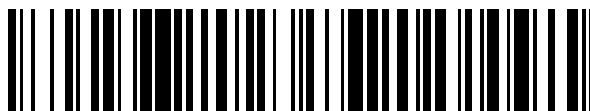


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 362**

51 Int. Cl.:

C22B 15/14 (2006.01)

C22B 1/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2010** **PCT/SE2010/050358**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2010** **WO10117321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2010** **E 10761931 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018** **EP 2417274**

54 Título: **Método de refinación de lingote de cobre que comprende antimonio y/o arsénico**

30 Prioridad:

05.04.2009 SE 0950219

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

28.03.2018

73 Titular/es:

BOLIDEN MINERAL AB (100.0%)

Box 71

936 81 Boliden, SE

72 Inventor/es:

BODÉN, LARS GÖRAN y

LÖVGREN, MIKAEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 661 362 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

Método de refinación de lingote de cobre que comprende antimonio y/o arsénico

5 La presente divulgación se refiere a un procedimiento de refinación de un lingote de cobre que comprende antimonio y/o arsénico en una cantidad tal que es difícil extraer metales valiosos del lingote usando procedimientos metalúrgicos convencionales. La presente divulgación también se refiere a un método de reducción del contenido de antimonio en un lingote de cobre.

10 Antecedentes

El cobre se puede producir a partir de minerales que contienen cobre, por ejemplo mediante fusión o fundición instantánea en un horno eléctrico. Durante la fundición en el horno se forma una capa superior de escoria y una capa inferior de mata de cobre. La mata de cobre se transfiere a un convertidor en el que se forma el cobre blíster. El cobre blíster puede refinarse adicionalmente mediante electrólisis dando cobre elemental esencialmente puro.

15 Además del cobre, los minerales contienen otros metales valiosos, tales como oro, plata, platino y paladio. Estos metales valiosos se pueden extraer, por ejemplo, del procedimiento durante la electrólisis del cobre anódico. Los metales valiosos se recogen en el lodo formado durante la electrólisis. El lodo se retira y se trata, por ejemplo, mediante lixiviación a presión seguida de la fusión y refinación del residuo de lixiviación.

Además, muchos minerales que contienen cobre también comprenden cantidades significativas de arsénico y antimonio, además de otros elementos. Sin embargo, el arsénico y el antimonio presentan problemas cuando se van a extraer el cobre y los otros metales valiosos en los minerales. La presencia de impurezas de arsénico y antimonio conduce a una acumulación de estos metales en el procedimiento de refinación de cobre y también puede causar problemas medioambientales en el procedimiento de refinado si no se manejan adecuadamente. Además, el arsénico y el antimonio pueden causar problemas relacionados con la impureza durante el procedimiento y estar presentes en los metales extraídos. Por lo tanto, es importante poder eliminar en el procedimiento tanto arsénico y antimonio como sea posible, tan pronto como se pueda.

30 Durante la fundición de un mineral de cobre, se forma una fase de cobre rica en metales valiosos y que también puede ser rica en antimonio y arsénico. Esta fase se denomina mata y a menudo comprende el 10% de Fe, el 20% de S y al menos aproximadamente el 50% de Cu.

35 Además, también pueden formarse diversos tipos de lingotes de cobre. Un ejemplo es speiss que generalmente comprende en peso, dependiendo de las materias primas y del procedimiento usado, aproximadamente el 40-60% de Cu, el 5-15% de Fe, el 6-10% de As y el 6-10% de Sb.

40 Para poder extraer por completo esencialmente todos los valores metálicos de un lingote de cobre por métodos convencionales es importante eliminar tanto arsénico y antimonio como sea posible. El lingote de cobre puede tratarse mediante métodos hidrometalúrgicos, tales como lixiviación y lixiviación a presión. También se puede tratar por métodos pirometalúrgicos, tales como tostación cloridizante, sulfuración y adición de Na_2S .

45 El documento US 2003/0192404 divulga un procedimiento para el tratamiento o la eliminación de impurezas, tales como arsénico, antimonio o bismuto, generadas como subproductos durante la fundición y refinación de concentrados de cobre. El mineral o concentrado de cobre que también contiene hierro y una fuente de iones de bisulfato o sulfato se somete a oxidación a presión a una temperatura y presión elevadas en presencia de oxígeno y una solución ácida que contiene iones haluro. Los subproductos se someten a la oxidación a presión junto con el mineral o concentrado para obtener un fango pasta de oxidación a presión resultante que contiene cobre y un compuesto del elemento.

50 El documento US 4.891.061 divulga un procedimiento de separación de arsénico y antimonio de los speiss mediante una operación de tostación. El arsénico y el antimonio se volatilizan a partir del speiss por la tostación en presencia de una fuente de azufre y de una fuente de carbono. El humo de la operación de tostación se pone en contacto con agua a una temperatura y presión elevadas para separar selectivamente el arsénico del antimonio. El speiss tostado se añade al circuito de cobre para recuperar el cobre, la plata y otros metales presentes en el mismo.

55 El documento US 4.612.171 divulga un método de recuperación de valores metálicos a partir de materiales que contienen cobre y/o que contienen metales preciosos que también contienen antimonio y/o bismuto en cantidades tan altas como para hacer difícil o imposible el trabajo de los materiales con procedimientos metalúrgicos convencionales. El material se somete a un procedimiento de volatilización de cloración para llevar el contenido de antimonio y/o bismuto del material a un nivel aceptable para el trabajo continuo del material en etapas de procedimiento convencionales. El procedimiento de cloración puede llevarse a cabo, por ejemplo, en concentrados sulfídicos u oxídicos, mata, speiss, productos intermedios oxídicos y metálicos.

60

El documento JP 59059844 propone eliminar impurezas en cobre fundido que contienen altas concentraciones de antimonio y arsénico mediante el soplado de un fundente en polvo de CaCO_3 y Na_2CO_3 .

El documento 5.849.061 divulga un método de refinación de cobre blíster de alta impureza dando cobre de calidad anódica mediante fundente de carbonato sódico durante la etapa de oxidación de una fase de refinación del cobre blíster para eliminar el antimonio y el arsénico mientras también se elimina el azufre y el hierro. Posteriormente, se realiza la inyección de hexafluoruro de azufre en la etapa de desoxidación de una fase de refinación del cobre blíster para eliminar el bismuto.

El documento WO 03/025236 divulga un método para producir cobre blíster o mata de alto grado en un reactor de fundición directamente desde un material que contiene concentrado de cobre sulfídico y/o una mata de cobre finamente molida, por lo que el gas que contiene oxígeno, el concentrado de cobre y/o la mata de cobre finamente molida se alimentan en el reactor donde la actividad de la cal en la escoria formada es alta para aumentar la formación de escoria de arsénico y antimonio.

El documento JP 2003003220 divulga un fundente usado para eliminar impurezas que contienen As y Sb de un ánodo de cobre bruto en un procedimiento de electrorrefinación de cobre de la fundición de cobre.

Los procedimientos anteriormente identificados para la eliminación de arsénico y antimonio pueden ser a menudo costosos y/o complicados. Por lo tanto, también es bastante común que ciertas formas de lingote de cobre que comprenden altos contenidos de antimonio se acumulen, lo cual es desafortunado por razones medioambientales y porque contienen altos valores metálicos. Por lo tanto, es deseable desarrollar un nuevo procedimiento para el tratamiento de lingote de cobre que comprenden antimonio y/o arsénico en cantidades tales que haga difícil o incluso imposible el procedimiento metalúrgico del procedimiento convencional para la extracción de metales valiosos.

Sumario

El objeto de la presente invención es permitir la extracción de tantos valores metálicos de un lingote de cobre que comprende altas cantidades de antimonio y/o arsénico como sea posible. En la presente divulgación, se considerará que es una alta cantidad de antimonio y arsénico una cantidad que haga difícil o incluso imposible la extracción de metales valiosos del lingote en procedimientos metalúrgicos convencionales.

Este objeto se logra mediante un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones independientes 1 y 17. En las reivindicaciones dependientes se proporcionan realizaciones preferidas.

La presente invención constituye un método rentable para eliminar especialmente el antimonio a partir de un lingote de cobre que a su vez permite la extracción de los valores metálicos del lingote de cobre por métodos convencionales.

De conformidad con la presente invención, un lingote de cobre que comprende antimonio y/o arsénico se refina mediante un procedimiento que comprende dos etapas metalúrgicas del procedimiento separadas. En la primera etapa, los elementos con alta afinidad al antimonio y/o al arsénico, especialmente el hierro, se eliminan del lingote de cobre mediante conversión selectiva de estos elementos. Los elementos con alta afinidad al antimonio y al arsénico se transfieren durante esta etapa a una primera escoria y se unen al mismo. La primera escoria se retira después de la superficie de la masa fundida antes de la siguiente etapa, por ejemplo, mediante raspado o vertido. La primera escoria es preferentemente una escoria de fayalita.

En la segunda etapa, el antimonio y el arsénico se oxidan y se unen en una segunda escoria a base de óxido de plomo, preferentemente una escoria de silicato de plomo. La segunda escoria se forma mediante la adición de un componente que contiene plomo, tal como PbO . El componente que contiene plomo puede ser también, por ejemplo, un material de desecho que contiene plomo. La segunda etapa se repite preferentemente una pluralidad de veces.

La primera y/o segunda etapa pueden llevarse a cabo bajo agitación de gas. Las etapas también se pueden realizar adecuadamente en el mismo horno, por ejemplo un horno giratorio.

Descripción detallada

En la presente divulgación, debe considerarse el término lingote de cobre en su sentido más amplio y, por lo tanto, incorpora, entre otras cosas, aleaciones a base de en cobre, cobre blíster y speiss.

La presente invención se basa en la idea de oxidar arsénico y antimonio dando una escoria de silicato de plomo. Sin embargo, se ha encontrado que la formación de una escoria de silicato de plomo capaz de aglutinar una cantidad suficiente de arsénico y antimonio se hace difícil debido a la presencia de elementos con alta afinidad a arsénico y antimonio, especialmente hierro, en el lingote de cobre. Se cree que el hierro obstruye la formación de una escoria de silicato de plomo reduciendo el plomo hasta la fase metálica.

Para superar este problema, el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende dos etapas metalúrgicas de procedimiento separadas. En la primera etapa, se eliminan elementos que tienen alta afinidad al arsénico y antimonio o al menos se reducen significativamente, del lingote de cobre mediante conversión selectiva de estos elementos. Las condiciones específicas, tales como el tiempo, la temperatura y la adición de aditivos formadores de escoria, requeridas para esta primera etapa, depende de la materia prima usada, es decir, la composición del lingote de cobre. Sin embargo, estas condiciones específicas pueden ser determinadas fácilmente por el experto en la materia a través de simples pruebas rutinarias. La escoria formada durante la primera etapa se retira antes de la siguiente etapa.

Durante la segunda etapa, el antimonio y el arsénico se oxidan dando una escoria a base de óxido de plomo, preferentemente una escoria de silicato de plomo. La escoria a base de óxido de plomo se forma mediante la adición de un componente que contiene plomo, tal como óxido de plomo. También es posible que el componente que contiene plomo sea un desecho que contiene plomo.

Las condiciones específicas requeridas para esta segunda etapa metalúrgica del procedimiento pueden determinarse por el experto en la materia mediante simples pruebas rutinarias. Sin embargo, debe observarse que la segunda etapa puede repetirse preferentemente para conseguir el resultado deseado, es decir, el grado deseado de pureza del lingote de cobre resultante.

Se ha encontrado que la presente invención proporciona un procedimiento eficiente para eliminar especialmente el antimonio, pero también el arsénico, de un lingote de cobre.

Se ha descubierto, de acuerdo con la presente invención, que es posible oxidar antimonio y arsénico a una escoria de silicato de plomo en donde los elementos que tienen alta afinidad al antimonio y/o al arsénico se eliminan primero o al menos se reducen significativamente del lingote. Es especialmente importante eliminar el hierro, que tiene una alta afinidad al antimonio. La eliminación del hierro se puede conseguir formando una escoria de fayalita en la que se une el hierro. Para facilitar la formación de dicha escoria, se realiza adecuadamente una adición de sílice. La adición de sílice puede ser, por ejemplo, en forma de arena. La escoria de fayalita se elimina antes de la oxidación del antimonio y del arsénico a la escoria a base de óxido de plomo.

De acuerdo con una realización de la invención se añade sosa a la masa fundida además de la sílice durante la primera etapa metalúrgica del procedimiento para facilitar la conversión.

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, se añade óxido de cobre a la masa fundida durante la primera etapa metalúrgica del procedimiento para facilitar la conversión y aumentar el contenido de cobre de la masa fundida metálica.

De acuerdo con otra realización de la invención, se añade sílice y/o sosa a la masa fundida durante la segunda etapa metalúrgica del procedimiento para facilitar la formación de la escoria de silicato de plomo.

Las dos etapas metalúrgicas separadas del procedimiento pueden llevarse a cabo adecuadamente en el mismo horno. De este modo, se evita la transferencia de la masa fundida entre dos hornos que da como resultado un procedimiento más eficiente y ahorra energía requerida de otra manera para recalentar la masa fundida a una temperatura adecuada en un segundo horno. El horno usado para el procedimiento de acuerdo con la invención puede ser preferentemente un horno giratorio.

Además, las dos etapas metalúrgicas del procedimiento pueden llevarse a cabo adecuadamente bajo agitación mediante agitación de gas. El propósito de la agitación de gas es mejorar el procedimiento y especialmente reducir el tiempo requerido para las dos etapas. La agitación del gas puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante una lanza superior, un tapón de purga o una tobera. Sin embargo, para evitar el riesgo de que el cobre se transfiera a la escoria, la agitación de gas se lleva a cabo preferentemente a una velocidad moderada. La velocidad de agitación del gas debe adaptarse preferentemente al horno específico utilizado y a las condiciones de la misma y puede determinarse por el experto en la materia a través de pruebas rutinarias.

La primera etapa metalúrgica del procedimiento puede controlarse adecuadamente por espectroscopía con el fin de determinar el grado de conversión. De este modo, es posible determinar cuándo se ha realizado la conversión en un grado suficiente para permitir el resultado deseado durante la segunda etapa metalúrgica del procedimiento, es decir, que el contenido de elementos con afinidad al antimonio y/o al arsénico se ha reducido en la masa fundida hasta el nivel deseado.

Además, la segunda etapa metalúrgica del procedimiento puede controlarse adecuadamente mediante la utilización de una sonda de oxígeno con el fin de determinar el grado de refinación.

El método de la presente invención resulta en una escoria de fayalita ordinaria que comprende esencialmente dióxido de silicio y hierro, una escoria de silicato de plomo rica en arsénico y antimonio y un lingote de cobre que comprende metales nobles y que tiene un bajo contenido de impurezas. La escoria de fayalita puede reciclarse, por

ejemplo, en una etapa de fundición del procedimiento de refinación de cobre y la escoria de silicato de plomo rica en antimonio puede procesarse de acuerdo con métodos convencionales.

El lingote de cobre resultante, que es bajo en, o esencialmente libre de, antimonio y/o arsénico, pueden refinarse fácilmente usando métodos convencionales con el fin de extraer los valiosos contenidos metálicos de los mismos.

Por ejemplo, el lingote de cobre resultante puede reciclarse para los convertidores de un procedimiento de refinación de cobre o incluso para la fase de electrólisis de un procedimiento de refinación de cobre en casos en los que el lingote de cobre comprende un contenido de cobre suficientemente alto.

Según una realización de la invención, la masa fundida se mantiene a una temperatura suficiente para mantenerse en el estado fundido después de la segunda etapa metalúrgica del procedimiento. El propósito de este tiempo de espera es reducir el potencial de oxígeno de la masa fundida y, de esta manera, minimizar el riesgo de pérdida de cobre a la escoria.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, se funde un lingote de cobre y se añade SiO_2 a la masa fundida en una cantidad equilibrada al contenido de hierro del lingote. La masa fundida se convierte de manera que una escoria de fayalita, que comprende esencialmente dióxido de silicio y hierro, se forma sobre la superficie de la masa fundida. Esencialmente todo el hierro se transfiere y se une a la escoria. La escoria de fayalita se retira después de la superficie de la masa fundida por métodos convencionales. Después de que se ha retirado la escoria de fayalita, se añade plomo a la masa fundida equilibrada con el contenido de SiO_2 de manera que se forma una escoria de silicato de plomo sobre la superficie de la masa fundida. El arsénico y el antimonio se oxidan a la escoria de silicato de plomo y se unen por lo tanto en la escoria. La escoria se retira después de la masa fundida dejando un lingote de cobre que comprende metales nobles y que tiene un bajo contenido de impurezas, tal como arsénico y antimonio. La escoria de silicato de plomo retirada comprende altas cantidades de antimonio pero es mucho más fácil de procesar que el lingote de cobre original. La etapa de formación de la escoria de silicato de plomo y la oxidación de arsénico y antimonio a la escoria se repite preferiblemente una pluralidad de veces con el fin de conseguir el bajo contenido de impurezas deseado de la masa fundida.

Se ha encontrado que el método de acuerdo con la presente invención es especialmente adecuado para el tratamiento de speiss que a menudo comprende altas cantidades de hierro, antimonio y arsénico. Se ha encontrado que el contenido de antimonio se puede reducir fácilmente desde aproximadamente el 10% hasta por debajo del 1% y el contenido de arsénico desde aproximadamente el 12% hasta aproximadamente el 1,5% por medio del procedimiento de acuerdo con la invención. Cuando se repite la segunda etapa, el contenido de antimonio se puede reducir al 0,5% o incluso más bajo.

De acuerdo con una realización alternativa de la presente invención, la segunda etapa se repite por lo menos una vez, de manera que el procedimiento comprende tres etapas metalúrgicas del procedimiento separadas. Durante la primera etapa, los elementos con alta afinidad al antimonio y/o al arsénico se convierten selectivamente y se unen en una primera escoria, que a continuación se retira. La segunda etapa comprende la formación de una segunda escoria a base de óxido de plomo y oxidación de antimonio y/o arsénico a dicha segunda escoria a base de óxido de plomo, que posteriormente se retira. La tercera etapa comprende la formación de una tercera escoria a base de óxido de plomo a la que se oxidan antimonio y/o arsénico que permanecen en la masa fundida metálica. Después de la oxidación en la tercera etapa, la tercera escoria a base de óxido de plomo se reduce para disminuir el contenido de cobre en la escoria. La fase metálica obtenida tendrá un contenido de antimonio ligeramente mayor en comparación con los casos en los que no se realiza la reducción. Sin embargo, se reduce el contenido de cobre de la tercera escoria. La fase metálica obtenida después de la reducción, es decir, el lingote de cobre resultante, se puede reciclar de nuevo y reducirse en un procedimiento de acuerdo con la invención con el fin de reducir adicionalmente el contenido de antimonio de la misma.

El procedimiento de la presente invención es especialmente adecuado para refinar lingote de cobre obtenido durante la producción de cobre esencialmente puro a partir de un mineral. Sin embargo, es evidente para el experto en la materia que también se puede usar el procedimiento descrito anteriormente durante procedimientos de tratamiento de otros tipos de materiales que contienen cobre, por ejemplo tratamiento de residuos electrónicos.

ENSAYO DE LABORATORIO

Se realizó un ensayo de laboratorio del procedimiento metalúrgico de dos etapas de acuerdo con la invención en un speiss. En la Tabla 1 se facilita la composición aproximada de los speiss utilizados. Debe observarse que no se han analizado todos los elementos y en la parte inferior de la tabla se facilita la suma de los elementos analizados.

Tabla 1.

Elemento/Compuesto	[% en peso]
S	1,5
Fe	5,6
Ni	8,6
Cu	51,4
Zn	0,4
As	7,7
Sn	4,8
Sb	8,7
Pb	0,25
Bi	0,003
SiO ₂	0,15
Ag	0,21
Total	89,3

En la primera etapa, el hierro, que tiene una alta afinidad al antimonio se separó de los speiss mediante la formación de una escoria de fayalita. La escoria de fayalita se formó mediante la adición de 4,2 g de SiO₂ y 100 g de sosa a 200 g de speiss. La escoria de fayalita se retiró y se dejaron 175,5 g de speiss esencialmente libres de hierro después de la primera etapa.

En la segunda etapa, se añadieron 150 g de PbO, 88 g de sosa y 30 g de SiO₂ para formar una escoria de silicato de plomo. El antimonio y el arsénico se oxidaron a la escoria de silicato de plomo que luego se retiró.

Los resultados mostraron que el contenido de antimonio en la fase metálica resultante después de la segunda etapa era inferior al 1% en comparación con el contenido original del 8,7%, incluso aunque la segunda etapa solo se realizó una vez. No se evaluó el contenido de arsénico durante esta prueba.

Los resultados muestran que es posible reducir significativamente el contenido de antimonio de un lingote de cobre por medio del procedimiento según la presente invención.

ENSAYO DE LABORATORIO COMPARATIVO

Se realizó un ensayo de laboratorio de un procedimiento comparativo en un speiss. En la Tabla 1 se facilita la composición aproximada de los speiss utilizados.

El procedimiento comprende una sola etapa metalúrgica de procedimiento en la que se añadieron 100 g de PbO, 50 g de sosa y 8 g de SiO₂ a 100 g de speiss fundidos. Se encontró que se formaban dos fases metálicas separadas. La primera fase metálica consistía esencialmente en plomo y se formó en la parte inferior del horno. La segunda fase metálica era una fase a base de cobre formada en la parte superior de la fase de plomo. Esto se debe probablemente al hecho de que la carga de la arena se hizo después de haberse reducido la mayor cantidad del óxido de plomo y se formó en la parte inferior del horno.

El ensayo mostró que el arsénico había sido reducido a menos del 1% en la fase metálica a base de cobre. Sin embargo, el contenido de antimonio solo había sido ligeramente reducido a aproximadamente el 8%.

En base a lo anterior, queda claro que una sola etapa metalúrgica de procedimiento en la cual se usa una escoria de silicato de plomo no es suficiente para reducir el contenido de antimonio en un lingote de cobre.

ENSAYO DE ESCALA COMPLETA

Se realizó un ensayo de escala completa del procedimiento de acuerdo con la invención en un speiss en un horno llamado Kaldo que comprende una lanza de convertidor.

La composición de los speiss variaba de manera extensa, es decir, los speiss eran de naturaleza no homogénea. Por lo tanto, la composición de los speiss se estimó analizando cuatro muestras y tomando el valor medio de estas muestras. En la Tabla 2 se facilita la composición de las cuatro muestras y la composición estimada de los speiss. Sin embargo, debe observarse que esta composición estimada no es necesariamente la verdadera composición debido a las variaciones en la composición.

Tabla 2

Elemento/Compuesto	Muestra 1 % en peso	Muestra 2 % en peso	Muestra 3 % en peso	Muestra 4 % en peso	Composición media % en peso
S	2,1	1,8	2,6	2,7	2,3
Fe	4,3	5,3	6,7	3,6	5,0
Ni	10,3	6,7	8,7	9,9	8,9
Cu	54,4	53,8	52,9	57,7	54,7
Zn	0,23	0,27	0,25	0,29	0,26
As	13,32	11,45	12,44	12,47	12,42
Sn	3,2	3,17	2,53	3,2	3,03
Sb	10,6	10,5	11,4	9,3	10,5
Pb	0,094	0,134	0,077	0,135	0,110
Bi	0,001	0,001	0	0,001	0,001
SiO ₂	0,10	0,11	0,09	0,08	0,10
Ag	0,19	0,19	0,17	0,16	0,18
Total	98,785	93,446	97,837	99,518	97,397

5 Durante la primera etapa, se fundieron 4,1 toneladas de speiss y se añadieron 85 kg de SiO₂ con el fin de formar una escoria de fayalita. La etapa se realizó en un entorno oxidante. La escoria de fayalita se retiró antes de la siguiente etapa.

10 Durante la segunda etapa, se añadieron 500 kg de óxido de plomo y 70 kg de SiO₂ para formar una escoria de silicato de plomo. La etapa se realizó en un entorno oxidante. Posteriormente, se retiró la escoria de silicato de plomo.

La segunda etapa se repitió pero con una adición de 250 kg de PbO y 30 kg de SiO₂. Posteriormente, se retiró la escoria de silicato de plomo.

15 La Muestra 5, que es una muestra de la fase metálica tomada después de que el speiss se hubiera convertido en la primera etapa, también se analizó. La composición de dicha muestra se muestra en la en la Tabla 3. Al mismo tiempo que se tomó la muestra 5, la escoria comprendía aproximadamente el 16% de Fe.

Tabla 3

Composición	Au [g/ton]	Ag [g/ton]	Fe % en peso	Pb % en peso	Sb % en peso	As % en peso	Pd % en peso	Pt % en peso	Cu % en peso
Muestra 5	143,6	5680	0,32	1,10	10,7	9,0	34	2	61
Fase metálica resultante	2422	88702	0,08	0,77	0,51	1,46	552	24	85

20 La composición de la fase metálica que resultó después de que se hubiera repetido la segunda etapa se muestra también en la Tabla 3.

25 Debe observarse que la prueba se realizó en un horno no-limpio. El aumento significativo, especialmente de Au y Ag, en la fase metálica resultante, en comparación con la Muestra 5, es el resultado de que grandes cantidades de estos metales se unían en los ladrillos del horno antes del inicio de la prueba. De este modo, de acuerdo con la invención, no se espera el aumento de estos metales durante el uso normal del procedimiento.

30 Los resultados muestran que el contenido de antimonio se redujo del 10,7% al 0,51% de la primera etapa a la fase metálica resultante. Además, el contenido de arsénico se redujo del 9% al 1,46%. Además, queda claro que el contenido de hierro se redujo significativamente durante el procedimiento. Esto es el resultado de la primera etapa del procedimiento, es decir, la formación de la escoria de fayalita.

35 De este modo, queda claro que es posible reducir significativamente la cantidad de antimonio y arsénico en un lingote de cobre mediante el procedimiento de acuerdo con la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de refinación de lingote de cobre que comprende antimonio y/o arsénico, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - i. conversión selectiva de al menos un elemento en el lingote de cobre que tiene afinidad al antimonio y/o al arsénico para dar una primera escoria seguida por la eliminación de dicha primera escoria; y
 - ii. formación de una segunda escoria y oxidación de antimonio y/o arsénico para dar dicha segunda escoria.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha primera escoria es una escoria fayalítica.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicha segunda escoria es una escoria a base de óxido de plomo.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa i comprende la conversión selectiva del hierro.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa i comprende la adición de sílice equilibrada a un contenido de hierro del lingote de cobre para formar una escoria fayalítica.
6. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la adición de sílice se realiza cuando se funde el lingote de cobre o durante la fusión del lingote de cobre.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se añade un componente que contiene plomo a la masa fundida durante la etapa ii con el fin de formar una escoria de silicato de plomo, siendo dicha escoria de silicato de plomo la segunda escoria.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el componente que contiene plomo es un desecho que contiene plomo.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa i y/o ii se realiza en un horno giratorio.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las etapas i y ii se realizan en el mismo horno.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa i y/o ii son asistidas por agitación de gas.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la agitación de gas se realiza mediante una lanza superior, un tapón de purga o una tobera.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se realiza una adición de óxido de cobre durante la etapa i.
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa ii se monitoriza mediante de una sonda de oxígeno.
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa i se monitoriza mediante espectroscopía.
16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa ii se repite después de la retirada de la segunda escoria.
17. Método de reducción de un contenido de antimonio de un lingote de cobre en un procedimiento metalúrgico según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, procedimiento que comprende las etapas de convertir selectivamente un elemento que tiene afinidad al antimonio en una primera escoria, eliminar dicha primera escoria, formar una segunda escoria a base de óxido de plomo, oxidar el antimonio de manera que se unirá en dicha escoria a base de óxido de plomo, y eliminar dicha escoria a base de óxido de plomo.