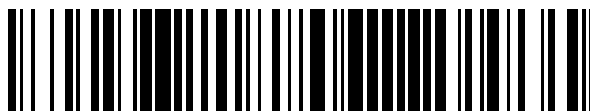


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 857**

51 Int. Cl.:

C22B 7/00 (2006.01)

C22B 13/00 (2006.01)

C22B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2016 PCT/IB2016/000578**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2016 WO16178073**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2016 E 16725571 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3292226**

54 Título: **Procedimiento para el tratamiento de lodo que contiene hierro**

30 Prioridad:
05.05.2015 WO PCT/IB2015/000617

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2021

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
GIORDANA, SÉVERINE

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 808 857 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

Procedimiento para el tratamiento de lodo que contiene hierro

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de lodo que contiene hierro. La invención también se refiere a un equipo para implementar tal procedimiento.
- [0002]** Durante la producción de arrabio, se emiten polvos que contienen gas y salen por la parte superior del alto horno. Para ser reciclados, los gases deben limpiarse de estos polvos. Se utilizan dos procedimientos para realizar este paso de limpieza, una limpieza en seco que utiliza captadores de polvo y/o ciclones que recogen las partículas de polvo más grandes que a continuación se envían directamente a la planta de sinterización, y una limpieza en húmedo, en lavadoras, que recoge las partículas de polvo más finas en el agua. El residuo de esta etapa de limpieza húmeda constituye lodo.
- 10 **[0003]** La composición media de este lodo es del 15 % al 25 % en peso de hierro, del 30 % al 50 % en peso de carbono, del 2 % al 12 % en peso de zinc y del 0,5 % al 2 % de plomo. El zinc y el plomo están presentes como óxidos de PbO y ZnO, pero también particularmente como sulfuros de ZnS, también llamados esfalerita, como sulfuros de PbS y como metales puros, Zn y Pb.
- 20 **[0004]** Debido a su alto contenido en zinc y plomo, estos lodos no pueden reciclarse directamente en la planta de sinterización. En general, las plantas de sinterización permiten el reciclado de subproductos con un contenido menor al 0,40 % en peso de zinc y menor al 0,10% en peso de plomo. Por lo tanto, es necesario seguir tratando dicho lodo para reducir su contenido de metales pesados.
- 25 **[0005]** Los procedimientos hidrometalúrgicos son soluciones conocidas para eliminar impurezas de sólidos o lodo. Estos procedimientos incluyen una etapa de lixiviación que consiste básicamente en mezclar el sólido por tratar con un líquido que contiene un agente de lixiviación tal como NaOH, NH₃ o H₂SO₄. Las impurezas del sólido reaccionan con el agente de lixiviación y se transfieren al líquido. El resultado de la etapa de lixiviación es una mezcla de un sólido lixiviado o lodo y un líquido residual de lixiviación, llamado lixiviado.
- 30 **[0006]** La patente BE 1 001 781 describe un procedimiento para eliminar metales pesados, tales como zinc y plomo, de altos hornos o lodos convertidores de oxígeno. En este procedimiento, el licor de decapado resultante del decapado de láminas de acero se oxida con el uso de una solución que a continuación se utiliza para lixiviar el lodo. El objetivo de esta etapa de lixiviación es solubilizar los residuos de zinc y plomo para eliminarlos del lodo. Este lodo
- 35 sólido lixiviado se lava y se envía a la planta de sinterización.
- [0007]** Este procedimiento es muy complejo de implementar porque requiere realizar un paso adicional de oxidación e implica el reciclaje de licor de decapado, lo que no es posible en todas las plantas. Además, el uso de Cl₂ en condiciones industriales implica la adopción de medidas drásticas de seguridad.
- 40 **[0008]** La patente EP 1 042 518 describe un procedimiento en el que se realiza una primera etapa de lixiviación de lodo que contiene hierro en una solución oxidante ácida. El líquido residual de lixiviación obtenido se somete a una etapa de separación en al menos un intercambiador iónico para eliminar zinc y plomo. El líquido así obtenido se oxida a continuación mediante una solución de Cl₂ para convertir iones de Fe²⁺ presentes en el líquido en iones de Fe³⁺.
- 45 Esta solución enriquecida con Fe³⁺ se utiliza finalmente para volver a lixiviar el lodo.
- [0009]** De la misma manera que en el procedimiento descrito en la patente BE 1 001 781, este procedimiento es muy complejo e implica el uso de Cl₂.
- 50 **[0010]** JHA M K ET AL: «Review of hydrometallurgical recovery of zinc from industrial wastes», RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHER, AMSTERDAM, NL, vol. 33, Núm. 1, agosto de 2001, págs. 1-22, ISSN: 0921-3449, DOI: 10.1016/S0921-3449(00)00095-1 se ocupa de la recuperación hidrometalúrgica del zinc de residuos industriales tales como residuos de industrias metalúrgicas. Este documento describe un procedimiento de tratamiento de esos residuos, como lodo, mediante el uso de agentes de lixiviación.
- 55 **[0011]** El objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento de tratamiento de lodo que contiene hierro y zinc que permita reducir significativamente el contenido de zinc a la vez que sea fácil de implementar. Un objetivo adicional de la invención es reducir el contenido de plomo. Otro objetivo de la invención es eliminar selectivamente zinc y plomo para tener una alta tasa de recuperación de hierro y carbono en el lodo tratado.
- 60 **[0012]** Con este fin, la invención propone un procedimiento para el tratamiento de un lodo de alto horno que contiene hierro y entre el 4,5 % y el 12 % en peso de zinc, comprendiendo este procedimiento una etapa de lixiviación en la que los agentes de lixiviación incluyen ácido clorhídrico y clorato, y en la que dichos agentes de lixiviación se añaden en una cantidad tal para establecer el pH del lixiviado directamente resultante de esta etapa de lixiviación en
- 65 un valor superior a 0,8 y menor pero no igual a 1,5.

[0013] En otras realizaciones, el sistema comprende una o varias de las siguientes características, tomadas de forma aislada o en cualquier combinación técnica factible:

- 5 - el lixiviado tiene un pH comprendido entre 0,8 y 1,2,
- el clorato es un compuesto de clorato sódico.
- se realiza la etapa de lixiviación a una temperatura entre 50 y 65 °C.
- el lodo contiene inicialmente más del 7 % en peso de cinc.
- el lodo contiene inicialmente entre el 1 y el 2 % en peso de plomo.
- 10 - se realiza al menos una etapa de separación después de la etapa de lixiviación, para separar un lodo lixiviado de un líquido residual en el lixiviado.
- se realiza una etapa de precipitación de hierro después de la etapa de separación para precipitar goetita.
- se realiza una etapa de precipitación de zinc y plomo después de la etapa de precipitación de hierro para obtener hidróxidos de zinc y plomo.
- 15 - se realiza una sola etapa de precipitación se realiza después de la etapa de separación para obtener un concentrado de zinc, plomo e hidróxidos de hierro.
- se realiza la fase de precipitación mediante adición de cal.
- el producto final es un lodo que contiene menos del 0,4 % en peso en zinc y menos del 0,1 % en peso en plomo.

20 **[0014]** La invención también se refiere a un procedimiento de reciclaje en el que el lodo de alto horno se trata con este procedimiento de tratamiento y se envía a una planta de sinterización.

[0015] Otras características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de la siguiente descripción.

25 **[0016]** Con el fin de ilustrar la invención, se han realizado ensayos y se describirán a modo de ejemplos no limitativos, particularmente en referencia a las figuras que representan:

La Fig.1 es una vista esquemática de una realización de un procedimiento según la invención

La Fig.2 es una vista esquemática de otra realización de un procedimiento según la invención

30

[0017] La Figura 1 es una representación esquemática de una realización de un procedimiento de tratamiento 1 según la invención.

[0018] La invención también se refiere a un procedimiento de reciclaje en el que el lodo de alto horno se trata con este procedimiento de tratamiento y se envía a una planta de sinterización.

35

[0019] Otras características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de la siguiente descripción.

[0020] Con el fin de ilustrar la invención, se han realizado ensayos y se describirán a modo de ejemplos no limitativos, particularmente en referencia a las figuras que representan:

40

La Fig.1 es una vista esquemática de una realización de un procedimiento según la invención

La Fig.2 es una vista esquemática de otra realización de un procedimiento según la invención

La Figura 1 es una representación esquemática de una realización de un procedimiento de tratamiento 1 según la invención.

45

[0021] En este procedimiento, se trata el lodo 100 que contiene hierro y más del 4,5 % en peso de zinc, como el lodo de alto horno. La invención es de particular interés para tratar lodo que contiene más del 4,5 % en peso de zinc.

50

[0022] Como se ha descrito anteriormente, la composición media de un lodo de alto horno está comprendida entre el 15 % y el 30 % en peso de hierro, entre el 30 % y el 60 % en peso de carbono, entre el 2 % y el 12 % en peso de zinc y entre el 0,5 % y el 2 % de plomo. El zinc y el plomo no solo están presentes como óxidos PbO y ZnO, sino también, en particular, como sulfuros, ZnS, también denominados esfalerita y PbS y como metales puros, Zn° y Pb°.

55

[0023] El lodo de alto horno 100 se somete a una etapa de lixiviación 2. El lodo 100 se coloca en un tanque de lixiviación equipado con dispositivos de mezcla, tales como hélice giratoria.

[0024] Los agentes de lixiviación se añaden a los tanques de lixiviación. Estos agentes de lixiviación son una solución de ácido clorhídrico y cloratos. Los cloratos se aportan mediante el uso de una solución acuosa de NaClO₃ o un polvo de NaClO₃. Los cloratos también se pueden aportar mediante el uso de una solución de KClO₃, por ejemplo, en cualquier solución acuosa o polvo que contenga clorato.

60

[0025] Mezclar los agentes de lixiviación con el lodo produce un lixiviado 102, que se compone de una parte sólida y una parte líquida. La cantidad de agentes de lixiviación se determina para ajustar el pH del lixiviado 102 a un

65

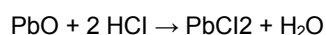
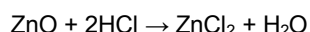
valor menor que 1,5, preferentemente entre 0,8 y 1,5, y más preferentemente entre 0,8 y 1,2.

[0026] La concentración de agentes de lixiviación en el lixiviado 102 está comprendida entre 2,5 g L⁻¹ y 100 g L⁻¹ para HCl, y entre 0,4 g L⁻¹ y 10 g L⁻¹ para cloratos.

[0027] El tanque de lixiviación puede estar equipado con dispositivos de calentamiento para calentar el lixiviado 102; preferentemente la temperatura del lixiviado está comprendida entre 50 y 60 °C. Por debajo de 50 °C, el plomo es menos soluble y por lo tanto es más difícil de disolver. Por encima de 60 °C, el ácido clorhídrico emite vapores que tienen que tratarse.

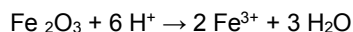
[0028] La duración de la etapa de lixiviación 2 está comprendida preferentemente entre 30 min y 2 h.

[0029] El ácido clorhídrico reacciona particularmente con los óxidos de zinc y plomo según las siguientes reacciones:

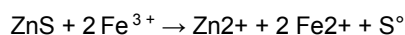
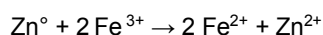


[0030] El zinc y los cloruros de plomo así producidos son solubles en agua.

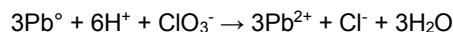
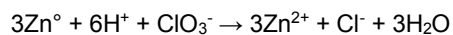
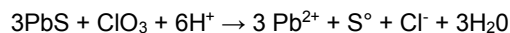
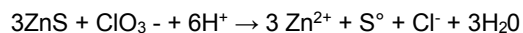
[0031] El ácido clorhídrico también reacciona con óxidos de hierro según la siguiente reacción:



[0032] Los iones Fe³⁺ así formados pueden reaccionar con zinc según las siguientes reacciones:



[0033] Mientras tanto, la siguiente reacción puede ocurrir con iones de clorato:



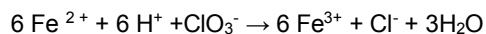
[0034] Dado que en todas estas reacciones interviene una gran cantidad de ácido, el pH debe fijarse necesariamente en un valor bajo. Además, si el pH es superior a 1,5, los iones de hierro Fe³⁺ pueden precipitarse para formar goetita FeOOH. Por lo tanto, el pH debe ajustarse a un valor menor que 1,5, y preferiblemente menor que 1,2.

[0035] Establecer el pH por debajo de 0,8 no es necesario para reducir el contenido de zinc e implicaría el uso de grandes cantidades de ácido clorhídrico. Además, cuanto más ácida sea la solución, más hierro se lixiviará, unido a la reacción entre los óxidos de hierro y el ácido clorhídrico.

[0036] El zinc y el plomo presentes en el lodo inicial 100 se convierten en elementos solubles en agua que se retiran del lodo 100 y se transfieren a la parte líquida del lixiviado 102.

[0037] El producto de esta etapa de lixiviación 2 es un lixiviado 102. Este lixiviado 102 contiene principalmente Fe²⁺, Fe³⁺, Zn²⁺, Pb²⁺.

[0038] Para recuperar el hierro, es necesario tener este elemento solo bajo la forma de Fe³⁺, lo que significa que los iones de Fe²⁺ tienen que ser oxidados. Este paso de oxidación se puede realizar mediante el uso de iones de clorato:



[0039] Puede ocurrir a través de una etapa de oxidación específica 4 como se ilustra en la figura 1, o junto con la etapa de lixiviación al tener una concentración inicial de NaClO₃ mayor a la necesaria para la mera reacción con zinc y plomo.

[0040] Si se realiza a través de una etapa de oxidación específica 4, consiste en agregar un agente oxidante tal como clorato, por ejemplo, mediante el uso de una solución de NaClO_3 , al lixiviado 102 en un tanque de oxidación dedicado.

5 **[0041]** El producto de esta oxidación es un lixiviado oxidado 103 que comprende particularmente Fe^{3+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} .

[0042] Para recuperar el hierro, el lixiviado oxidado 103 se somete a una etapa de precipitación de hierro 6. Esta etapa de precipitación de hierro 6 se puede realizar mediante la adición de un componente alcalino, tal como cal, al lixiviado oxidado 103. Esta adición da como resultado un aumento del pH hasta un valor comprendido entre 2 y 3, en el que Fe^{3+} precipita como goetita FeOOH .

10

[0043] El producto de esta etapa de precipitación de hierro 6 es una primera mezcla 104 compuesta por una parte sólida, el lodo lixiviado 110 que incluye goetita 120 y una parte líquida, un líquido residual 106. Tal primera mezcla 104 se somete a una primera etapa de separación 7, que se puede realizar mediante cualquier técnica conocida de separación líquida/sólida, tal como decantación, flotación o filtración en el equipo asociado.

15

[0044] El lodo lixiviado 110 que incluye goetita 120 se puede someter a lavado y secado adicionales para eliminar cloruros. A continuación, se pueden reciclar en la planta de sinterización.

20

[0045] El líquido residual 106 aún contiene zinc y plomo que se pueden recuperar. Para ello, el líquido residual 106 se somete a una etapa de precipitación de zinc y plomo 8. Esta etapa de precipitación de zinc y plomo 8 se puede realizar mediante la adición de un componente alcalino, tal como cal, al líquido residual 106. Esta adición da como resultado un aumento del pH del líquido, preferentemente hasta 9,5, en el que precipitan los hidróxidos de zinc y plomo $\text{Zn}(\text{OH})_2$ y $\text{Pb}(\text{OH})_2$.

25

[0046] El producto de esta etapa de precipitación de zinc y plomo es una segunda mezcla 107 compuesta de una parte sólida, un concentrado de zinc y plomo 130, y de una parte líquida, un efluente 108. Tal segunda mezcla 107 se somete a una segunda etapa de separación 9. Esta etapa de separación puede realizarse mediante cualquier técnica conocida de separación líquida/sólida, tal como decantación, flotación o filtración, en el equipo asociado.

30

[0047] El concentrado 130 de zinc y plomo puede reciclarse en un horno Waelz, y el efluente 108 se trata con otros efluentes de la planta de acero.

35 **[0048]** Otra realización de la invención se ilustra en la figura 2. En esta realización, el procedimiento de tratamiento 20 de un lodo 200 que contiene hierro y más del 4,5 % en peso de zinc, tal como lodo de alto horno, comprende una etapa de lixiviación 22, tal como se describe en la primera realización.

[0049] El lixiviado 202 resultante de esta etapa de lixiviación 22 se compone de una parte sólida, el lodo lixiviado 210, y de una parte líquida, un líquido residual 203. El lixiviado 202 se somete a una primera etapa de separación 23, para separar ambas partes. Esta etapa de separación 23 puede realizarse mediante cualquier técnica conocida para separar líquido de sólido, tal como decantación, flotación o filtración, en el equipo asociado.

40

[0050] El lodo lixiviado 210 puede someterse a lavado y secado adicionales para eliminar los cloruros restantes. A continuación, se puede reciclar en la planta de sinterización.

45

[0051] El líquido residual 203 comprende particularmente Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} y Pb^{2+} . Estos metales deben ser recuperados.

50 **[0052]** Para ello, el líquido residual 203 se somete a una etapa de precipitación 24, con el fin de precipitar zinc, hierro y plomo. Esta etapa de precipitación 24 se puede realizar mediante la adición de un componente alcalino, tal como cal, al líquido residual 203. Esta adición permite un aumento del pH del líquido, preferentemente hasta 9,5, en el que los tres componentes precipitan como hidróxidos.

55 **[0053]** El producto de esta etapa de precipitación 24 es una mezcla 204 compuesta por una parte sólida, un concentrado 220 de zinc, plomo y hierro, y de una parte líquida, un efluente 206. La mezcla 204 se somete a una segunda etapa de separación 25, para separar ambas partes. Esta etapa de separación puede realizarse mediante cualquier técnica conocida para separar líquido de sólido, tal como decantación, flotación o filtración, en el equipo asociado.

60

[0054] En esta realización, solo se realiza una etapa de precipitación y el concentrado 220 se obtiene así en un concentrado de zinc, plomo y hierro que se puede reciclar en un horno Waelz. El efluente 206 se trata con otros efluentes de la planta de acero.

65 Ejemplos

Conjunto de ensayos 1 - Uso de clorato

[0055] Los ensayos se realizan en muestras de lodos de alto horno que tienen diferentes composiciones. La composición inicial (% en peso) de las diferentes muestras se recoge en la tabla 1. Esta composición inicial se determinó mediante el uso de un procedimiento clásico de espectroscopía con fluorescencia X. Los porcentajes de masa se refieren a las relaciones de masa elemental. De hecho, los componentes elementales del lodo pueden estar presentes bajo diferentes formas minerales, tales como óxidos.

% p Núm.	C	Fe	Zn	Pb	Si	Ca	Al	Ti	S	Mg	P	Mn	K	Na	Cl
S1	39,8	26,1	44	1,1	2,3	3,1	1,5	0,1	1,6	0,5	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2
S2	39,3	20,1	11,9	0,9	2,4	1,6	1,4	0,1	2,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3
S3	40,2	24,8	6,4	0,9	2,5	2,6	0,9	0,1	1,9	0,5	0,1	0,1	0,4	0,3	0,4
S4	45,4	22,8	5,4	1,1	2,7	1,8	1,2	0,1	2,0	0,5	0,1	0,1	0,5	0,3	0,2
S5	51,1	17,2	6,4	0,9	2,7	2,9	1,4	0,1	2,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,2	0,6
S6	43,6	21,1	7,5	0,9	2,7	1,5	1,2	0,1	2,5	0,4	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3
S7	42,3	21,8	6,8	1,5	2,4	2,0	1,3	0,1	2,5	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2	0,3

Tabla 1

[0056] La muestra 1 contiene menos del 4,5 % en peso de zinc.

[0057] Las muestras 1 a 3 se someten a una etapa de lixiviación mediante el uso de solamente HCl como agente de lixiviación, sin clorato y por lo tanto no según la presente invención.

[0058] Las muestras 4 a 7 se someten a una etapa de lixiviación según la invención, los agentes de lixiviación son HCl y NaClO₃.

[0059] El HCl utilizado para todas las muestras es una solución de HCl al 33 % en peso.

[0060] Todas las demás condiciones de las etapas de lixiviación son las mismas para todas las muestras, la temperatura de la solución de lixiviación es de 60 °C y la velocidad de mezcla es de 300 rpm. El tiempo de tratamiento es de una hora. Todas las muestras son lodos húmedos, con alrededor del 55 % de lodos secos, lo que representa alrededor de 100 g.

[0061] Después de la etapa de lixiviación, todas las muestras se someten a una etapa de filtración para separar el lodo lixiviado del líquido residual. A continuación, el lodo lixiviado se somete a varias etapas de lavado y a continuación se determina su composición mediante el uso de un procedimiento clásico de espectroscopía con fluorescencia X.

[0062] La relación de lixiviación se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Relación de lixiviación: } \%_{0l}(X) = \frac{(w_l(X) - w_f(X))}{w_l(X)} \times 100$$

Donde: $w_i(X)$ es el peso del elemento X en el lodo inicial
 $w_f(X)$ es el peso del elemento X en el lodo lixiviado

[0063] Estas condiciones y resultados se resumen en la tabla 2:

Tabla 2

Muestra núm.	pH	Agentes de lixiviación (g)		Lodo lixiviado - composición				Razones de lixiviación			
		NaClO ₃	HCl	% Fe	% Zn	% Pb	% C	% Fe	% Zn	% Pb	% C
S1	1,2	0	82	24,7	0,31	0,08	57,3	39,9	95,5	81,9	8,2
S2	1,1	0	74	18,3	1,59	0,10	61,4	44,3	91,8	92,8	4,6
S3	1,0	0	65	24,6	0,41	0,08	57,1	35,6	95,9	94,2	8,2
S4	0,8	1,0	99	18,6	0,14	0,02	63,8	43,9	98,0	98,4	3,6
S5	1,0	4,7	80	13,9	0,25	0,03	69,6	45,6	97,4	97,6	7,9
S6	0,5	1,0	149	15	0,19	0,02	66,2	53,8	98,4	97,9	3,7
S7	0,8	1,2	85	22,1	0,11	0,04	55,5	29,5	98,9	98,4	8,7

[0064] Para la muestra 1, ya que tiene un bajo contenido en zinc (inferior al 4,5 % en peso), una lixiviación con solo HCl como agente de lixiviación es suficiente para alcanzar un bajo contenido (inferior al 0,40 % en peso) en zinc en el lodo final.

[0065] Sin embargo, para las muestras 2 y 3, que contienen más del 4,5 % en peso de zinc, el uso de HCl solo como agentes de lixiviación no es suficiente; el contenido en zinc del lodo lixiviado es superior al 0,40 % en peso.

10 **[0066]** Para las muestras 4 a 7, que se han sometido a un tratamiento según la invención, todos los lodos finales tienen un contenido en zinc menor que el 0,40 % en peso y menor que el 0,10 % en peso en plomo.

Conjunto de ensayos 2 – pH

15 **[0067]** Los ensayos se realizan en muestras de lodo de alto horno con la misma composición inicial. Esta composición inicial (% en peso) en hierro, zinc, carbono y plomo se indica en la tabla 3. Esta composición inicial se ha determinado mediante el uso de un procedimiento clásico de espectroscopía con fluorescencia X, excepto por el contenido de carbono que se determinó mediante el uso de un analizador de azufre de carbono. Los porcentajes de masa se refieren a las relaciones de masa elemental. De hecho, los componentes elementales del lodo pueden estar
20 presentes bajo diferentes formas minerales, tales como óxidos.

Tabla 3

% p	C	Fe	Zn	Pb	Si	Ca	Al	Ti	S	Mg	P	Mn	K	Na	Cl
	39,8	26,1	4,6	1,1	2,3	3,1	1,5	0,1	1,6	0,5	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2

25 **[0068]** Todas las muestras se someten a una etapa de lixiviación, los agentes de lixiviación utilizados son HCl y NaClO₃. El HCl utilizado para todas las muestras es una solución de HCl al 33 % en peso.

[0069] Todas las condiciones de las etapas de lixiviación son las mismas para todas las muestras, excepto el pH. La temperatura del lixiviado es de 60 °C y la velocidad de mezcla es de 300 rpm. El tiempo de tratamiento es de
30 2 horas. Todas las muestras son lodos húmedos, con alrededor del 55 % de lodos secos, lo que representa alrededor de 80 g.

[0070] Para las muestras S8, S9, S10 y S11, el pH del lixiviado está en el intervalo de 0,8 a estrictamente inferior a 1,5, mientras que para las muestras S12 y S13 está fuera de este intervalo.

35 **[0071]** Después de la etapa de lixiviación, las muestras se someten a las mismas etapas de separación y lavado que se describen para el conjunto de ensayos 1.

40 **[0072]** La relación de lixiviación se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Relación de lixiviación: } \%_l(X) = \frac{(w_l(X) - w_f(X))}{w_i(X)} \times 100$$

Donde: $w_i(X)$ es el peso del elemento X en el lodo inicial
 $w_f(X)$ es el peso del elemento X en el lodo lixiviado

[0073] Estas condiciones y resultados se recogen en la tabla 4:

Tabla 4

Muestra núm.	Agentes de lixiviación (g)		pH	Lodo lixiviado - composición (% p)				Relación de lixiviación			
	NaClO ₃	HCl		% Fe	% C	% Zn	% Pb	% Fe	% Zn	% Pb	% C
8	1,86	82,9	1,33	26,35	55,15	0,28	0,04	33	95,7	97,9	8
9	1,86	91,2	1,18	24,54	57,15	0,22	0,03	40	96,8	98,2	8
10	1,86	98,1	1,11	23,19	58,85	0,15	0,02	44,7	97,9	98,9	7,8
11	1,86	96,0	0,80	23,64	60,35	0,19	0,05	47,1	97,6	97,6	<u>15,2</u>
12	1,86	59,4	<u>1,5</u>	28,21	49,50	<u>0,45</u>	0,08	22	92,6	94,7	10
13	1,86	40	<u>2,03</u>	27,83	47,05	<u>0,61</u>	<u>0,86</u>	13	89	42,2	9

5

[0074] Los lodos lixiviados procedentes de las muestras S12 y S13 son los únicos dos para los que el contenido final de zinc es demasiado elevado.

[0075] La relación de lixiviación del hierro aumenta junto con la disminución del pH. Un buen equilibrio para tener una buena tasa de recuperación tanto de carbono como de hierro es tal para tener un pH superior a 0,8.

[0076] El procedimiento de tratamiento según la invención permite alcanzar un contenido final en zinc inferior al 0,40 % en peso y en plomo inferior al 0,10 % en peso mientras que tiene una buena tasa de recuperación de hierro, mayor que el 50 %, y de carbono, mayor que el 85 %.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el tratamiento de un lodo de alto horno que contiene hierro y entre el 4,5 % y el 12 % en peso de zinc, comprendiendo dicho procedimiento una etapa de lixiviación donde los agentes de lixiviación incluyen ácido clorhídrico y clorato, y donde dichos agentes de lixiviación se agregan en una cantidad tal para establecer el pH del lixiviado directamente resultante de esta etapa de lixiviación en un valor entre 0,8 y por debajo de 1,5.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde el lixiviado tiene un pH comprendido entre 0,8 y 1,2.
3. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el clorato es un compuesto de clorato de sodio.
4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de lixiviación se realiza a una temperatura entre 50 y 65 °C.
5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el lodo contiene inicialmente más del 7 % en peso de zinc.
6. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el lodo contiene inicialmente entre el 1 y el 2 % en peso de plomo.
7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se realiza al menos una etapa de separación después de la etapa de lixiviación, para separar un lodo lixiviado de un líquido residual en el lixiviado.
8. Un procedimiento según la reivindicación 7, donde se realiza una etapa de precipitación de hierro después de la etapa de separación para precipitar goetita.
9. Un procedimiento según la reivindicación 8 donde se realiza una etapa de precipitación de zinc y plomo después de la etapa de precipitación de hierro para obtener hidróxidos de zinc y plomo.
10. Un procedimiento según la reivindicación 7, donde se realiza una única etapa de precipitación después de la etapa de separación para obtener un concentrado de hidróxidos de zinc, plomo y hierro.
11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, donde la etapa de precipitación se realiza mediante adición de cal.
12. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el producto final es un lodo que contiene menos del 0,40 % en peso en zinc y menos del 0,10 % en peso en plomo.
13. Un procedimiento de reciclado donde el lodo de alto horno tratado con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores se envía a una planta de sinterización.

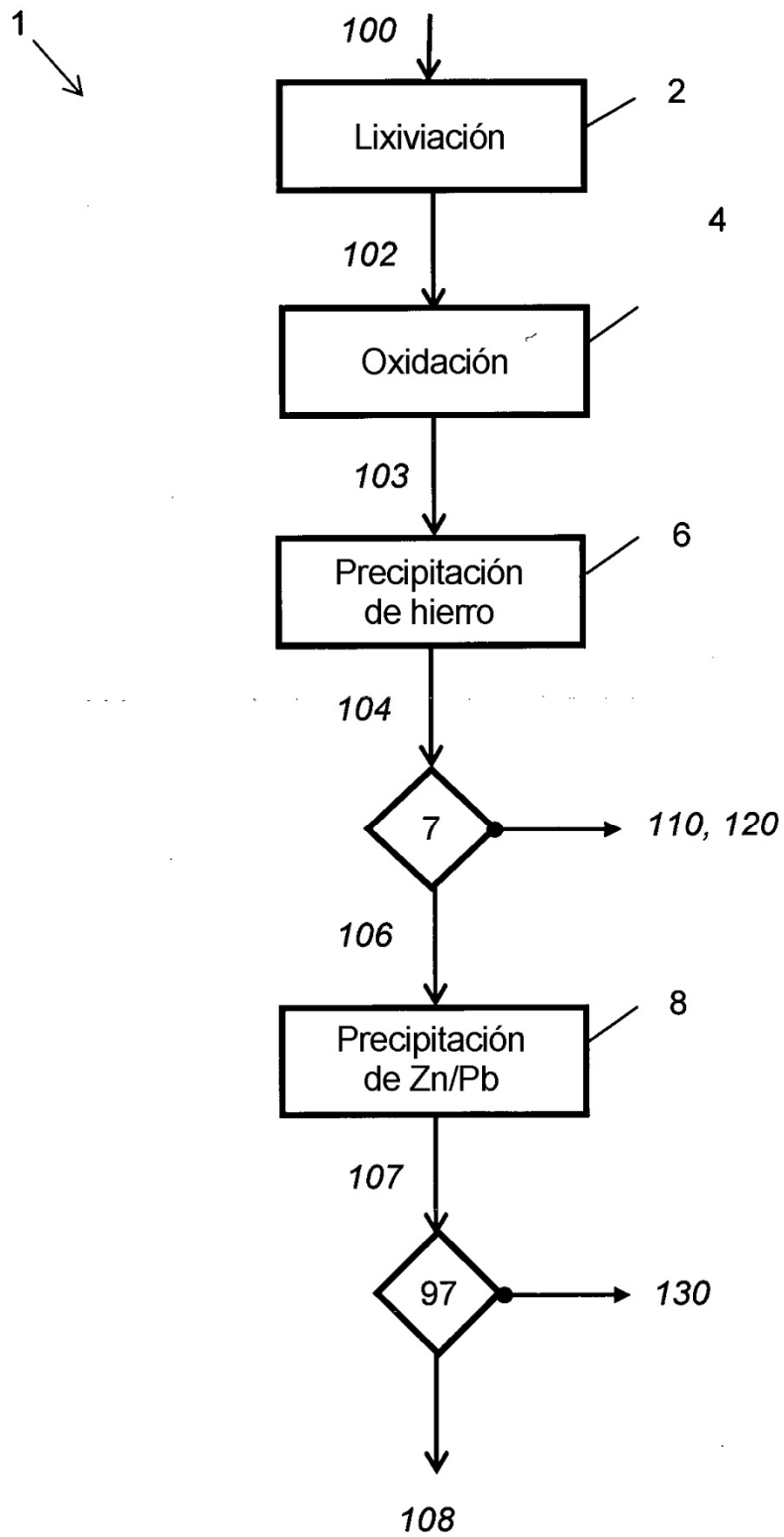


Figura 1

