; S - 21,0, se torrefacta en un horno de capa fluidizada (FL) a una temperatura de capa fluidizada de 870-930°C hasta que el contenido de residuos de azufre en la ceniza es del 0,1%. Después de filtrar las partículas, los gases de torrefacción se envían a un proceso de producción de ácido sulfúrico. La torrefacción da como resultado una ceniza con la siguiente composición en %: Cu - 71,3; Ni - 3,9; Fe - 3,9; y partículas finas enriquecidas hasta un 2,0% de azufre, con la siguiente composición %: Cu - 68,7; Ni - 4,4; Fe - 4,4. La producción de partículas finas es del 15,5% de la producción de cenizas.

Las partículas y la ceniza se lixivian juntas a una temperatura de 70-80°C en una solución circulante después de la electro-extracción de cobre, con la siguiente composición en g/l Cu - 35; H₂SO₄ - 120. El residuo de la lixiviación se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación. Después de la post-filtración, la solución de lixiviación de cenizas, con la siguiente composición en g/l: Cu - 100; H₂SO₄ - 15, se envía a la electro-extracción de cobre. Los baños se abastecen de electrolito que se obtiene por homogeneización del líquido de filtración de post-filtración y del electrolito que se recupera de los baños. Utilizando una

densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 20; H₂SO₄ - 112. En un baño, la solución tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 20; H₂SO₄ - 120. Una parte del electrolito que se recupera de los baños se mezcla con el líquido del filtro de post-filtración, una parte se devuelve a la lixiviación de cenizas y otra se separa para su reciclaje. La cantidad de solución que se separa para su reciclaje viene determinada por el contenido máximo de níquel permitido en las soluciones circulantes, que es de 20 g/l, lo que supone 1,45 m³ por tonelada de cobre comercializable. Como tal, el contenido de hierro en las soluciones circulantes es de 2,4 g/l.

10

La parte separada del electrolito recuperado de los baños se condensa 3 veces para alcanzar una concentración de ácido de 360 g/l. El sulfato de cobre se enfría y se cristaliza. El sulfato de cobre se separa de la solución maestra y se envía a una línea de lixiviación de cenizas. El ácido sulfúrico se separa de la solución maestra mediante extracción por solventes. Se utiliza como extractor una mezcla que contiene en % por volumen: 30 - triálquilaminas de la fracción C7-C9, y 70 - alcohol isoocatil. La re-extracción ácida se realiza con agua. La extracción da como resultado un re-extracto con la siguiente composición, g/l: Cu - 0,4; Ni - 2,1; Fe - 0,2; H₂SO₄ - 135, que se devuelve a la lixiviación de la ceniza, y refino con la siguiente composición, g/l: Cu - 11,5; Ni - 32,5; Fe - 3,6; H₂SO₄ - 157, que se envía a un proceso de producción de níquel. La relación níquel/cobre en el refino que se envía al proceso de producción de níquel es de 2,8 t/t.

15

20

El concentrado de PM se extrae de la pulpa de los residuos de lixiviación de cenizas y partículas mediante un método de flotación. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata de convertidor.

25

La electro-extracción da lugar a cátodos de cobre comercializables, de grado M0k, según GOST 546-2001. Los cátodos de cobre no cumplen con el grado M00k más alto debido al contenido de selenio, que está normalizado para no ser superior al 0,00020%. La impureza de los cátodos de cobre está causada por el aumento de la transferencia de selenio a las soluciones desde las partículas de torrefacción que son ricas en selenio.

30

Ejemplo 2. Implementación del método inventivo

El concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor, que contiene, en %: Cu - 70,7; Ni - 3,9; Fe - 3,9; S - 21,0, se torrefacta en un horno de capa fluidizada (FL) a una temperatura de capa fluidizada de 870-930°C hasta que el contenido de residuos de azufre en la ceniza es del 0,1%. Después de filtrar las partículas, los gases de torrefacción se envían a un proceso de producción de ácido sulfúrico. La torrefacción da lugar a cenizas con la siguiente composición en %: Cu - 71,3; Ni - 3,9; Fe - 3,9; y partículas finas enriquecidas hasta un 2,0% de azufre, con la siguiente composición en %: Cu - 68,7; Ni - 4,4; Fe - 4,4. La producción de partículas finas es del 15,5% de la producción de cenizas.

De esta forma, el material inicial y las condiciones de su torrefacción, así como la cantidad y la calidad de la ceniza y las partículas, son los mismos que en el ejemplo 1.

La ceniza se lixivia a una temperatura de 70-80°C en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, que es la solución de la electro-extracción de cobre 1, con la siguiente composición, g/l Cu - 35; H₂SO₄ - 120. El residuo de la lixiviación de la ceniza se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de partículas. Después de la post-filtración, la solución de lixiviación de la ceniza, que tiene la siguiente composición, g/l: Cu - 100; H₂SO₄ - 15, se envía a la electro-extracción de cobre 1. Los baños se abastecen de electrolito que se obtiene mediante la homogeneización del líquido del filtro de post-filtración y del electrolito que se recupera de los baños. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro de los baños tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 112. La solución del baño tiene la siguiente composición, g/l: Cu - 35; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 120. Una parte del electrolito ácido recuperado de los baños se mezcla con el líquido del filtro de post-filtración; otra parte se devuelve a la lixiviación de cenizas, y otra parte se separa para la lixiviación de partículas. La cantidad de solución separada para la lixiviación de partículas era de 0,66 m³ por tonelada de cobre comercializable producido en la línea de procesamiento de cenizas. A través del contenido máximo de níquel permitido en las soluciones que circulan en la línea de procesamiento de cenizas, se determina que es de 20 g/l. Como tal, el contenido de hierro en las soluciones que circulan es de 1,4 g/l.

Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian a una temperatura de 70-80°C en una porción de refino de la extracción de cobre, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 2; Ni - 16; H₂SO₄ - 50, junto con la porción separada de electrolito de la línea de

procesamiento de cenizas (electro-extracción de cobre 1). El residuo de la lixiviación de partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de cenizas. El líquido filtrado de la post-filtración de la solución de la lixiviación de partículas, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 32; Ni - 16; H₂SO₄ - 3,5, se envía a la extracción de cobre por extracción por solventes. La extracción se realiza en tres etapas utilizando un extractor modificado a base de oxi-oxima (Acorga M5640 producido por Cytec InD, o su equivalente) con una concentración de 30 vol. en forma de solución en un diluidor de carbohidratos. El refinado después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción de cobre se lleva a cabo en dos etapas utilizando la porción de electrolito recuperada de los baños de electro-extracción de cobre separados 2. El re-extracto resultante, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 50; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 147, se homogeneiza con una porción de electrolito recuperado de los baños de electro-extracción separada de cobre 2 y se suministra a los baños de electro-extracción de cobre 2. Utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l Cu - 40; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 162. Parte del electrolito recuperado de los baños, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 170, se mezcla con el re-extracto, y otra parte se devuelve a la re-extracción del cobre.

La cantidad de refinado que se separa en el proceso de producción de níquel se determina por la consistencia del contenido de sal (contenido total de sulfatos) en las soluciones de la línea de procesamiento de partículas. La proporción de níquel y cobre en el refinado que se envía al proceso de producción de níquel es de 3,7 t/t.

El concentrado de PM se extrae mediante un método de flotación a partir de la pulpa que resulta del lavado combinado de los residuos de la lixiviación de cenizas y partículas. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata de convertidor.

La electro-extracción da lugar a cátodos de cobre comercializables, de grado M00k, según GOST 546-2001.

Ejemplo 3. Implementación del método inventivo

En una modalidad óptima, el método reivindicado comprende además la condensación y la cristalización del sulfato de cobre de una porción de soluciones de lixiviación de cenizas. En este caso, no se envía a la lixiviación de partículas la porción de electrolito recuperada de los baños de electro-extracción de cobre 1, sino la solución maestra de la cristalización del sulfato de cobre.

El material inicial y las condiciones de su torrefacción, así como la cantidad y la calidad de la ceniza y las partículas, son los mismos que en el Ejemplo 1.

- 10 La ceniza se lixivia a una temperatura de 70-80°C en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, que es la solución de la electro-extracción de cobre 1, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 35; H₂SO₄ - 120. El residuo de la lixiviación de la ceniza se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de partículas. Después de la post-filtración, la mayor parte de la solución de
- 15 lixiviación de la ceniza, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 100; H₂SO₄ - 15, se envía a la electro-extracción de cobre 1. Una parte de la solución de lixiviación después de la post-filtración, en la cantidad de 0,66 m³ por tonelada de cobre catódico producido en la línea de procesamiento de cenizas, se envía a la condensación al vacío y a la cristalización del sulfato de cobre, que se realiza a una temperatura de 20°C. La cristalización da lugar a
- 20 una solución maestra que tiene la siguiente composición en g/L: Cu - 42; Ni - 26; Fe - 1,8; H₂SO₄ - 20, que se envía a la lixiviación de partículas, y a cristales de sulfato de cobre, que se disuelven y se combinan con la solución que se proporciona para la post-filtración. Los baños se abastecen con el electrolito que se obtiene mediante la homogeneización del líquido de filtro de post-filtración y el electrolito que se recupera de los baños. Utilizando una
- 25 densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 112. La solución del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 120. Una parte del electrolito recuperado de los baños se mezcla con la solución de lixiviación, y otra parte se devuelve para la lixiviación
- 30 de la ceniza. La cantidad de solución que se envía para la condensación viene determinada por el contenido máximo de níquel permitido en las soluciones que circulan por las líneas de procesamiento de la ceniza, que es de 20 g/l. Como tal, el contenido de hierro en las soluciones que circulan es de 1,4 g/l.

Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian a una temperatura de 70-80°C en una porción de refino de extracción de cobre, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 2; Ni - 18; Fe - 2,0; H₂SO₄ - 50, junto con la solución maestra de la cristalización del sulfato de cobre. El residuo de la lixiviación de partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de cenizas. El líquido filtrado de la post-filtración de la solución de la lixiviación de partículas, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 32; Ni - 18; Fe - 2,0; H₂SO₄ - 3,5, se envía a la extracción de cobre por medio de extracción por solventes. La extracción se realiza en tres etapas utilizando un extractor modificado a base de oxi-oxima (Acorga M5640 producido por Cytec InD., o su equivalente) en forma de solución en un diluidor de carbohidratos, con una concentración de 30 % por vol. El refino después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción de cobre se lleva a cabo en dos etapas utilizando la porción de electrolito recuperada de los baños de electro-extracción de cobre separados 2. El re-extracto resultante, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 50; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 147, se homogeneiza con una porción de electrolito recuperado de los baños de electro-extracción separada de cobre 2 y se suministra a los baños de electro-extracción de cobre 2. Utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l Cu - 40; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 162. Parte del electrolito recuperado de los baños, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 8; Fe - 0,5; H₂SO₄ - 170, se mezcla con el re-extracto, y otra parte se devuelve a la re-extracción del cobre. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos insolubles de aleación a base de plomo utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m².

La cantidad de refino que se separará en el proceso de producción de níquel se determina por la consistencia del contenido de sal (contenido total de sulfatos) en las soluciones de la línea de procesamiento de partículas. La proporción de níquel y cobre en el refino que se envía al proceso de producción de níquel es de 9,1 t/t.

El concentrado de PM se extrae mediante un método de flotación a partir de la pulpa que resulta del lavado combinado de los residuos de la lixiviación de cenizas y partículas. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata de convertidor.

La electro-extracción da lugar a cátodos de cobre comercializables, de grado M00k, según GOST 546-2001.

Tabla

Ejemplo No.	Proporción de Ni/Cu en las soluciones enviadas al proceso de producción de níquel, t/t	Extracción directa de cobre en un producto comerciable, %	Tasa de condensación (cantidad de agua evaporada), m ³ por ton de cobre comercializable	Contenido de hierro en electrolito, g/l	Calidad del cobre comercializable, GOST 546-2001
1 (técnica previa más próxima)	2,8	96,7	0,98	2,4	M0k
2 (método inventivo)	3,7	97,65	N/A	1,4 y 0,5 en los bordes	M00k
3 (método inventivo)	9,1	97,9	0,12	1,4 y 0,5 en los bordes	M00k

5

En la tabla se comparan las distintas características cuantitativas del procesamiento del concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor. Aparentemente, dadas las mismas características cuantitativas de la torrefacción y la lixiviación del mismo material inicial, el método reivindicado aumenta la relación níquel-cobre en las soluciones que se envían al proceso de producción de níquel, lo que explica el aumento de la extracción directa de cobre en productos comercializables. En el método reivindicado, se reduce el contenido de hierro en los electrolitos de los baños de electro-extracción de cobre, lo que aumenta la relación entre el rendimiento de cobre y la corriente. El método reivindicado también reduce la relación de condensación, o evita completamente la necesidad de la misma. Además, según el método inventivo, se produce el cobre de mayor grado a partir del material inicial contaminado con impurezas.

10

15

Ejemplo 4. Implementación del método inventivo

Procesamiento de la mata de cobre-níquel de bajo contenido en hierro (mata blanca) producida por fundición en un horno Vanyukov (VF) y posterior conversión.

5

La mata blanca, que tiene la siguiente composición en %: Cu - 72,5; Ni - 3,7; Fe - 4,0; S - 19,3, se torrefacta en un horno de capa fluidizada (FL) a una temperatura de 850-880°C en la capa de material en ebullición hasta que el contenido de azufre residual en la ceniza es de aproximadamente 0,1%. Después de filtrar las partículas, los gases de torrefacción se

10 envían a un proceso de producción de ácido sulfúrico. La torrefacción da lugar a la ceniza, que tiene la siguiente composición en %: Cu - 72,0; Ni - 3,6; Fe - 4,0, y partículas finas, que tienen la siguiente composición en %: Cu - 70; Ni - 3,6; Fe - 3,9, y son ricas en azufre hasta el 2,0%. La producción de partículas finas es del 11,4% de la producción de ceniza.

15 La ceniza se lixivia a una temperatura de 70-80°C en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, que es la solución de la electro-extracción de cobre 1, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 35; H₂SO₄ - 120. El residuo de la lixiviación de la ceniza se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de partículas. Después de la post-filtración, la mayor parte de la solución de

20 lixiviación de la ceniza, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 100; H₂SO₄ - 15, se envía a la electro-extracción de cobre 1. Después de la post-filtración, una parte de la solución de lixiviación de 0,5 m³ por tonelada de cobre catódico producida en la línea de procesamiento de la ceniza se envía a la condensación al vacío y a la cristalización del sulfato de cobre, que se realiza a una temperatura de 20°C. La cristalización da lugar a una

25 solución maestra, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 42; Ni - 26; Fe - 2,4; H₂SO₄ - 21, que se envía a la lixiviación de partículas, y cristales de sulfato de cobre, que se disuelven y se combinan con la solución que se suministra a la post-filtración. Los baños se abastecen con el electrolito que se obtiene mediante la homogeneización del líquido del filtro de post-filtración y el electrolito que se recupera de los baños. Utilizando una densidad de

30 corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 112. La solución del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 20,0; H₂SO₄ - 120. Una parte del electrolito recuperado de los baños se mezcla con la solución de lixiviación, y otra parte se devuelve para la lixiviación de la ceniza. La

35 cantidad de solución que se envía a condensación viene determinada por el contenido

máximo de níquel permitido en las soluciones que circulan por las líneas de procesamiento de la ceniza, que es de 20 g/l. Como tal, el contenido de hierro en las soluciones que circulan es de 1,8 g/l.

- 5 Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian a una temperatura de 70-80°C en una porción de refino procedente de la extracción de cobre, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 2; Ni - 15; Fe - 1,5; H₂SO₄ - 50, junto con la solución maestra de la cristalización del sulfato de cobre. El residuo de la lixiviación de partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de cenizas. El
- 10 líquido filtrado de la post-filtración de la solución de lixiviación de partículas, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 32; Ni - 15; Fe - 1,5; H₂SO₄ - 3,7, se envía a la extracción de cobre mediante extracción por solvente. La extracción se realiza en tres etapas utilizando un extractor modificado a base de oxi-oxima (Acorga M5640 producido por Cytec InD., o su equivalente) en forma de solución en un diluidor de carbohidratos, con una concentración de
- 15 30 % por vol. El refino después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción de cobre se lleva a cabo en dos etapas utilizando la porción de electrolito recuperada de los baños de electro-extracción de cobre separados 2. El re-extracto resultante, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 50; Ni -
- 20 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ - 147, se homogeneiza con una parte del electrolito recuperado de los baños de electro-extracción de cobre 2 por separado y se suministra a los baños de electro-extracción de cobre 2. Utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ -
- 25 162. Parte del electrolito recuperado de los baños, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ - 170, se mezcla con el re-extracto, y otra parte se devuelve a la re-extracción del cobre. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos insolubles de aleación de plomo utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m².
- 30 La cantidad de refino que se separará en el proceso de producción de níquel se determina por la consistencia del contenido de sal (contenido total de sulfatos) en las soluciones de la línea de procesamiento de partículas. La proporción de níquel y cobre en el refino que se envía al proceso de producción de níquel es de 7,5 t/t.

El concentrado de PM se extrae mediante un método de flotación a partir de la pulpa que resulta del lavado combinado de los residuos de la lixiviación de cenizas y partículas. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata de convertidor.

- 5 La electro-extracción da lugar a cátodos de cobre comercializables, de grado M00k, según GOST 546-2001. La extracción directa de cobre fue del 97,4%.

Ejemplo 5. Implementación del método inventivo

- 10 Procesamiento de la mata de cobre-níquel producida por fundición en un horno Vanyukov (VF).

La mata de cobre, que tiene la siguiente composición en %: Cu - 58,5; Ni - 3,04; Fe - 14,2; S - 23,2, se torrefacta en un horno de capa fluidizada (FL) a una temperatura de 840-870°C en la capa de material en ebullición hasta que el contenido de azufre residual en la ceniza es de aproximadamente 0,5%. Después de filtrar las partículas, los gases de torrefacción se envían a un proceso de producción de ácido sulfúrico. La torrefacción da lugar a la ceniza, que tiene la siguiente composición en %: Cu - 60,2; Ni - 3,1; Fe - 14,6; y partículas finas enriquecidas hasta el 3,0% de azufre, que tienen la siguiente composición en %: Cu - 61,1; Ni - 3,2; Fe - 14,9. La producción de partículas finas es del 10,9% de la producción de ceniza.

La ceniza se lixivia a una temperatura de 70-80°C en una solución circulante de la línea de procesamiento de la ceniza, que es la solución de la electro-extracción de cobre 1, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 35; H₂SO₄ - 110. El hierro se precipita de la pulpa de lixiviación hasta que su contenido residual es de 2,0 g/l por exceso de ceniza mientras se airea la pulpa con oxígeno a un pH de 2,0-2,5. El residuo combinado de la lixiviación de la ceniza y la limpieza del hierro se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de las partículas. Después de la post-filtración, la mayor parte de la solución de lixiviación de la ceniza, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 97; H₂SO₄ - 0, se envía a la electro-extracción de cobre 1. Después de la post-filtración, una parte del líquido de filtración (en la cantidad de 0,8 m³ por tonelada de cobre catódico producido en la línea de procesamiento de la ceniza) se envía a la condensación al vacío y a la cristalización del sulfato de cobre, que se realiza a la temperatura de 20°C. La cristalización da lugar a una solución maestra, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu

- 40; Ni - 2,8; Fe - 4,0; H₂SO₄ - 0, que se envía a la lixiviación de partículas, y cristales de sulfato de cobre, que se disuelven y se combinan con la solución que se suministra a la post-filtración. Los baños se abastecen con el electrolito que se obtiene mediante la
 5 homogeneización del líquido del filtro de post-filtración y el electrolito que se recupera de los baños. Utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 15,0; H₂SO₄ - 102. La solución del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 15,0; H₂SO₄ - 110. Una parte del electrolito recuperado de los baños se mezcla con la solución de lixiviación, y otra parte se
 10 devuelve para la lixiviación de la ceniza. La cantidad de solución enviada a la condensación fue de 0,8 m³ por tonelada de cobre comercializable producido en la línea de procesamiento de cenizas. Dicha cantidad se determina según la cantidad de soluciones que se generan durante el lavado combinado de residuos de lixiviación de cenizas y partículas. En este caso, el contenido de níquel en las soluciones que circularon en la línea de procesamiento
 15 de la ceniza fue de 15 g/l.

Las partículas procedentes de la torrefacción se lixivian a una temperatura de 70-80°C en una porción de refino de la extracción de cobre, que tiene la siguiente composición en g/l Cu - 2; Ni - 27; Fe - 9,7; H₂SO₄ - 50, junto con la solución maestra de la cristalización del sulfato
 20 de cobre. El residuo de la lixiviación de partículas se condensa y se envía al lavado con agua y a la flotación junto con el residuo de la lixiviación de cenizas. El líquido filtrado de la post-filtración de la solución de la lixiviación de partículas, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35,8; Ni - 27; Fe - 9,7; H₂SO₄ - 3,5, se envía a la extracción de cobre mediante extracción por solvente. La extracción se lleva a cabo en tres etapas utilizando un extractor
 25 modificado a base de oxi-oxima (Acorga M5640 producido por Cytec InD., o su equivalente) en forma de solución en un diluidor de carbohidratos, con una concentración de 30 % por vol. El refino después de la extracción de cobre se devuelve a la lixiviación de partículas, y su parte se separa del proceso de producción de cobre y se reenvía a un proceso de producción de níquel. La re-extracción de cobre se lleva a cabo en dos etapas utilizando la
 30 porción de electrolito recuperada de los baños de electro-extracción de cobre separados 2. El re-extracto resultante, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 45,5; Ni - 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ - 154, se homogeneiza con una porción de electrolito recuperado de los baños de electro-extracción separada de cobre 2 y se suministra a los baños de electro-extracción de cobre 2. Utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m², se produce cobre
 35 comercializable en los baños con ánodos de aleación de plomo. La solución de suministro

del baño tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 40; Ni - 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ - 162. Parte del electrolito recuperado de los baños, que tiene la siguiente composición en g/l: Cu - 35; Ni - 10; Fe - 1,0; H₂SO₄ - 170, se mezcla con el re-extracto, y otra parte se devuelve a la re-extracción del cobre. El cobre comercializable se produce en baños con ánodos insolubles de aleación de plomo utilizando una densidad de corriente de 270-300 A/m².

La cantidad de refinado que se separará en el proceso de producción de níquel se determina por la consistencia del contenido de sal (contenido total de sulfatos) en las soluciones de la línea de procesamiento de partículas. La proporción de níquel y cobre en el refinado que se envía al proceso de producción de níquel era de 13,5 t/t.

El concentrado de PM se extrae mediante un método de flotación a partir de la pulpa que resulta del lavado combinado de los residuos de la lixiviación de cenizas y partículas. Las colas de flotación se envían a un proceso secundario de producción de mata convertida.

La electro-extracción da lugar a cátodos de cobre comercializables, de grado M00k, según GOST 546-2001. La extracción directa de cobre fue del 94,0%.

La menor extracción se explica por el alto contenido de hierro en el material inicial. En el curso de la lixiviación de cenizas y partículas, una parte del cobre permanece en el residuo de lixiviación en forma de ferritas resistentes a la disolución que se generan durante la torrefacción. Al mismo tiempo, se transfiere mucho hierro a la solución, que vuelve a precipitarse por medio de la ceniza. Así, una cantidad adicional de cobre de la ceniza permanece en el residuo insoluble.

De esta forma, el método reivindicado para el procesamiento de materiales de sulfuro de cobre y níquel permite mejorar las características de rendimiento del procesamiento de materiales de sulfuro de cobre y níquel, aumentar la extracción directa de cobre en un producto comercializable, reducir las pérdidas de cobre y otros componentes valiosos, y reducir el procesamiento incompleto de metales no ferrosos y preciosos mediante la reducción de los ciclos del proceso.

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesar materiales de sulfuro de cobre y níquel, incluyendo el método la torrefacción por oxidación de un material para obtener cenizas, la lixiviación de las cenizas con una solución cíclica, la separación del residuo de la lixiviación, la electro-extracción de cobre de la solución de lixiviación, caracterizado porque las cenizas y las partículas generadas por la torrefacción se lixivian por separado, en el que las partículas se lixivian en un refino de cobre cíclico junto con la porción separada de solución de una línea de procesamiento de cenizas, consistiendo dicha porción en una porción de solución proporcionada a la lixiviación después de la electro-extracción de cobre; y la separación de un residuo de la lixiviación de partículas, extrayendo el cobre de la solución de la lixiviación de partículas mediante extracción por solventes, con la posterior electro-extracción separada del cobre a partir del re-extracto circulante, separando entonces una porción del refino que se enviará a un proceso de producción de níquel.
2. El método de la reivindicación 1, caracterizado porque la solución maestra procedente de la cristalización de una porción de solución procedente de la lixiviación de cenizas se utiliza como la porción separada de la solución de la línea de procesamiento de cenizas.
3. El método de las reivindicaciones 1, 2, caracterizado porque el concentrado de cobre procedente de la separación por flotación de la mata de convertidor, o de la mata de cobre que contiene níquel, en particular la mata blanca, se utiliza como materiales de sulfuro de cobre y níquel a procesar.

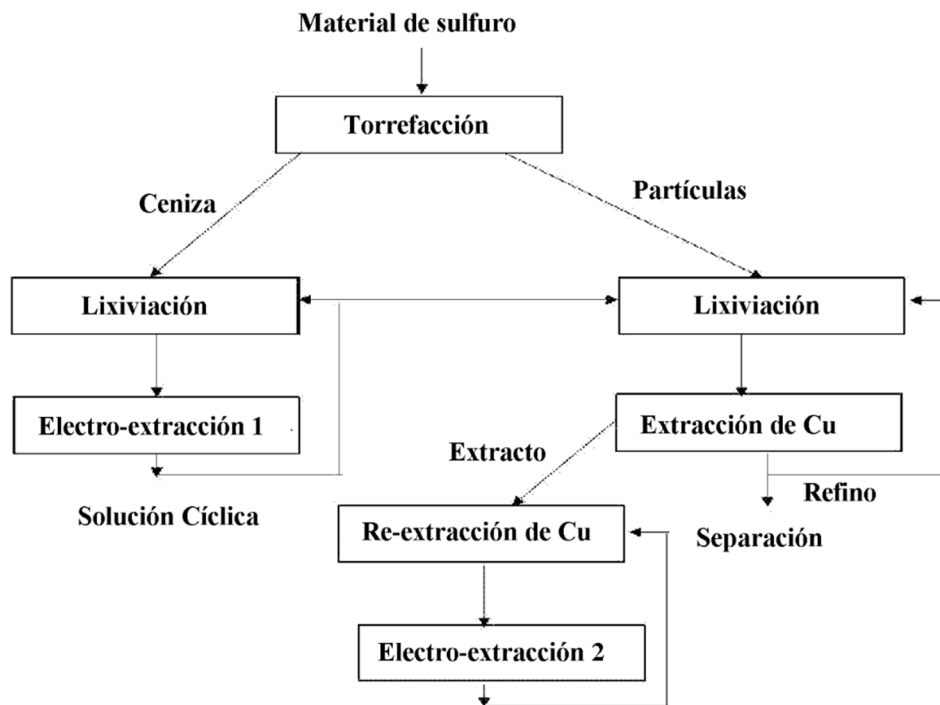


Fig. 1

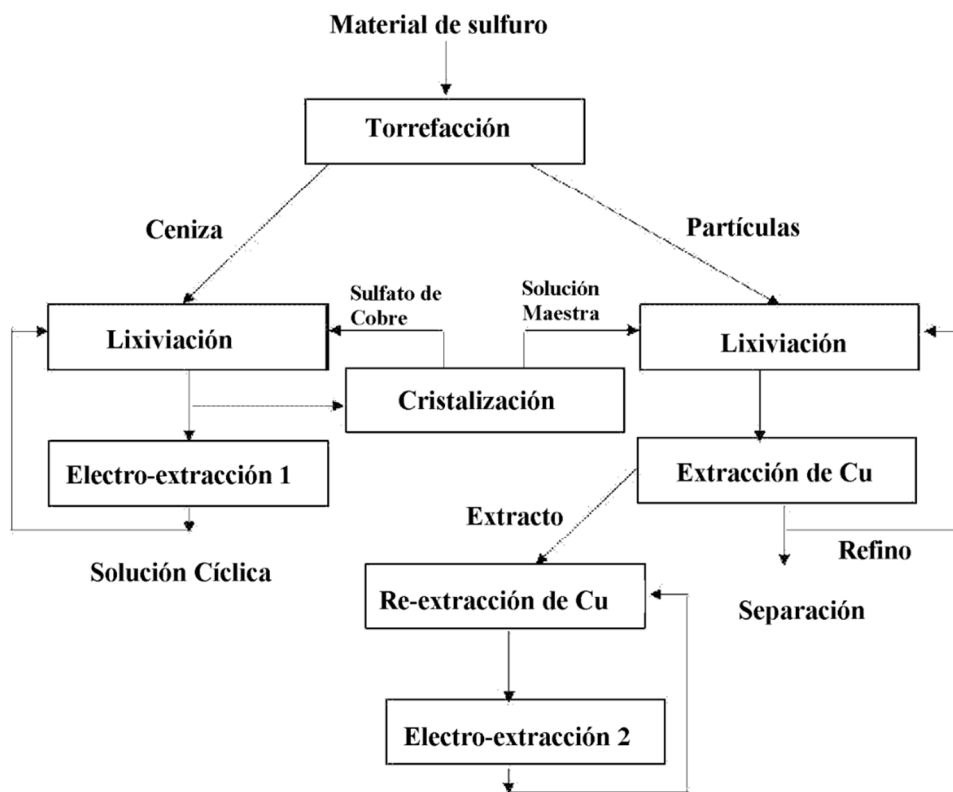


Fig. 2