

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 939**

51 Int. Cl.:

<b>C22B 7/04</b>	(2006.01)
<b>C22B 5/00</b>	(2006.01)
<b>C22B 13/02</b>	(2006.01)
<b>C22B 15/00</b>	(2006.01)
<b>C22B 17/02</b>	(2006.01)
<b>C22B 19/04</b>	(2006.01)
<b>C22B 23/02</b>	(2006.01)
<b>C22B 30/04</b>	(2006.01)
<b>C22B 5/02</b>	(2006.01)
<b>C04B 5/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013 PCT/FI2013/050409**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013 WO13156676**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013 E 13778649 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2839045**

54 Título: **Método para procesar escorias de metalurgia no ferrosa**

30 Prioridad:

**16.04.2012 FI 20125410**

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

**16.01.2018**

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)  
Rauhalanpuisto 9  
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**METSÄRINTA, MAIJA-LEENA;  
LIIPO, JUSSI;  
KURKI, PEKKA y  
SCHEIDEMA, MADELEINE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 649 939 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 para procesar escorias de metalurgia no ferrosa

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un método para procesar escorias de metalurgia no ferrosa, que contienen hierro y metales valiosos, para producir arena de fayalita limpia que está libre de sustancias perjudiciales y metales valiosos y es apropiada para uso como materia prima o material de construcción.

**Antecedentes de la invención**

10 Las escorias de metalurgia no ferrosa se generan como subproducto de concentrado de fundición o mata de conversión para separar la fracción de metal de fracciones no deseadas. La escoria es principalmente una mezcla de óxidos metálicos y óxidos de silicio, pero puede contener también sulfuros metálicos y metales en forma elemental.

15 A modo de ejemplo, la escoria descargada de un horno de fundición flash de cobre puede contener, dependiendo de la materia prima, por ejemplo, magnetita, fayalita, cinc, cobre, plomo, arsénico, cadmio, y níquel. Actualmente la escoria se limpia por reducción en un horno eléctrico o usando tecnología de concentración de escoria. Después de este tipo de limpieza, la escoria aún contiene, dependiendo del tratamiento y la materia prima, alrededor de 0,3 - 1% de cobre, alrededor de 1 - 4% de cinc, alrededor de 0,1 - 0,4% de plomo y alrededor de 0,1 - 0,2% de arsénico. Tales contenidos de cobre y cinc en la escoria se ven económicamente como una pérdida considerable. Además, la escoria de desecho recibida de un concentrador de escoria es muy fina, con tamaño de grano por debajo de 0,125 mm. Por lo tanto, las sustancias perjudiciales contenidas en la escoria se pueden lixiviar en un vertedero, generando de este modo un peligro medioambiental.

20 Es muy común que la escoria de desecho aún contenga metales valiosos y sustancias perjudiciales, que tienden a hacer la escoria un residuo problemático inapropiado para su utilización. Tirar tal escoria es caro porque el área de vertido debe tener cimentación densa y porque el almacenamiento puede requerir monitorización a largo plazo.

25 A menudo el objetivo del procedimiento de limpieza de la escoria es maximizar la recuperación de metales valiosos tales como Co, Ni, y Cu en una aleación con el menor contenido de hierro posible. La cantidad de hierro metálico producido se debe mantener en un mínimo, ya que cuanto más hierro esté presente en la mata o aleación resultante, mayores serán los costes de la subsecuente separación hidrometalúrgica de los metales valiosos y la eliminación de residuos de hierro resultantes.

30 Generalmente, el propósito de limpiar escoria que contiene cobre en un horno eléctrico es reducir el cobre oxidado a cobre metálico y el hierro trivalente a hierro divalente y sedimentar las gotas de cobre metálico de la escoria, formando por ello una capa metálica debajo de una capa de escoria. Cuando el oxígeno potencial de la escoria disminuya adicionalmente, también tienen lugar reducciones adicionales, tales como la reducción del hierro divalente a hierro metálico y la reducción del plomo oxidado a plomo metálico. La agitación del material en el horno eléctrico se puede usar para intensificar las reacciones de reducción.

35 Los procedimientos para limpiar escorias de metalurgia no ferrosa por reducción en un horno eléctrico se han presentado, por ejemplo, en los documentos FI 84368 B, US. 4717419 A, US 5332414 A, WO 2007/066350 A1, US 3032411 y US. 5411572 A. En todos estos procedimientos, la reducción se lleva a cabo como una reducción parcial; en otras palabras, la reducción finaliza antes de que se empiece a formar hierro metálico. En esta etapa todavía queda algo de cobre en la escoria residual. Además, el cinc, plomo, cadmio y arsénico aún no se han vaporizado por completo. Tal reducción se lleva a cabo a menudo por reducción superficial con coque, que requiere un tiempo prolongado, porque las gotas de metal formadas durante la reducción se deben sedimentar, formando una capa de metal fundido debajo de la capa de escoria fundida.

40 Si la reducción de escoria en el horno eléctrico se prolonga más, también el hierro comienza a reducirse, y los metales con un punto de ebullición bajo, tales como cinc, plomo, cadmio y arsénico, se vaporizan. Según el documento WO 2009/077651 A1, es conocido de la técnica anterior reducir la escoria de un horno de fundición en suspensión en un horno eléctrico hasta el momento en que, después de la reducción de la escoria, el contenido de cobre de la escoria es tan bajo que un tratamiento adicional de la escoria de desecho obtenida del horno eléctrico no es económicamente factible.

45 El documento US 8088192 B2 describe un procedimiento de tres fases para recuperar metales no ferrosos de residuos metalúrgicos. El procedimiento comprende: (A) una fase de fusión y reducción durante la cual se reduce una cierta cantidad de hierro y pasa a un baño de cobre; (B) una fase de sedimentación durante la cual las gotas de metal se dejan sedimentar desde la escoria al baño de cobre y una parte de la escoria se retira del horno; y (C) una fase de oxidación que implica la oxidación del hierro en el baño de cobre. Ciertos compuestos no ferrosos se volatilizan durante la fase A y son arrastrados por los humos. Los metales pesados volátiles, en particular cinc y plomo, se recuperan de los humos por medio de separadores. La referencia también enseña la

agitación del baño de cobre por inyección de gas inerte en un horno de arco de plasma de corriente alterna que trata residuos metalúrgicos. El procedimiento es complicado, tarda mucho tiempo y requiere un horno de reducción de gran tamaño.

5 Otro modo de mejorar la reducción en un horno eléctrico consiste en introducir gas inerte a través de tapones porosos montados en el fondo del horno.

10 La técnica anterior contiene diversos tipos de sustancias que se pueden usar como agentes de reducción en la reducción de escoria. Solo por mencionar un par de ejemplos: el documento WO 20060240069 enseña el uso de polímeros carboníferos como agentes de reducción de óxido metálico en la producción de ferroaleaciones; El documento DE 19541673 A1 enseña el uso de plástico molido como agente de reducción en un horno de cuba; en los reactores Isasmelt™, el coque se puede reemplazar por plástico.

15 En consecuencia, hay muchos agentes de reducción que se pueden usar en la reducción de escoria, y hay numerosos modos de mejorar la reducción en un horno eléctrico, por ejemplo, mediante mezcla. Sin embargo, en los procedimientos de la técnica anterior, la etapa de mezcla siempre debe ir seguida de una etapa de sedimentación para permitir la separación de la fase metálica de la escoria. La sedimentación de gotas de metal de la fase de escoria fundida es un proceso lento. En consecuencia, se necesita un gran tamaño de horno eléctrico y una gran cantidad de energía para mantener la temperatura deseada en el horno.

### Propósito de la invención

20 El objetivo de la presente invención es eliminar los inconvenientes de la técnica anterior y proporcionar un método mejorado para producir escoria limpia que está libre de metales valiosos y sustancias perjudiciales y es apropiada para su uso posterior tal como está como materia prima y/o material de construcción.

Un objetivo adicional de la presente invención es minimizar cualquier pérdida de metales valiosos y reducir la generación de residuos inutilizables en la industria metalúrgica no ferrosa.

### Sumario

El método según la presente invención se caracteriza por lo que se presenta en la reivindicación 1.

25 La presente invención se refiere al procesado de escorias de la industria metalúrgica no ferrosa. Para producir escoria residual limpia apropiada para su uso posterior, la escoria se reduce en un horno de reducción con la ayuda de agentes de reducción hasta que por lo menos parte del hierro en la escoria se vuelva metálico y los componentes perjudiciales cinc, plomo, arsénico y cadmio se vaporicen. La reducción se mejora mediante una agitación eficiente, que también previene la separación de la fase metálica de la escoria. La mezcla de metal y escoria producida de este modo se sangra a una cuchara de colada y se enfría lentamente, o alternativamente, se sangra para granulación, por lo que la mezcla se enfría rápidamente. Después de enfriar, la mezcla escoria-metal se tritura, si es necesario, y se muele hasta un tamaño de partícula suficientemente fino. Las partículas de escoria y las partículas de metal se separan unas de las otras por medios apropiados. La fase metálica se recicla al procedimiento metalúrgico, mientras que la fase de escoria está lista para su uso posterior como materia prima o material de construcción. El gas de escape liberado del horno de reducción, que contiene metales vaporizados, se oxida para convertir los metales en óxidos metálicos, que se separan a continuación por medios apropiados. Los óxidos metálicos producidos de este modo se pueden suministrar para un uso posterior como materia prima, por ejemplo, en la industria del cinc.

40 En la presente invención, la escoria se reduce, después de una primera etapa de reducción opcional, en un horno de reducción hasta que se reduce por lo menos parte de la magnetita y fayalita de la escoria, generando de este modo hierro elemental. Con respecto a esto, algunos metales valiosos de la escoria, tales como cobre y níquel, se reducen a metal y forman inclusiones en la escoria. Al mismo tiempo, algunos otros metales valiosos de la escoria, como el arsénico, el plomo y el cinc, se vaporizan y pasan a la fase gaseosa.

45 Preferentemente, la reducción se lleva a cabo en un horno eléctrico, que puede ser de tipo de corriente continua (DC) o de tipo de corriente alterna (AC). Otros hornos de reducción apropiados comprenden un horno de lanza sumergida superior, un horno Kaldo o el decantador de un horno de fundición en suspensión

50 El agente de reducción usado en el horno de reducción puede ser de tipo sólido o de tipo gaseoso o una combinación de estos. El agente de reducción se puede seleccionar de un grupo que comprende: coque, carbón pulverizado, grafito, lignito, carbón vegetal, biocoque, biomasa (por ejemplo, serrín, turba), gas natural, hidrocarburos (por ejemplo, butano, metano, propano), aceite, plásticos reciclados, caucho desechado, monóxido de carbono, hidrógeno, amoníaco, carburo de silicio, carburo de calcio, ferrosilicio, aluminio, chatarra electrónica, otras chatarras, sulfuros metálicos, cobre que contiene fósforo y otros compuestos de fósforo y sus mezclas, y cualquier combinación de agentes de reducción junto y/o en combinación con vapor de agua.

55 Durante la etapa de reducción, la mezcla se puede intensificar por lo menos por uno de los siguientes modos: alimentación por inyección del agente de reducción, alimentación del agente de reducción a través de un

electrodo hueco, uso de agentes de reducción gaseosos o que generan gas, alimentación de gas inerte a través de tapones porosos montados en el fondo del horno, y uso de agitación electromagnética.

5 La mezcla escoria-metal fundida se puede sangrar a la cuchara y enfriar lentamente, o sangrar para granulación, por lo que el enfriamiento es rápido. Después de enfriar, la mezcla escoria-metal se tritura, si es necesario, y se muele. Después de la molienda, la mezcla escoria-metal se somete a un procedimiento de separación, que puede comprender separación magnética, separación gravitacional, flotación, cribado o una combinación de estos.

10 Los metales vaporizados se oxidan a óxidos metálicos. Los componentes gaseosos producidos a partir de los agentes de reducción en el horno de reducción se queman después. Los óxidos metálicos y otros sólidos formados de este modo se separan del gas de escape por medio de un depurador, filtros de tela, precipitador electrostático, precipitador electrostático húmedo o una combinación de ellos. El polvo separado que contiene metal se suministra para su uso posterior, por ejemplo, a una planta de producción de cinc para ser usado como materia prima.

15 El método de limpieza de escoria según la presente invención es económicamente factible porque proporciona mejor recuperación de metales valiosos, menores tamaños de horno, tiempos de retención más cortos y, por último pero no menos importante, conversión eficiente de escoria en materias primas vendibles.

### Breve descripción de los dibujos

20 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención y junto con la descripción ayudan a explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La FIG. 1 es un diagrama de flujo que ilustra un posible procedimiento de tratamiento de escoria según la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra el procesado de escoria en relación con la fundición flash de blíster directa.

25 La FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra el procesado de escoria en relación con un procedimiento que comprende un horno de fundición flash y un convertidor flash.

### Descripción detallada de la invención

30 Cuando se pretende convertir escoria metalúrgica en un material pulverizado libre de pérdidas apropiado para su uso posterior tal como está, la reducción de la escoria se debe extender más que en los métodos de la técnica anterior, de modo que el hierro de la escoria se reduce por lo menos parcialmente a metal elemental. Con respecto a esto, se forman inclusiones de metales valiosos, tales como cobre, en las gotas de hierro. El hierro necesita ser reducido hasta tal punto que la fase metálica contenga suficiente hierro para hacer que la fase metálica sea magnética. Preferentemente, 5-30% del hierro se debe reducir a metal para permitir la separación magnética de los metales de la escoria. Con respecto a esto, la temperatura se debe mantener lo suficientemente alta, en la práctica entre 1.400°C y 1.500°C, para mantener la mezcla de escoria y metal que contiene hierro en estado fundido y para prevenir cualquier acumulación en las paredes del horno. El tiempo de retención puede ser tan corto como 0,5 - 2 horas.

40 En el presente método, el contacto entre el agente de reducción y los óxidos metálicos se mejora mediante la mezcla, lo que también aumenta las colisiones entre las gotas metálicas formadas. Esto conduce a un tamaño de gota incrementado, mejorando aún más la separación de las gotas de metal de la escoria en la posterior separación magnética. El método según la presente invención tiene como objetivo mantener las gotas de metal dentro de la escoria fundida y no dejar que dichas gotas se sedimenten en el fondo del horno. Ventajosamente, la mezcla se produce usando electrodos huecos, en cuanto a lo cual se genera una zona de mezcla eficiente bajo los electrodos y el agente de reducción se aspira en la escoria. En este método, no se necesita una fase de sedimentación separada y que requiera mucho tiempo, razón por la cual el tiempo de procesado es más corto que en los hornos convencionales de reducción de escoria. El consumo de energía se reduce y el tamaño del horno de reducción puede ser más pequeño que en los hornos de reducción de escoria convencionales.

45 Existe una gran variedad de sustancias sólidas y gaseosas que se pueden usar como agentes de reducción en el método según la presente invención. A veces puede ser ventajoso usar agentes de reducción que son capaces de vaporizarse, formando un gas que mejore la mezcla.

50 Los gases que salen del horno de reducción contienen tanto vapores metálicos que se originan en la escoria como componentes que se originan de los agentes de reducción, como monóxido de carbono, hidrógeno, etc. Los gases de escape se oxidan y se queman después. Dependiendo de los agentes de reducción usados, el gas de escape también puede contener pequeñas cantidades de cloro, en cuyo caso puede ser necesario disponer un tiempo y una temperatura de retención suficientes para la etapa después de la combustión.

Después de la oxidación y después de la combustión, el gas de escape se limpia. Los óxidos metálicos y otros sólidos se pueden recuperar del gas mediante depuración, usando filtros de tela, separación electrostática, separación electrostática húmeda o una combinación de estos. El polvo recibido de la etapa de limpieza del gas se puede suministrar como una materia prima, por ejemplo, a una planta de producción de cinc.

5 La mezcla escoria-metal generada en el horno de reducción se sangra del horno y se enfría. La escoria enfriada se tritura y se muele, ventajosamente hasta un tamaño de grano de 20  $\mu\text{m}$  - 15 mm. Los metales y los posibles sulfuros se separan de la escoria, por ejemplo, mediante separación magnética y/o separación por gravedad y/o flotación y/o cribado. La escoria limpia se puede usar, por ejemplo, en la construcción de carreteras, en otras aplicaciones de relleno de terreno o como materia prima en materiales de construcción.

10 La FIG. 1 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento para limpiar escoria de horno de fundición flash. El concentrado fino 11 se mezcla con aire, u oxígeno, o aire 12 enriquecido con oxígeno para formar una suspensión que reacciona rápidamente en un horno 10 de fundición en suspensión. Los compuestos de sulfuro de la alimentación 11 arden, se oxidan y liberan calor, actuando como combustible para el procedimiento de modo que no se necesita energía externa para la fundición. En el decantador del horno 10, las gotas fundidas se separan de la corriente de gas y se sedimentan en el fondo del horno 10 en forma de distintas capas de mata y escoria, en función de sus densidades específicas.

15 La mata 13 de alta densidad fundida producida en el horno 10 de fundición flash se alimenta a un convertidor 15. El convertidor 15 produce blíster de metal 16 y una pequeña cantidad de escoria 17 que tiene todavía un contenido de metal relativamente alto. El convertidor puede ser, por ejemplo, un convertidor de Peirce-Smith, un convertidor de Hoboken o de cualquier otro tipo apropiado.

20 La escoria 14 del horno 10 de fundición flash y la escoria 17 del convertidor 15 se alimentan a un horno 18 de reducción, que puede ser, por ejemplo, un horno de arco eléctrico. En el horno 18 de reducción, la reducción de los metales comprendidos en las escorias 14, 17 tiene lugar con la ayuda de agentes 19 de reducción también añadidos al horno 18. Los compuestos de cobre contenidos en la escoria se reducen a cobre metálico y los compuestos de hierro contenidos en la escoria se reducen, por lo menos en parte, a hierro metálico. Al mismo tiempo, los metales que tienen una temperatura de ebullición relativamente baja, tales como arsénico, plomo y cinc, se vaporizan y pasan a la fase gaseosa. Estos metales vaporizados se descargan del horno 18 de reducción junto con el gas 20 de escape.

25 La escoria y las gotas de hierro que contienen inclusiones de cobre no se permite que se separen unas de otras en el horno 18 de reducción por sedimentación como siempre. En cambio, la mezcla escoria-metal se mantiene en movimiento mezclando eficientemente, de modo que el cobre metálico permanece atrapado en las gotas de metal.

30 La mezcla 21 escoria-metal se sangra del horno 18 de reducción y se somete a enfriamiento (no mostrado), trituración 22 y molienda 23 para reducir el tamaño de partícula de la mezcla escoria-metal solidificada. Después de la trituración 23, se separa una fracción 26 de metal magnética de la escoria 25 limpia restante en una etapa 24 de separación, que puede comprender métodos de separación apropiados, tales como separación magnética, separación gravitacional, flotación, filtración y cualquier combinación de estos.

35 La etapa 24 de separación produce arena 25 de fayalita limpia, que está esencialmente libre de metales valiosos y sustancias perjudiciales y que se puede usar como materia prima en una variedad de usos, por ejemplo, como un constituyente de hormigón y cemento, o que se puede mezclar con otros materiales para hacer calzadas.

40 El gas 20 de escape ventilado desde el horno 18 de reducción se pasa a una etapa 27 de oxidación, en la que los metales vaporizados se convierten en óxidos metálicos y las sustancias que provienen de los agentes de reducción se queman después, si es necesario. Después de la etapa 27 de oxidación, el gas de escape pasa a una etapa 28 de enfriamiento y a una etapa 29 de limpieza. La etapa 29 de limpieza puede comprender, por ejemplo, depuradores, unidades de filtro de tela, precipitadores electrostáticos, precipitadores electrostáticos húmedos y cualquier combinación de estos.

45 El polvo 30 que contiene óxido metálico procedente de la etapa 29 de limpieza del gas se puede suministrar, por ejemplo, a una planta de producción de cinc. El gas 31 limpio se puede liberar a la atmósfera.

50 La FIG. 2 muestra un ejemplo del nuevo procedimiento de limpieza de escoria utilizado con relación a un procedimiento de fundición de blíster. Se hace referencia a las mismas características con los mismos números de referencia que en la FIG. 1.

55 En un procedimiento directamente al blíster llevado a cabo en un horno 32 de fundición flash de blíster directo, el cobre 35 blíster se produce directamente a partir de un concentrado en una etapa. Este método es especialmente apropiado para concentrados de mineral con bajo contenido de hierro. La escoria 33 recibida del horno 32 de fundición flash de blíster directo todavía contiene cantidades sustanciales de cobre y otros metales valiosos, que es por lo que la escoria 33 se alimenta primero a un horno 34 eléctrico para la recuperación adicional de cobre 36 blíster. Después del horno 34 eléctrico, la escoria 37 restante se suministra a un horno 18

de reducción, cuyo funcionamiento corresponde al discutido con respecto a la FIG. 1. Además, los tratamientos adicionales de la mezcla 21 escoria-metal y el gas 20 de escape corresponden a los discutidos con respecto a la FIG. 1. Después de la etapa 24 de separación, en la que la fracción 26 de metal se separa de la escoria 25 limpia restante, la fracción 26 de metal que contiene cobre se recicla de nuevo al horno 32 de fundición flash de blíster directo.

La FIG. 3 muestra un ejemplo de un procedimiento de limpieza de escoria según la presente invención utilizado con relación a un procedimiento que comprende un horno 10 de fundición flash y un convertidor 15 flash. Este tipo de procedimiento se puede usar especialmente cuando el contenido de hierro del concentrado de mineral es alto. La principal diferencia entre la FIG. 1 y la FIG. 3 es que el procedimiento de la FIG. 3 comprende un horno 34 eléctrico para la recuperación de cobre 36 de la escoria 33 recibida del convertidor 15 flash antes de que la escoria se alimente a un horno 18 de reducción. La fracción 26 de metal que contiene cobre recibida de la etapa 24 de separación se recicla al convertidor 15 flash. El procedimiento de conversión flash en el convertidor 15 flash es muy similar al procedimiento de fundición flash en el horno 10. La oxidación de la mata transcurre en condiciones altamente oxidantes de modo que la mata sulfídica se convierte en cobre metálico.

### Ejemplo 1

La composición de la escoria era la siguiente: Fe 42%, SiO<sub>2</sub> 28%, Zn 4%, Pb 0,3%, As 0,3%, Ni 0,06%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4%, CaO 2%, Cu 1,5% y MgO 1%. En un análisis difractométrico de rayos X, se identificaron fayalita, magnetita y hematita como los principales minerales de la escoria. Se redujeron 800 g de la escoria en un crisol de 600 ml con carburo de silicio a 1.350°C durante una hora. El producto recibido comprendía una mezcla de aleación metálica y escoria que tiene la siguiente composición: Fe 29%, SiO<sub>2</sub> 45%, Zn 0,13%, Pb <0,02%, As 0,005%, Ni <0,004%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7%, CaO 2,6%, Cu 0,25% y MgO 1,3%. La escoria comprendía inclusiones metálicas, que contienen tanto cobre como hierro.

La escoria reducida se pulverizó a un tamaño de grano menor de 1 mm. Se llevó a cabo separación magnética para recuperar metales. La fracción de escoria no magnética residual estaba muy limpia, conteniendo solo unas pocas inclusiones metálicas pequeñas.

### Ejemplo 2

La composición de la escoria era la siguiente: Fe 38%, SiO<sub>2</sub> 32%, Zn 2,4%, Pb 0,5%, As 0,26%, Ni 0,09%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%, CaO 1%, Cu 1,8% y MgO 1%. En un análisis difractométrico de rayos X, se identificaron fayalita, magnetita y hematita como los principales minerales de la escoria. Se redujeron 300 g de escoria en un crisol de MgO de 360 ml con carburo de silicio a 1.450°C durante media hora. El producto recibido comprendía una mezcla de aleación metálica y escoria que tiene la siguiente composición: Fe 32%, SiO<sub>2</sub> 36,5%, Zn 0,43%, Pb 0,056%, As <0,002%, Ni <0,002%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%, CaO 1%, Cu 0,22% y MgO 11%. La escoria comprendía inclusiones metálicas, que contienen tanto cobre como hierro.

### Ejemplo 3

La composición de escoria era la siguiente: Fe 38%, SiO<sub>2</sub> 32%, Zn 2,4%, Pb 0,5%, As 0,26%, Ni 0,09%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5%, CaO 1%, Cu 1,8% y MgO 1%. En un análisis difractométrico de rayos X, se identificaron fayalita, magnetita y hematita como los principales minerales de la escoria. 600 g de escoria, mezclados con 59 g de carbono para actuar como agente de reducción, se redujeron en un crisol de óxido de aluminio de 600 ml a 1.450°C durante una hora, 30 minutos reduciendo y 30 minutos burbujeando nitrógeno. El producto recibido comprendía una mezcla de aleación metálica y escoria con la siguiente composición: Fe 34%, SiO<sub>2</sub> 36%, Zn 0,66%, Pb 0,08%, As < 0,004%, Ni < 0,004%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13%, CaO 1,3%, Cu 0,42% y MgO 1,3%. La escoria comprendía inclusiones metálicas, que contienen tanto cobre como hierro.

La escoria reducida se trituró hasta un tamaño de grano de alrededor de 1,2 mm y una fracción de metal grueso se separó por cribado. La fracción de escoria se pulverizó con un molino de rodillos y se sometió a una separación magnética de tres etapas para la recuperación de metal. La fracción de escoria no magnética residual tenía la siguiente composición: Fe 33,9%, SiO<sub>2</sub> 36%, Zn 0,59%, Pb 0,08%, As < 0,004%, Ni < 0,004%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8,2%, CaO 1,4%, Cu 0,36% y MgO 1%.

Es obvio para una persona experta en la técnica que con el avance de la tecnología, la idea básica de la invención se puede implementar de varios modos. La invención y sus realizaciones, por lo tanto, no están limitadas a los ejemplos descritos anteriormente; en cambio, pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para procesar escoria de metalurgia no ferrosa, que contiene hierro y metales valiosos, comprendiendo el método las etapas de:
- alimentar la escoria (14, 17, 37) en un horno (18) de reducción;
- 5
- reducir la escoria en el horno (18) de reducción por medio de un agente (19) de reducción para convertir por lo menos un metal valioso a forma metálica;
  - llevar la reducción hasta que por lo menos 5% del hierro de la escoria se reduce a metal y, al mismo tiempo, por lo menos un metal valioso se vaporiza;
- 10
- mezclar los contenidos del horno (18) de reducción durante la reducción para prevenir la sedimentación de gotas metálicas de la escoria;
  - sangrar la mezcla (21) escoria-metal fundida generada en el horno (18) de reducción;
  - enfriar, triturar y moler la mezcla (21) escoria-metal;
  - someter la mezcla escoria-metal a una etapa (24) de separación para la separación de una fracción (26) de metal de una escoria (25) limpia,
- 15
- por lo que se produce escoria (25) limpia que es apropiada tal como está para algún propósito de utilidad.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que el metal valioso a convertir a forma metálica es por lo menos uno de los siguientes: cobre, o níquel.
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, en el que el metal valioso a vaporizar es por lo menos uno de los siguientes: cinc, plomo, arsénico, o cadmio.
- 20
4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa (24) de separación comprende usar uno o más de los siguientes métodos: separación magnética, separación gravitacional, flotación, o cribado.
5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente:
- 25
- alimentar un gas (20) de escape del horno (18) de reducción a una etapa (27) de oxidación, en la que los metales vaporizados contenidos en el gas (20) de escape se oxidan a óxidos metálicos;
  - después de la etapa (27) de oxidación, alimentar el gas de escape a una etapa (29) de limpieza, en la que los óxidos metálicos y otros sólidos (30) se separan del gas (31);
  - suministrar los óxidos (30) metálicos separados para uso adicional en un procedimiento metalúrgico.
- 30
6. Un método según la reivindicación 5, en el que la etapa (29) de limpieza comprende usar uno o más de los siguientes métodos: depuración, uso de filtros de tela, precipitación eléctrica y precipitación eléctrica húmeda.
7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el horno (18) de reducción es un horno eléctrico de corriente alterna (AC), un horno eléctrico de corriente continua (DC), un horno de lanza sumergida superior (TSL), un horno Kaldor o el sedimentador de un horno de fundición en suspensión.
- 35
8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la mezcla de los contenidos del horno (18) de reducción se lleva a cabo por lo menos por uno de los siguientes métodos: alimentación por inyección del agente de reducción, alimentación del agente de reducción a través de un electrodo hueco, uso de agentes de reducción gaseosos o que generan gas, alimentación de gas inerte a través de tapones porosos montados en el fondo del horno y agitación electromagnética.
- 40
9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la reducción en el horno (18) de reducción se lleva a cabo hasta que se reduce 5-30% del hierro de la escoria a hierro metálico.
10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la temperatura en el horno (18) de reducción se mantiene entre 1.400°C y 1.500°C, ventajosamente alrededor de 1.450°C durante la etapa de reducción.
- 45
11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el tiempo de retención en el horno (18) de reducción es 0,5 – 2 horas.

FIG. 1





