

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 403 360**

51 Int. Cl.:

C22B 7/00 (2006.01)

C22B 19/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2006 E 06124793 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 1878806**

54 Título: **Procedimiento de extracción de zinc por tratamiento alcalino electro-hidro metalúrgico de polvo proveniente de horno eléctrico por arco**

30 Prioridad:

12.07.2006 CL 182406

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

17.05.2013

73 Titular/es:

**TECNOLOGÍAS DE RECICLAJE, S.A. (33.3%)
Los Militares No. 4344 Oficina 32
Las Condes, Santiago, CL;
VEGA VIVEROS, RICARDO (33.3%) y
CORREA PEÑA Y LILLO, DUBERLIS (33.3%)**

72 Inventor/es:

**VEGA VIVEROS, RICARDO y
CORREA PEÑA Y LILLO, DUBERLIS**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 403 360 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 de extracción de zinc por tratamiento alcalino electro-hidro metalúrgico de polvo proveniente de horno eléctrico por arco

- 5 **[0001]** El objeto de esta patente es un procedimiento hidrometalúrgico que incorpora mejoras a la tecnología base conocida como "Procedimiento REZEDA", que se refiere a la extracción y producción de polvo de Zinc en medio alcalino a partir de polvo de acerías (EAF dust). La invención se refiere a los procedimientos de tratamiento de polvo de acerías eléctricas, y que también es aplicable a otras materias primas o residuos que contengan Zinc y Plomo que se pueda extraer en ambiente alcalino.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 **[0002]** El procedimiento REZEDA está representado por la patente FR 2.510.141 de 1983, pero es necesario puntualizar que también son referentes los procesos de lixiviación alcalina denominados CEBEDEAU, CARDIFF y AMAX (1, 2, 3). En beneficio de la simplificación de la exposición, en adelante, sólo nos referiremos al polvo de acerías eléctricas.
- 15 **[0003]** Las acerías eléctricas utilizan principalmente chatarra prensada, chapas, elementos galvanizados, etc., que contienen metales pesados tales como Zn, Pb y Cd, que se evaporan a la alta temperatura a que funcionan estos hornos (1600 °C), luego condensan como óxidos al enfriarse los humos y son capturados en filtros de mangas. Este polvo es muy fino y difícil de manejar, su composición química promedio es la que muestra la Tabla 1, en la que destaca un 20-21% de Zn, 20-35% de Fe, 3 a 5% de Pb, 3% de cloruros, etc. Se registra la presencia de Cd en no más de 800 ppm.
- 20 Tabla 1. Composición promedio de polvos de acerías (EAF dust), % p/p base seca.

Elemento	Chile	USA	Francia	España
Fe	34.4	28.5	21.8	25.9
Zn	20.0	19.0	21.2	18.6
Pb	4.68	2.1	3.6	3.63
Cd	0.076	< 0.01	ND	0.10
Cr	0.2	0.39	0.37	0.31
As	0.01-0.03	ND	ND	ND
Ca	1.91	1.85-10.0	12.8	3.50
Ni	0.017	0.01-0.02	0.1	0-0.7
Mo	<0.01	< 0.02	ND	ND
Mn	1.83	0.08	2.5	2.81
Mg	0.71	2.46-4.60	ND	1.53
Cu	0.2-03	0.77-2.93	0.25	0.54
Si	1.5	0.6-2.32	ND	1.65
Cl	3.5	1.35-2.49	1.75	3.43
F	-	0.51- 2.36	ND	ND
K	2	0.01-0.88	2.06	1.23
Na	1.37	0.06-1.12	2.23	1.27
Al	0.27	0.29-2.31	ND	0.44
S	1.08	ND	ND	ND
Refs.(4, 5)				

[0004] Cuando el contenido de zinc del polvo está al nivel de 20 a 21%, ocurre que 20 a 30% del mismo se encuentra en la forma ferrita de Zinc, ZnFe₂O₄, que a diferencia del óxido de Zn, ZnO, es difícilmente soluble en los tratamientos hidrometalúrgicos, tanto en medio ácido como alcalino a que es sometido para recuperar el Zinc.

5 **[0005]** La legislación ambiental de prácticamente todos los países, que es cada vez más rigurosa, clasifica al polvo de acería eléctrica como residuo peligroso por su contenido de metales pesados, lo que significa que el residuo no puede ser dispuesto sin un tratamiento previo (5). Por otra parte, la posibilidad de reciclar este polvo en la misma acería que lo produce, para recuperar el hierro que contiene (25-35%), es difícil por los problemas operacionales que provoca dado lo fino del polvo y la presencia de los contaminantes señalados. La peligrosidad de los polvos de acerías se debe a la presencia de Pb, Cd y Cr hexavalente, que se mide por el test de la EPA (Environmental Protection Agency de USA) SW-846 Método-1311 "TCLP- Toxicity Characteristic Leaching Procedure", Toxicidad característica por Procedimiento de lixiviación (7, 8). En la Tabla 2 se muestra los límites de lixiviación que deben cumplir los residuos.

Tabla 2. Límites de lixiviación (ppm) para EAF dust.

	Pb	Cd	Cr	As	Ag	Ba	Hg	Se	U
US EPA	5	1	5	5	5	ND	0.2	1	ND
Canadá	0.5	0.5	0,5	0.5	0.5	50	0.01	0.1	200
Italia	0.2	0.02	2	0.5	0.5	ND	ND	ND	ND
Alemania	2.0	0.5	10.0	1	ND	ND	ND	ND	ND
Refs.: (7, 8 y 9)									

15

[0006] En Chile y en la mayoría de los países latinoamericanos se aplica la norma señalada. En los últimos años, las regulaciones ambientales en el mundo han avanzado mucho, así por ejemplo, en USA en 1988 la EPA clasificó el polvo de acerías como peligroso (10) y en 1995 se estableció que las tecnologías de tratamiento debían cumplir con el test de TCLP para 14 elementos (11). La Tabla 3 muestra análisis típicos de TCLP para polvos de acerías chilenas, en la cual se observa que excede la normativa nacional para el Cd.

20

Tabla 3. Resultados típicos del Test TCLP para polvos de acerías chilenas, mg/L.

Muestra	P	Cd	Cr	A	Ag	B	Hg	Se
1	0.5	4.0	0.05	<0.001	<0.02	0.4	<0.001	0.10
2	1.8	24.6	<0.03	<0.001	<0.01	0.5	<0.001	0.14
Norma	5	1	5	5	5	100	0.2	1

25

[0007] En consecuencia, las consideraciones ambientales son claves en la investigación y desarrollo de tecnologías para procesar este tipo de residuos. Así, la estrategia a seguir debe ser recuperar los metales de valor (Fe, Zn, Pb) y generar un residuo no peligroso que pueda ser almacenado sin problema, o bien valorizado a través de algún otro uso.

30

[0008] Las consideraciones ambientales significan que los procesos industriales a aplicar deben cumplir la normativa ambiental que cada país establece, y que se traducen en reglamentos y normas que se expresan en el cumplimiento de determinados estándares ambientales de calidad del aire, emisión de material particulado y disposición de los residuos líquidos y sólidos.

35

[0009] Para el reciclaje, diferentes procesos están disponibles. En primer lugar están los procesos pirometalúrgicos representados por el proceso Waelz (12), que es la principal tecnología vigente de las denominadas High Temperature Metal Recovery (HTMR), es una tecnología robusta, bien establecida y exhibe las siguientes características:

1) Opera a alta temperatura con uso intensivo de energía.

40

2) Tamaño mínimo económico es de sobre 50.000 toneladas por año (13), lo que ha obligado a establecer plantas regionales en USA dado que el promedio de generación de polvos de acerías (EAF dust) es de 8.000 toneladas por año por planta (10). Esto enfrenta la presión gubernamental de restringir el transporte de materiales peligrosos.

- 3) Genera productos de bajo valor que requieren un tratamiento hidrometalúrgico (lavado) para valorizarlos.
 - 4) Produce una escoria inerte que se emplea en el estabilizado de carreteras.
 - 5) Libera volúmenes importantes de gases de combustión a la atmósfera.
- 5 **[0010]** Varias de las otras tecnologías HTMR (10) se han orientado a resolver los problemas que presenta el proceso Waelz, en el sentido de instalar plantas pequeñas, procesar los polvos sin tener que aglomerarlos, reciclar el hierro y generar un residuo no peligroso. Sin embargo, casi todos estos procesos también hacen uso intensivo de energía y presentan problemas en la condensación de los metales volatilizados (Pb, Zn, Cd, y sales como cloruros), por lo que muchos de ellos han sido abandonados.
- 10 **[0011]** Las tecnologías hidrometalúrgicas están menos desarrolladas, existiendo plantas a nivel piloto o pequeña escala comercial. Estas tecnologías están adquiriendo importancia por las siguientes razones (14):
- 1) Proporcionan beneficios ambientales ya que no generan contaminación atmosférica.
 - 2) Posibilitan la instalación de plantas mucho más pequeñas, que en términos comparativos son de menor inversión y costo operacional.
 - 15 3) Tienen habilidad para producir productos de mayor valor agregado (metales puros).
 - 4) Habilidad para separar los haluros con facilidad y disposición fácil de los vertidos.
 - 5) Generan un residuo sólido reciclable al EAF o HTMR.
- [0012]** Los problemas que siguen pendientes por resolver son los siguientes (14, 5):
- 20 1) Baja recuperación del Zinc por el hecho de que el Zinc contenido en la ferrita no se disuelve en prácticamente ninguno de los medios de lixiviación empleados, incluyendo ácidos minerales y bases fuertes.
 - 2) La separación del metal es cara.
 - 3) El residuo sólido de la lixiviación no es inerte, lo que encarece su disposición y limita sus aplicaciones.
- 25 **[0013]** Se continúan realizando trabajos de investigación con el proceso en medio alcalino por las siguientes ventajas que ofrece (15), en especial frente al proceso en medio ácido:
- 30 1) Separación del hierro en la etapa de lixiviación, ya que los óxidos de hierro son insolubles en medio alcalino (16), a diferencia de los óxidos de Zinc, Plomo y Cadmio, que son rápidamente disueltos. En medio ácido, se disuelve una cantidad importante de hierro, complicando económicamente las etapas de separación de éste y su disposición final.
 - 2) Produce un producto de mayor valor agregado (polvo de Zinc de alta calidad).
 - 3) Más favorable por mejor manejo y minimización de los residuos (15).
- 35 **[0014]** Las mejoras que se han investigado en el proceso alcalino se refieren a la liberación del Zinc de la ferrita por fusión con soda y posterior lixiviación, con una recuperación de 95 % (17) y la lixiviación con soda mediante microondas (4), que aumenta en 5 a 10 % la recuperación del Zinc en relación al sistema convencional.
- [0015]** En suma, desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental, los procesos hidrometalúrgicos son superiores a los pirometalúrgicos, y dentro de los hidrometalúrgicos el proceso alcalino tiene claras ventajas sobre el proceso en medio ácido, de ahí la importancia que está teniendo este proceso a pesar de que a la fecha no se conocen realizaciones industriales exitosas.
- 40 **[0016]** Las primeras y principales patentes que formalizan el proceso hidrometalúrgico en medio alcalino (procedimiento REZEDA) son las patentes US 3.326.783 de 1967 y la FR 2.510.141 de 1984. La primera, aplicada a la calcina procedente de la tostación de los minerales oxidados de zinc, y la segunda aplicada a los polvos de acerías eléctricas.
- 45 **[0017]** En la década del 70, Amax Co. de New Jersey, USA, operó una planta piloto basada en el proceso alcalino. El desarrollo fue abandonado por problemas técnicos y económicos (17). Una planta industrial fue construida más tarde en Francia, también sobre la base del proceso alcalino, y también fue abandonada (17).

[0018] Las mejoras introducidas a las patentes descritas intentan resolver en forma económica la eliminación de los cloruros y sulfatos presentes en los polvos de acería, cuya concentración en la etapa de electrodeposición esta sujeta a restricciones.

5 **[0019]** A continuación, y con el objeto de tener una mejor comprensión del estado del arte de esta tecnología, se describirá el proceso base (Procedimiento REZEDA) y luego las mejoras introducidas con posterioridad por otras patentes.

10 **[0020]** El proceso hidrometalúrgico base, en medio alcalino, descrito en las patentes precedentes, comprende una etapa de lixiviación de los polvos de acerías con solución de soda, seguidamente viene una etapa de filtración en la que se separa un residuo sólido con alto contenido de hierro luego de ser lavado. El filtrado se purifica mediante cementación con polvo de Zinc, precipitando el plomo, cadmio, cobre y otros metales pesados, los que se separan por filtración. El filtrado pasa a la etapa de electrodeposición, depositándose el polvo de Zinc, el cual es filtrado, lavado y secado para obtener el polvo seco. La solución agotada de la etapa de electro deposición se recicla a la etapa de lixiviación, previa eliminación de las impurezas salinas por evaporación. La solución agotada de recicló, que circula en circuito cerrado, se va enriqueciendo progresivamente en impurezas salinas, específicamente cloruros y sulfatos que son aportadas por la alimentación de los polvos de acerías en tratamiento, por la soda, el agua y otros insumos. Estas impurezas deben ser eliminadas ya que se debe mantener un determinado nivel de concentración de ellas en la etapa de electro deposición. Estas impurezas salinas se eliminan como una salmuera obtenida por evaporación de la solución de recicló.

20 **[0021]** La patente US 3.326.783 de 1967 no suministra información sobre calidad del polvo de Zinc obtenido, ni de la disposición del residuo o cómo se tratan las impurezas salinas y las aguas de lavado, cuestiones importantes en la economía del proceso, lo cual se explica porque en esa época las regulaciones ambientales eran más bien elementales.

25 **[0022]** La patente FR 2.510.141, detalla en forma más precisa las etapas de lixiviación, cementación y electro-deposición. Reivindica una lixiviación en dos etapas para hacer soluble tanto el Zinc presente en óxidos como en las ferritas, sin embargo, señala que sólo es económica la lixiviación de los óxidos, y propone la etapa de evaporación para eliminar las sales. Respecto al residuo de la lixiviación, sólo señala que es estéril, sin presentar evidencia ni indicar como se dispone. Sobre la calidad del polvo de Zinc obtenido, sólo se refiere a la granulometría, la que sitúa en un 82% entre 200 y 325 micras, y no informa de las impurezas contenidas ni de su contenido metálico, cuestión importante para establecer la rentabilidad del proceso.

30 **[0023]** La patente FR 2.757.540 de 1998 propone someter los polvos de acerías a un tratamiento de lixiviación con lejía acuosa para eliminar de ellos, por disolución, los cloruros y sulfatos presentes para, posteriormente, someter a lixiviación alcalina el residuo húmedo así lavado, cementar la solución alcalina resultante y electro depositar el zinc desde ella para, finalmente, reciclar la solución agotada directamente a la etapa de lixiviación. Por su parte, una fracción cercana al 70% de la solución de lavado, cargada con cloruros y sulfatos, se recicla a la etapa de lavado con lejía, mientras que el resto se somete a una neutralización con ácido para precipitar principalmente hidróxido de plomo, que se envía a lixiviación alcalina junto con el residuo húmedo producto del lavado con lejía. El filtrado se trata en un evaporador para separar una salmuera y agua que se vuelve a proceso. El análisis de esta patente es el siguiente:

40 1) El pretratamiento de desalinización de los polvos de acerías conforma una línea de proceso (L1) autónoma e independiente de la línea (L2) de tratamiento alcalino propiamente tal, ligadas solamente porque esta última es alimentada con el residuo húmedo y los precipitados de hidróxidos que genera la primera, perdiéndose así el grado de separación que ya tenían.

45 2) Afirma la patente que las aguas de lavado que se tratan en el evaporador son solamente las que se generan en L1. Sin embargo, en L2 se tiene la siguiente situación: el residuo húmedo que alimenta a esta línea lleva un contenido de cloruros no superior a 0,03 % (18) y una humedad estimada entre 10 y 30 %, nivel de humedad que depende del tipo de separación sólido líquido que se emplee. Puesto que la línea opera con una solución lixiviante en circuito cerrado, habrá un efecto acumulativo de sales y agua. El contenido de sales esta limitado por la concentración que impone la etapa de electrodeposición, como asimismo el contenido de agua esta limitado por la concentración de la soda en la corriente de recicló, que debe mantenerse entre 300 y 400 g/L. Por otra parte, también debe considerarse que las aguas de lavado en las etapas de filtración que tiene la línea de proceso se cargan de soda y cincato de sodio que es necesario recuperar, todo lo cual hace imprescindible realizar purgas continuas o periódicas y tratar las aguas de lavado en un evaporador. Sin embargo, la patente propone reciclar a la etapa de lixiviación una fracción de la solución de salida de la electro deposición, y neutralizar el resto con vertidos ácidos externos procedentes de operaciones de galvanización. El resultado final es que se elimina la evaporación pero se pierde soda y se generan residuos líquidos.

[0024] Finalmente, la patente FR 2.770.229 de 1999 se refiere al acondicionamiento del polvo de zinc obtenido por electrodeposición en medio alcalino. Básicamente, la pulpa que contiene el polvo de Zinc procedente de la electrodeposición se filtra en atmósfera inerte. El lavado de la torta de Zn embebida en solución de cincato se

realiza con agua desmineralizada y desoxigenada, para finalmente secar al vacío (65 mm de Hg) y a baja temperatura (20-30°C). Todas estas operaciones se realizan en un solo equipo. Plantea el empleo de ultrasonido para acelerar la operación de lavado o para mejorar la segregación más rápida del polvo final. El polvo de zinc que registra esta patente tiene un contenido de zinc total del 99.6 %, del cual un 97-98 % es Zn metálico y un 2 a 3 % es óxido de zinc, y exhibe una granulometría del orden de 6 micras.

[0025] Los procesos tradicionales que se describen en todas las patentes analizadas precedentemente se emplean celdas de electrodeposición convencionales, de diseño rectangular, abiertas a la atmósfera en su superficie, por lo que padecen de la desventaja de producir neblina alcalina debido a la ruptura de burbujas de hidrógeno y oxígeno. Además, su hidrodinámica determina que produzcan Zn de granulometría gruesa, tipo hojuelas, que tienden a adherirse a la superficie de los cátodos, dificultando su eliminación, haciendo necesario el uso de complejos sistemas de vibración o de barrido.

DESCRIPCIÓN

[0026] La presente solicitud de patente de invención que se propone, se refiere a un procesamiento hidrometalúrgico alcalino tradicional (Procedimiento REZEDA más las innovaciones propuestas por patentes posteriores), al que se introduce varias etapas de proceso así como mejoras y modificaciones que permiten obtener polvo de Zinc de alta pureza y fina granulometría a partir de polvo de horno eléctrico (EAF dust), evitan la generación de residuos líquidos y minimizan las emisiones gaseosas, contribuyendo a hacer ambientalmente sustentable al proceso mediante la reducción de la contaminación ambiental a niveles inferiores a los exigidos por las normativas, y que además reducen el consumo de agua y de álcali e inertizan la ganga, valorizándola como material de construcción o material para ser reciclado a las acerías, todo lo cual apoya la rentabilidad del proceso.

[0027] Específicamente, la presente invención se refiere a un proceso electro-hidrometalúrgico en medio alcalino para la extracción de Zn de polvo de horno eléctrico (EAF dust) para producir Zn de alta pureza y fina granulometría, que comprende las siguientes etapas:

1. lixiviar el polvo de horno eléctrico con una solución alcalina 2,
2. separar el líquido de la ganga agotada,
3. lavar la ganga,
4. purificar el líquido por cementación y separarlo de los sólidos precipitados,
5. lavar estos sólidos,
6. evaporar parcialmente la solución pura y purgar una fracción de la solución concentrada obtenida,
7. electro depositar el Zinc desde esta solución pura y
8. separar, lavar y secar el zinc depositado,

caracterizado por el hecho de que además comprende

- a. inertizar la ganga de lixiviación,
- b. purificar por adsorción la solución obtenida de la cementación,
- c. evaporar una fracción de esta solución purificada,
- d. cristalizar subsecuentemente una fracción de la solución concentrada anterior,
- e. acondicionar la humedad del polvo de horno eléctrico para su transporte y manejo;
- f. separar el polvo de Zn de la solución de cincatos,
- g. lavar en etapas sucesivas los sólidos separados después de la lixiviación, cementación y electro deposición.

[0028] En este proceso, la etapa de inertizar la ganga de lixiviación, comprende tratar dicha ganga húmeda con una mezcla de SiO₂ (puzolana, bentonita o sílica gel), entre 0.02 y 0.5% de la ganga seca, Ca(H₂PO₄)₂·H₂O entre 0.5 y 3%, y Ca(OH)₂ entre 0.2 y 0.8%, estos componentes se agregan preferentemente a la torta de ganga húmeda de forma que la masa quede con un contenido de humedad entre 15 y 25%, preferentemente alrededor de 20%, esta masa se somete a mezclado en un equipo tipo betonera hasta homogeneidad y luego se seca hasta un contenido de humedad de 10%.

- 5 [0029] Preferentemente, en el proceso de la invención, la solución alcalina se somete a adsorción por percolación con $\text{Ba}(\text{OH})_2$ para eliminar el Arsénico, donde dicha solución alcalina, rica en Zinc y parcialmente purificada por cementación, se percola continuamente sobre un lecho fijo de $\text{Ba}(\text{OH})_2$, preferentemente operando en etapas, en contracorriente o en corrientes cruzadas, con una carga de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ entre 3 y 10, preferentemente 5 veces, superior a la estequiométrica requerida por cada carga del cementador, por razones de seguridad; una vez agotada la capacidad de adsorción del lecho, éste se elimina, se seca y se dispone en vertedero.
- 10 [0030] Preferentemente, el proceso comprende además comprende cristalizar por evaporación la solución lixivante, previa evaporación en un evaporador multi-efecto, para obtener sales cristalizadas que se eliminan.
- 10 [0031] Aún más preferentemente, el proceso de la invención incluye acondicionar el contenido de humedad de los polvos de horno eléctrico entre 5 y 10%, preferiblemente alrededor de 8%, el que debe mantenerse durante el transporte desde la fuente proveedora, así como durante su posterior almacenamiento y manejo interno en la planta, para lo cual deben disponerse sensores y aspersores tanto en los equipos de acopio como en los vehículos de transporte.
- 15 [0032] Ventajosamente, en el proceso de la invención la solución alcalina lixivante se concentra en un evaporador multiefecto, hasta alrededor de 32% de soda, para reciclarla a la etapa de lixiviación, y también recuperar el agua, la que se reutiliza en los procesos de lavado.
- 20 [0033] Más ventajosamente, el lavado de sólidos embebidos en cincatos, que se precisa en las operaciones de separación sólido-líquido de las etapas de lixiviación, cementación y electro deposición, se efectúa en una o más etapas, preferentemente en contracorriente o en corrientes cruzadas, usando entre aproximadamente 3 y 10 cargas sucesivas de soluciones de lavado, debiendo ser las primeras 2 a 5 cargas de una solución de soda de 200 y 400 gpL de NaOH y las últimas de agua, con volúmenes de carga del orden de aproximadamente uno a tres volúmenes de torta a lavar; luego, las aguas de lavado utilizadas son segregadas, de tal forma que las más diluidas se reutilizan en operaciones de lavado, en un circuito cerrado, y las de mayor concentración se incorporan a la corriente alcalina principal, previo a la cementación, para luego ser concentradas en el evaporador, recuperándose de esta forma tanto el agua como la concentración del álcali de la solución lixivante.
- 25 [0034] Más preferentemente, la solución alcalina purificada, se somete a electro deposición en una celda cilíndrica, de tipo EMEW, de Electrometals Technologies Ltd., cuyo diseño evita la generación de niebla alcalina y permite lavar los gases generados previo a su evacuación, en cuya celda se obtiene una pulpa de Zinc de granulometría fina, inferior a 100 micras, donde el 50% de las partículas es menor a 40 micras, la cual es separada y lavada en un separador sólido líquido, para luego ser secada, enfiada y envasada.
- 30 [0035] Ventajosamente, se utiliza un filtro en la operación de separación sólido-líquido de la pulpa de Zn, por medio de un filtro prensa para separar el Zinc de la solución de cincatos y obtener una torta de Zinc, la cual es lavada *in situ*, en corrientes cruzadas, con cargas sucesivas primero de soda pura, entre 200 y 400 gpL de NaOH, para liberarla del cincato, y luego de agua para liberarla de la soda.
- 35 [0036] Se puede utilizar un equipo para secar la torta de zinc lavada párale proceso de la invención, útil en un proceso electro hidrometalúrgico para la extracción de zinc de polvo EAF, para producir polvo de zinc de elevada pureza y tamaño fino de partícula que incluye las etapas adicionales mencionadas más arriba que incluye un cuerpo provisto de un tornillo rotatorio sinfín dispuesto axialmente en su interior, accionado externamente por un motor, un mecanismo de inclinación, un condensador conectado en la parte superior de uno de sus extremos, que incluye un serpentín refrigerante interior con entrada y salida para agua de refrigeración, una salida a través de un sellado de agua, un soplador que sigue al condensador y que esta conectado a la parte superior del otro extremo del cilindro, una tolva que incluye un tornillo sinfín accionado por un motor externo a ella, conectada al cilindro a través de una válvula rotatoria en las proximidades de la conexión del condensador, una válvula rotatoria ubicada en la parte inferior del cilindro, en el extremo opuesto al de la tolva, un sistema de calefacción externo, indirecto, mediante resistencias eléctricas, vapor o aceite de calefacción o gases de combustión y una boquilla para inyección de nitrógeno.
- 40 [0037] También, se puede utilizar un equipo para secar la torta de zinc lavada párale proceso de la invención, útil en un proceso electro hidrometalúrgico para la extracción de zinc de polvo EAF, para producir polvo de zinc de elevada pureza y tamaño fino de partícula que incluye las etapas adicionales mencionadas más arriba que tiene un diseño cilíndrico, y provisto de los siguientes elementos: un tornillo rotatorio sinfín dispuesto axialmente en su interior, accionado externamente por un motor; un mecanismo de inclinación; una válvula rotatoria en la parte superior de uno de sus extremos y otra en la parte inferior del extremo opuesto del cilindro; un sistema de refrigeración externo, indirecto, mediante un fluido refrigerante; y una boquilla para inyección de nitrógeno.
- 45 [0038] También, se puede utilizar un equipo para secar la torta de zinc lavada párale proceso de la invención, útil en un proceso electro hidrometalúrgico para la extracción de zinc de polvo EAF, para producir polvo de zinc de elevada pureza y tamaño fino de partícula que incluye las etapas adicionales mencionadas más arriba que incluye un reactor cerrado, implementado con un agitador y un sistema indirecto de calentamiento; cuya tapa está provista de un condensador seguido por un extractor y un conducto de ventilación, este sistema mantiene
- 55

una presión ligeramente negativa dentro del reactor, evitando así las fugas de niebla alcalina hacia dentro y fuera del edificio de procesamiento.

[0039] Con el proceso de la invención, se obtiene un polvo de alta pureza y de tamaño de partícula pequeño.

5 **[0040]** A continuación, se resumen las mejoras, modificaciones y nuevas operaciones, que hacen la diferencia respecto a las patentes analizadas precedentemente, y que apuntan a resolver en definitiva la economía del proceso y la sostenibilidad ambiental que requiere esta tecnología para alcanzar el reconocimiento industrial que no ha logrado a la fecha:

10 a) Inertización y valorización del residuo al que se ha extraído el Zinc, de forma que se constituya en un subproducto para la industria de la construcción o bien en un material apto para ser reciclado a los hornos de acerías.

b) Eliminación del arsénico de las corrientes líquidas mediante una operación de adsorción en etapas con reacción química, en corrientes cruzadas, efectuada percolando la solución sobre un lecho fijo de Ba(OH)₂.

15 c) Purificación de la solución lixivante mediante cristalización fraccionada por evaporación, manteniendo su concentración de impurezas, tales como cloruros, sulfatos y otros, en un nivel determinado requerido por la electro deposición.

d) Utilización de prácticas operacionales que reducen la emisión de material particulado, tanto en el interior como en el exterior de la nave de proceso, especialmente durante el transporte de los polvos.

20 e) Uso de equipos especialmente diseñados para eliminar o a lo menos reducir las emisiones gaseosas (niebla alcalina) al interior de la nave y minimizar las que se descargan al exterior, en las operaciones de lixiviación y cementación.

f) Empleo de una celda de electro deposición no convencional para obtener polvo de zinc finamente dividido y de alta pureza, sin generar emisiones contaminantes (niebla alcalina).

25 g) Reducción del consumo de agua, efectuando los lavados de todos los sólidos en etapas en corrientes cruzadas o en contracorriente y segregando las soluciones, de forma que las de baja concentración se reciclan en las etapas de lavado y las más concentradas se evaporan para recuperar el agua y reconcentrar la soda, eliminándose así la generación de residuos líquidos ("planta seca").

h) Empleo de prácticas y condiciones operacionales óptimas para el lavado del polvo de Zinc en etapas, en corrientes cruzadas o en contracorriente,

30 i) Uso de un equipo de secado y otro de enfriamiento de polvo de Zn especialmente diseñados para el efecto, que permiten obtener una alta pureza.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0041] Para una mejor comprensión de todo lo que se ha expuesto, se adjuntan dos dibujos que, esquemáticamente y sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización.

35 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una sección transversal vertical de un equipo de secado utilizado en el proceso de la invención.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS

40 **[0042]** Para mejor explicación de las mejoras y modificaciones, a continuación se hará la descripción de una realización preferente, basada en la Figura 1, la cual muestra un esquema genérico, preferente, del proceso.

45 **[0043]** Tal como se aprecia en la Figura 1, el polvo de horno eléctrico 1 se alimenta, junto con una solución alcalina 2, a un reactor de lixiviación 3. La suspensión resultante se pasa a un separador sólido-líquido 4, del cual se obtiene una solución de cincatos 5 (principalmente de Pb y Zn) y un sólido (o ganga) húmedo 6. Este último es tratado con una mezcla inertizante 7 para luego ser esparcido en una cancha de secado, retirándosele como un subproducto inerte 8 luego de un período de curado. La solución de cincatos 5 es purificada con polvo de Zn 9 en un reactor de cementación 10. La suspensión resultante se pasa a un separador sólido-líquido 11, del cual se obtiene una solución principalmente de cincato de Zn 12 y una pasta de Pb 13. La solución de cincato de Zn 12 se mezcla con solución de cincato de reciclado 14 para continuar purificándose, esta vez por adsorción con reacción química en un lecho de Ba(OH)₂ 15, la que se lleva a cabo por percolación en etapas en corrientes cruzadas. Una vez saturado el lecho 15, se descarta 16 y se reemplaza por otro fresco. Por su parte, la solución

50

17 libre de Arsénico es almacenada en un estanque 18, del cual se extrae constantemente una fracción de ella 19 para acondicionar tanto su contenido de humedad como su contenido de sales, en un evaporador 20 seguido de un cristizador 21. El vapor 22 retirado de ambas unidades es condensado y reciclado como agua de proceso, recuperándose la energía térmica en la operación; asimismo, las soluciones concentradas de cincato 23 y 24 son recirculadas al cristizador y al evaporador, respectivamente, mientras que las sales producidas en el cristizador son dispuestas como residuo sólido 25. De esta forma, en el estanque 18 se mantiene permanentemente una solución pura y rica en cincato de Zn, que alimenta en forma continua al circuito de electrodeposición 26, de donde se obtiene una pulpa 27 de Zn finamente dividido, suspendido en solución de cincato de Zn. Esta pulpa se pasa por un separador sólido-líquido 28, del cual se obtiene una solución 29, pura y agotada en cincato de Zn, que se almacena en el estanque 34, y una torta 30 de Zn embebida en cincato de Zn que, luego de lavada y secada en el secador 31 bajo atmósfera inerte 32, constituye el producto principal de la planta, un polvo de Zn 33, fino y de alta pureza.

[0044] Un primer planteamiento de esta patente es que, para simplificar el manejo de los polvos, y evitar la emisión de material particulado, tanto en el interior como en el exterior de la nave de proceso, el contenido de humedad de los polvos de horno eléctrico debe ser acondicionado entre aproximadamente 5 y 10%, preferiblemente alrededor de 8%, y mantenerse en este valor durante el transporte desde la fuente proveedora, así como durante su posterior almacenamiento y manejo interno en la planta. Para ello, deben disponerse sensores y aspersores tanto en los equipos de acopio como en los vehículos de transporte.

[0045] De acuerdo con el proceso base utilizado, la extracción de Zn de los polvos de horno eléctrico (EAF dust) se efectúa en el reactor de lixiviación 3, mezclándolos con una solución alcalina de reciclaje, pura y agotada en cincato, con un contenido de Zinc inferior a 10%, con 20% a 50% de álcali, preferentemente NaOH, en una proporción de polvo a solución entre 1:3 y 1:15, preferentemente 1:7, a una temperatura entre aproximadamente 70 y 120°C, preferentemente alrededor de 90°C, bajo agitación mecánica entre aproximadamente 50 y 150 rpm, preferentemente alrededor de 120 rpm, durante aproximadamente 30 a 240 minutos, preferentemente alrededor de 60 minutos. En un segundo planteamiento de esta patente, se establece que el reactor debe ser de diseño cerrado, para evitar las emanaciones de niebla alcalina tanto al interior como al exterior de la nave de proceso, que incluye un agitador y un sistema de calefacción externa, y cuya tapa esta provista de un condensador seguido de un extractor y de un ventil que sale de la nave de proceso. Se mantiene una presión negativa en su interior, entre aproximadamente 30 y 60 mm de Mercurio, mediante un soplador que pasa los vapores por un condensador previamente a descargarlos a la atmósfera a través del ventil. Además, el mismo tipo de equipamiento y práctica operacional debiera emplearse en la cementación.

[0046] La suspensión resultante de la lixiviación se pasa a un separador sólido-líquido 4 que, dependiendo de la escala de producción, puede consistir en un filtro prensa, un filtro de banda, una centrífuga, o un sistema que incluye además sedimentadores y/o decantadores, pudiendo realizarse el lavado de la torta en el mismo equipo, o separadamente. Lo mismo es válido para las otras operaciones de separación sólido líquido del proceso propuesto (equipos 11, 15 y 28).

[0047] Un tercer planteamiento de esta patente es que la operación de lavado de la torta, en cualesquiera de esos separadores, debe realizarse en etapas, preferentemente en contracorriente o en corrientes cruzadas. Por ejemplo, el lavado de la torta de la lixiviación (ganga húmeda, embebida en cincatos) se efectúa con varias cargas sucesivas, debiendo ser las primeras de una solución de soda y las últimas de agua. El empleo de soda en las primeras cargas es imprescindible porque evita la precipitación del $Zn(OH)_2$, en cuyo caso se pierde el Zinc al quedar retenido en la torta de ganga. El número de cargas, el volumen a utilizar en cada una y la concentración de soda en ellas, dependerá principalmente de la concentración de soda de la solución lixivante y del porcentaje de ganga suspendida. Por ejemplo, si se usa filtro prensa para filtrar una pulpa de 8% de sólidos suspendidos en soda al 32%, al emplear volúmenes de cargas iguales a un volumen de torta en cada lavado, se requiere de alrededor de 6 a 10 cargas para reducir el contenido de soda en la torta a niveles insignificantes, debiendo ser las primeras 2 a 3 cargas de una solución de soda y las últimas de agua. Esta práctica puede llegar a reducir más de 10 veces el consumo de agua de lavado, respecto de la operación de lavado por inyección continua de agua al filtro. Por otro lado, segregando las aguas de lavado, de forma que las de baja concentración, por ejemplo de hasta 5%, se reciclan, y las más concentradas se evaporan para recuperar el agua y reconcentrar la soda, se logra optimizar el consumo de agua y eliminar la generación de residuos líquidos, transformándose la instalación en una "planta seca". La solución empleada en la lixiviación tiene 32% de soda y es recirculada en circuito cerrado, incorporándose solución fresca sólo para la reposición de pérdidas menores. Por esto, cualquier cantidad de agua que se agregue a esa corriente principal debe eliminarse para restituir la concentración de la solución de soda a su nivel original.

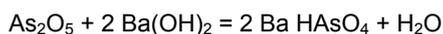
[0048] Un cuarto planteamiento de esta patente es que la ganga, constituida principalmente de Fe, lavada y húmeda, sea tratada con una mezcla inertizante, consistente en una fuente de SiO_2 (puzolana, bentonita o sílica gel), entre aproximadamente 0.02 y 0.5% de la ganga seca, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ entre aproximadamente 0.5 y 3%, y $Ca(OH)_2$ entre aproximadamente 0.2 y 0.8%. Estos componentes deben agregarse a la torta de ganga húmeda de forma que la masa quede con un contenido de humedad entre aproximadamente 15 y 25%, preferentemente alrededor de 20%. La masa se somete a mezclado en un equipo tipo betonera hasta homogeneidad. La ganga así obtenida, luego de un período de curado de alrededor de 3 a 10 días, y secada hasta un contenido de

humedad entre aproximadamente 6 y 12%, preferentemente alrededor de 10%, es inerte (mejora a.-) de acuerdo a la norma ambiental EPA SW-846 según Método TCLP-1311, siendo resultados típicos alrededor de 0.15 mg/L de Cd y alrededor de 0.28 mg/L de Pb, cuando los límites máximos de la norma EPA son 1 y 5 mg/L, respectivamente, como se observa en la Tabla 2. Esta ganga inocua constituye aproximadamente el 63% de la masa original del polvo de horno eléctrico y puede ser valorizada, entre otras formas, mediante su aplicación como material de construcción o de relleno, en la fabricación de ladrillos refractarios, acumuladores de calor o pigmentos, o bien reciclada a los hornos eléctricos.

[0049] La solución de cincatos 5, a la cual es conveniente incorporar las aguas de lavado más concentradas, es purificada en un reactor de cementación 10 con polvo de Zn 9, agregado en una proporción entre un aproximadamente 2% y un 12% superior a la estequiométrica (preferiblemente alrededor de un 8%) para reducir a los metales que se encuentran bajo el Zinc en la escala de tensión. El reactor opera a una temperatura entre aproximadamente 70° y 120°C, preferentemente alrededor de 80°C, bajo agitación mecánica entre aproximadamente 50 y 100 rpm, preferentemente alrededor 80 rpm, durante aproximadamente 30 a 180 minutos, preferentemente alrededor de 60 minutos. La suspensión resultante se pasa a un separador sólido-líquido 11, del cual se obtiene una solución de cincato de Zn 12 pura y una pasta principalmente de Pb 13.

[0050] Un quinto planteamiento de esta patente es que, preferentemente a continuación de la cementación, se debe introducir en el proceso una operación de abatimiento del arsénico, dado que éste se va concentrando en las corrientes líquidas, a pesar de su bajo contenido en el polvo de horno eléctrico, pudiendo sobrepasar el límite permisible en la electro deposición (0.002 g/L) y constituirse además en un riesgo para la salud del personal.

[0051] La eliminación del Arsénico (mejora b.-) se efectúa por adsorción con reacción química sobre Ba(OH)₂ sólido, de acuerdo a la siguiente estequiometría (19):



[0052] En la práctica, es conveniente realizar la operación en etapas, en contracorriente o en corrientes cruzadas, percolando la solución cementada sobre un lecho fijo de Ba(OH)₂. Este lecho debiera operarse con una carga de Ba(OH)₂ entre aproximadamente 3 y 10, preferentemente alrededor de 5, veces superior a la estequiométrica requerida por cada batch del cementador, para efectos de seguridad. A modo de ejemplo, si se trata 1000 L de solución de 32% de soda y de 0.023 gpL de As, es decir, conteniendo 0.023 kg de As, de acuerdo a la estequiometría se requerirá 0.0487 kg de Ba(OH)₂ para abatirlo, y operando a 5 veces el requerimiento estequiométrico se necesita 0.244 kg. El filtro purifica la solución del estanque de acopio de solución pura y rica en cincato de Zinc 18, e incluso controlando el flujo de recirculación 14 se puede incrementar significativamente el tiempo retención, lo que permite una gran flexibilidad para enfrentar eventuales aumentos de concentración de As. La temperatura de la solución del estanque de acopio se mantiene entre aproximadamente 30 y 90°C, preferentemente alrededor de 35°C.

[0053] Un sexto planteamiento de esta patente consiste en que la solución alcalina así purificada, se somete a electro deposición en una celda cilíndrica, de tipo EMEW, de Electrometals Technologies Ltd., cuyo diseño permite confinar los gases generados, y lavarlos previo a su evacuación si fuese necesario. Puesto que es un circuito cerrado, no se producirá el fenómeno de niebla alcalina en el interior de la nave, y la emisión a la atmósfera será un gas compuesto de aproximadamente 70% de oxígeno y 30% de hidrógeno. Típicamente, es posible obtener Zn de granulometría fina, inferior a aproximadamente 100 micras y donde el 50% de las partículas es menor a aproximadamente 40 micras, el cual es separado y lavado en un equipo de separación sólido líquido. Sin embargo, manejando las condiciones de operación de esta celda, como el flujo de solución a través de ella, la concentración de soda de la misma, y la intensidad de corriente, es posible regular la granulometría del Zinc. A diferencia de este planteamiento, los procesos tradicionales emplean células de electro deposición de diseño rectangular, cuya superficie está abierta a la atmósfera, susceptibles para la formación y difusión de niebla alcalina, y produce Zn en forma de escamas en lugar de polvo

[0054] A continuación se describe el diseño de un equipo especial de secado 31 para el polvo de Zn, y el uso de las prácticas operacionales y las condiciones que son óptimas para la separación sólido-líquido 28 y el lavado de polvo de zinc, que tienen que ser realizadas en contracorriente o en etapas a contracorriente, en condiciones similares a las mencionadas en la tercera declaración, ya que de esta manera se puede obtener Zn de alta pureza. En este caso, el lavado con agua no es conveniente, ya que induce la descomposición de la precipitación de zincato y consecuente de óxido de zinc, que se mantendrán en la torta húmeda de zinc, contaminándola. Una vez que la concentración de álcali en la torta se reduce a niveles marginales por medio de cargas de lavado de solución de soda, es posible terminar de lavar con agua, minimizando así la presencia de óxido de zinc en el producto final.

[0055] A continuación, se describe el equipo de secado 31 (Fig.1), basada en la Figura 2, la cual muestra un esquema genérico, preferente, del equipo. La cámara de secado 100 es sustancialmente de diseño cilíndrico, estático, provisto de los siguientes elementos: un tornillo rotatorio sinfín 200 dispuesto axialmente en su interior, accionado externamente por un motor 300; un mecanismo de inclinación; un condensador 400 conectado en la parte superior de uno de sus extremos, que incluye un serpentín refrigerante interior 500 con entrada 600 y

5 salida 700 para agua de refrigeración, una salida a través de un sellado de agua 800 que permite la eliminación continua del condensado, manteniendo la atmósfera inerte en el interior de secador; una salida 900 de gases inertes conectada a un soplador 105 que sigue al condensador y que esta conectado a la parte superior del otro extremo del cilindro; una tolva 110 que incluye un tornillo sinfín 120 accionado por un motor 130 externo a ella, conectada al cilindro a través de una válvula rotatoria 140 en las proximidades de la conexión del condensador, provista de inyección de Nitrógeno en su base, para la alimentación de torta de Zinc húmeda con exclusión del aire; una válvula rotatoria 150 ubicada en la parte inferior del cilindro, en el extremo opuesto al de la tolva, también provista de inyección de Nitrógeno para retirar el polvo seco; un sistema de calefacción externo 160, indirecto, mediante resistencias eléctricas, vapor o aceite de calefacción o gases de combustión; una boquilla para inyección de nitrógeno. El secador opera a una leve presión positiva de un gas inerte en su interior, por ejemplo Nitrógeno, a temperaturas entre aproximadamente 100 y 400°C, para luego el polvo ser enfriado hasta temperatura ambiente y finalmente reducido en su granulometría a menos de 6 micras y envasado, también bajo atmósfera inerte.

15 **[0056]** Para el enfriamiento del polvo, se utiliza un equipo de las mismas características del secador, es decir, de diseño cilíndrico, provisto de los siguientes elementos: un tornillo rotatorio sinfín dispuesto axialmente en su interior, accionado externamente por un motor; un mecanismo de inclinación; una válvula rotatoria en la parte superior de uno de sus extremos y otra en la parte inferior del extremo opuesto del cilindro; un sistema de refrigeración externo, indirecto, mediante un fluido refrigerante; y una boquilla para inyección de nitrógeno.

20 **[0057]** Un último planteamiento de esta patente consiste en la utilización de un cristizador por evaporación, a continuación del evaporador multi-efecto, para obtener sales cristalizadas que se eliminan como purga. Esta última operación tiene por objeto purificar la solución lixivante, manteniendo la concentración de impurezas, tales como cloruros, sulfatos y otros, en un nivel determinado requerido por la electro deposición.

25 **[0058]** A continuación, se exponen resultados de una operación típica a escala piloto del proceso de la invención, sobre una base de tratamiento de 22 toneladas EAF/día. La Tabla 4 muestra las principales corrientes de entrada y salida, a partir de la cual es posible establecer la distribución porcentual de los principales elementos en las diferentes corrientes producto, que se muestra en la Tabla 5. En esta última tabla se observa, por ejemplo, que el Arsénico que ingresa al proceso como contenido del polvo de horno eléctrico, el cual en Chile se encuentra entre 0.01 y 0.03% base seca, se distribuye en un 25% a la ganga, 73% es abatido en el filtro de Ba(OH)₂ y 0.15% se va como contaminante en el polvo de Zn.

30

Tabla 4. Corrientes principales de una operación típica (22 toneladas EAF/día).

N°	ton/día	Zn	Cu	Pb	Fe	Al	Sb	As	S	Ba	Be	Bi	Cd
		Elementos, kg											
Entradas													
1	22.034	3543.785	81.085	948.192	7484.181	108.701	3.401	3.033	188.023	6.169	0.011	0.742	8.512
9	0.882	881.311	0.044	0.044	0.089	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.004	0.044
Salidas													
8	15.350	1222.650	78.747	86.576	7183.932	65.622	1.796	0.760	0.525	6.148	0.010	0.553	4.904
13	1.318	88.156	1.986	861.382	299.662	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.373
16	0.031							2.215					
25	3.031	0.000	0.000	0.000	0.000	42.961	1.546	0.050	186.911	0.000	0.000	0.010	0.000
33	2.322	2321.135	0.117	0.117	0.234	0.001	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.012	0.117
Elementos, kg													
N°	ton/día	Ca	Cl	Co	Cr	Sn	Sr	P	Mg	Mn	Hg	Mo	Ni
		Elementos, kg											
Entradas													
1	22.034	492.825	947.46	0.389	44.288	12.890	0.749	39.661	195.367	380.452	0.472	2.269	4.524
9	0.882	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000
Salidas													
8	15.350	476.626	0.000	0.345	41.446	8.542	0.000	0.000	0.000	290.120	0.018	0.345	1.727
13	1.318	0.000	0.000	0.044	0.000	4.230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.442	0.000	2.797
16	0.031												
25	3.031	16.199	947.34	0.000	2.725	0.000	0.691	39.544	195.367	90.332	0.000	1.807	0.000
33	2.322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.012	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000

Los números de corrientes se refieren a los de la Figura 1.

Tabla 5. Distribución de los elementos en los diferentes productos y residuos.

N°	Zn	Cu	Pb	Fe	Al	Sb	As	S	Ba	Be	Bi	Cd
Corrientes												
8	34.50	97.12	9.13	95.99	60.37	52.81	25.05	0.28	99.65	94.05	74.50	57.61
13	0.00	2.45	90.84	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.63
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	39.52	45.46	1.65	99.41	0.00	0.03	1.35	0.00
33	65.50	0.14	0.01	0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	0.00	0.21	1.58	1.37
Distribución del elemento en las corrientes, % p/p												
Corrientes												
8	96.71	0.00	88.73	93.58	66.27	0.00	0.00	0.00	76.26	3.81	15.22	38.17
13	0.00	0.00	11.27	0.00	32.82	0.00	0.00	0.00	0.00	93.71	0.00	61.88
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	3.29	99.99	0.00	6.15	0.00	92.17	99.70	100.00	23.74	0.00	79.61	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.56	0.03	0.00	0.00	2.48	0.51	0.00
Distribución del elemento en las corrientes, % p/p												
Corrientes												
8	96.71	0.00	88.73	93.58	66.27	0.00	0.00	0.00	76.26	3.81	15.22	38.17
13	0.00	0.00	11.27	0.00	32.82	0.00	0.00	0.00	0.00	93.71	0.00	61.88
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	3.29	99.99	0.00	6.15	0.00	92.17	99.70	100.00	23.74	0.00	79.61	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.56	0.03	0.00	0.00	2.48	0.51	0.00

Los números de corrientes se refieren a los de la Figura 1.

5 **[0059]** A continuación, se ilustra la mejora (g) descrita precedentemente, en relación al consumo y reciclado de agua. El polvo EAF se lixivia con solución de soda al 32%, en una proporción másica de “solución de soda/polvo” = 7 (equivalente a una pulpa de 40.5% de sólidos suspendidos y disueltos). La solución lixivante requerida se prepara agregando a la solución reciclada, agotada en Zn, una pequeña cantidad de solución de soda de reposición de la lixiviación y separación de la ganga por filtración, la solución se cementa y luego se separa del cemento de Pb. Se obtiene así la solución purificada, que se acopia en un estanque, de donde se saca continuamente un caudal para la operación de la EMEW, que le extrae el Zn en forma de polvo, generándose así la solución de 32% de soda agotada en Zn, que es reciclada.

10 **[0060]** La lixiviación se efectúa siempre con soda al 32% en peso, la que constituye la corriente principal de la planta, por lo tanto, toda agua que se introduzca en ella tiene que ser removida. La remoción de las aguas se efectúa en un evaporador-cristalizador, en cual el agua evaporada se recupera en un condensador. Este condensador utiliza agua de enfriamiento proveniente de una torre de enfriamiento. Del evaporador se obtiene un condensado y una solución de soda 32%; parte de esta solución se recicla y el resto pasa al cristalizador, del cual se obtiene un condensado, una suspensión que se purga y una solución de soda concentrada que se recicla luego de concentrada al 32%. Así, la planta no genera residuos líquidos.

15 **[0061]** Las fuentes de entrada y salida de agua de la corriente principal mencionada se muestran en la Tabla 6, junto con su disposición correspondiente, y la Tabla 7 las cuantifica sobre una base de tratamiento de 22 toneladas EAF/ día. Se observa que el consumo diario de agua fresca asciende a 17 toneladas, es decir sólo 0.77 toneladas de agua/ tonelada EAF tratado.

20 **Tabla 6.** Fuentes de entrada, salida y destino del agua.

Fuentes de entrada de agua	Destino del agua entrada
Agua en el polvo EAF (3.5% base húmeda)	Se evapora en el evaporador- cristalizador
Agua en la solución de soda de reposición	Se evapora en el evaporador- cristalizador
Agua de lavado de las tortas de filtración de la lixiviación	Un 41% se evapora en el evaporador-cristalizador y se recicla como agua pura, el 59% restante se reutiliza en circuito de lavado de tortas
Agua de lavado de las tortas de filtración de la cementación	Se reutiliza en circuito de lavado de tortas
Agua de lavado de las tortas de Zn en polvo	Se reutiliza en circuito de lavado de tortas
Fuentes de salida de agua	Destino del agua extraída
Agua en la ganga lavada	Se evapora sin recuperación
Agua en el cemento de plomo lavado	Se evapora sin recuperación
Agua en el polvo de Zn lavado	Se condensa y recicla
Agua evaporada para generar la purga	Se condensa y recicla
Agua en la purga	Se evapora sin recuperación
Agua de lavado de piso y equipos	10% se pierde por evaporación, el resto se evapora y recicla
Agua de refrigeración	Un 2% se evapora en la torre de enfriamiento
Vapor de calefacción de la caldera	Un 2% se pierde en el condensador

Tabla 7. Balance de agua diario (base 22 toneladas EAF/ día)

	Balance de agua/ día		
	Entrada	Salida	Recirculada
Agua en EAF	0,8		
Agua en soluciones de lixiviación, recirculada	104,9		104,9
Agua en solución de soda 32% de reposición	3,1		
Agua de lavado en solución soda 32% recup. en evaporador, reciclada	2,5		2,5
Agua para lavado de tortas de filtración, reciclada por evaporación, recirculada	14,4		14,4
Agua para lavado de tortas de filtración, reciclada en circuito de lavado	23,7		23,7
Agua para lavado de tortas de filtración, perdida por evaporación (2%)		0,5	
Agua condensada perdida en Evaporador-Cristalizador (2%)		0,3	
Agua evaporada para obtener la purga, reciclada	5,8		5,8
Agua eliminada con la purga		0,1	
Agua que se va en la ganga por los hidróxidos formados		0,5	
Agua evaporada de la ganga (sin recuperación)		3,4	
Agua evaporada del Cemento de Pb (sin recuperación)		0,4	
Agua evaporada del polvo de Zn, recirculada	0,7		0,7
Agua para lavado de suelo y equipos, tratada y reciclada	2,0		2,0
Agua para lavado de suelo y equipos, perdida por evaporación		0,2	
Agua de refrigeración, recirculada	730,0		730,0
Agua de refrigeración perdida por evaporación (2%)		14,6	
Vapor, reciclado	42,2		42,2
Vapor, perdido (2%)		0,8	
SUBTOTAL	929,9	20,8	926,0
Consumo de agua limpia	17,0		
Balance	946,9	946,9	

[0062] A continuación, se ilustra la efectividad de las modificaciones d), e) y f), en relación con las emisiones de material particulado en el proceso sobre una base de procesamiento de 22 toneladas de polvo EAF/día.

5 [0063] Las operaciones unitarias del proceso alcalino que emiten material particulado fueron clasificadas en 10 etapas, como lo muestra la Tabla 8, junto con los correspondientes factores de emisión (a) y emisiones de material particulado (b), con y sin mitigación.

[0064] Las principales conclusiones del estudio de emisiones de material particulado son las siguientes:

- 10
- Las emisiones de material particulado con medidas de mitigación, muestran que dichas emisiones no superan 1 kg/día y 0.25 toneladas/año, por lo tanto, son emisiones no significativas. Los cálculos de emisiones de material particulado para las operaciones de planta fueron realizados sin considerar medidas de mitigación para obtener una cota superior y máxima de las emisiones.

ES 2 403 360 T3

- En cada punto de emisión de material particulado, se implementarán medidas de mitigación que minimicen la emisión. Estas medidas de mitigación, son humidificadores y colectores de polvo con eficiencias no superiores al 90%.
- 5 • El almacenamiento de polvo se realizará en una bodega cerrada con humidificadores y corriente de ventilación natural. La literatura indica que para este tipo de mitigación se puede alcanzar rendimientos de más de 75%.
- Las etapas del proceso se consideran realizadas en edificios tipo galpón con ventilación natural, que para el caso base ejemplificado tiene una superficie de 6.100 m² y una altura de 10 m.
- 10 • Los cálculos de emisiones utilizando factores de emisión tienen un error implícito que varía entre el 2 y 10 %, dependiendo del grado de exactitud con el cual fueron generados.

15 **[0065]** A continuación, se estiman las emisiones de neblina alcalina tomando en cuenta todas las fuentes, sin considerar medidas de mitigación, para obtener una cota superior y máxima de las emisiones que se producirían en la operación de la planta. La Tabla 9 resume los cálculos para las estimaciones de las emisiones de neblina. El concepto de neblina se refiere a la evaporación de las soluciones en los procesos de lixiviación, purificación y electro obtención.

20 **[0066]** Las emisiones de neblina en el proceso de electro obtención en las celdas EMEW son nulas debido a que éste es un proceso cerrado. La solución tratada en esta etapa es devuelta a la lixiviación, por lo que las emisiones de neblina radican sólo en las etapas de lixiviación y cementación. La estimación de las emisiones de neblina se realizó considerando los siguientes supuestos:

- La mezcla evaporada de la solución alcalina se considera en equilibrio a la temperatura del proceso.
- Para todos los efectos de cálculo la neblina se considera como gas ideal.
- No existe ventilación forzada en el recinto de la planta, se considera una corriente de ventilación natural de 0.2 (m/s) (0.72 km/h, valor típico en tareas cerradas).
- Se considera una humedad relativa de 50% y temperatura ambiente de planta de 25 °C.

25 **[0067]** La Tabla 10 muestra que el nivel total de emisiones de neblina durante la operación de los procesos con NaOH es 0.00044 [mg/m³]. La cantidad total de NaOH evaporado es 0.596 mg/día, por lo tanto, la norma de Higiene Ambiental no se sobrepasa.

30 **[0068]** Habiendo descrito la invención detalladamente, como se puede apreciar, se pueden efectuar diversos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu de la invención. La totalidad de esos cambios y modificaciones se consideran incluidos dentro del alcance de la presente invención como queda definido en las reivindicaciones anexas.

Tabla 8. Emisiones de material particulado en el proceso (base 22 toneladas EAF/día).

(a) Factores de emisión.

Opn.	Factor Emisión	Unidades	Observaciones
Área Seca			
1	0.0017	kg/Mg	De material descargado (AP42 C11S12) Asimilado a descarga de materia prima en fabricación de cemento
2	$0.00056\{(U/2.2)^{1.3}/(M/2)^{1.4}\}$	g/ton	De material almacenado (AP42 C13S2-4) $U=0.75$ m/s ^a , $M=5\%$ ^b U =Velocidad media en la zona M = Contenido de humedad del material almacenado

ES 2 403 360 T3

Opn.	Factor Emisión	Unidades	Observaciones
3	$K*(sL/2)^{0.65}*(W/3)^{1.5} - C$ + 0.053	g/KTV kg/Mg	Asimilado a emisiones de vehículos sobre camino pavimentado y con carga de finos (AP42 C13S2-2) Gramos/Kilómetro Vehículo Andado K = Factor de tamaño partícula, 4.6 para PM10 sL = Carga de finos en carpeta, calculada como cantidad de material fino descargado al piso de la bodega de las operaciones unitarias del proceso, Área de circulación 200 m ² , 0.823 g/m ² ^d W = peso promedio de vehículos circulando, 0.8 ton ^c C = factor emisión de vehículos circulando por desgaste de frenos y neumáticos, 0.2119 Asimilado a transporte de material en cargador frontal (FIRE 6.24 SCC 3-05-025-06, modificado por factor de conversión de unidades).
4	0.0017	kg/Mg	De material descargado (AP42 C11S12) Asimilado a descarga de materia prima en fabricación de cemento.
5	0.0075	kg/Mg	De material molido (AP42 C11S19-2) Asimilado a molienda de finos de los procesos de molienda en la industria de áridos.
6	0.03	kg/Mg	De material procesado. Asimilado a Procesamiento de minerales metálicos (AP42 C11S24). Carga y traspaso de material.
7	0.03	kg/Mg	De material procesado. Asimilado a Procesamiento de minerales metálicos (AP42 C11S24). Carga y traspaso de material.
8	0.03	kg/Mg	De material procesado. Asimilado a Procesamiento de minerales metálicos (AP42 C11S24). Carga y traspaso de material.
Área Húmeda			
9	0.03	kg/Mg	De material procesado. Asimilado a Procesamiento de minerales metálicos (AP42 C11S24). Carga y traspaso de material.
Electro obtención			
10	0.14	kg/Mg	De producto envasado Asimilado a Producción de Carbón (AP42 C6S1, FIRE 6.24 SCC 3-01-005-08, modificado por factor de conversión de unidades). Envasado de producto final.

a: Velocidad media anual, b: Dato entregado en descripción del proceso, c: Se ha estimado que el mini cargador frontal pesa 450 kg y carga 250 kg por vez, d: El valor obtenido se calcula asumiendo todos los procesos que se encuentran en el área seca de la planta para ambos procesos y que existe un área de desplazamiento de 200 m², Carga de finos=2.1 * emisiones de material particulado en el proceso.

5

(b) Emisiones de material particulado.

Opn.	Sin medidas de mitigación				Con mitigación		
	Factores Emisión	Unidades	Tasa actividad	Unidades	Emisión*	Eficiencia	Emisión a la atmósfera*
1	0.0017	kg/ton	542	ton/mes	0.92	25	0.69
2	0.0242	kg/ton	542	ton/mes	13.12	75	3.28
3	0.1824 0.053	g/VKT kg/ton	216.8	km/mes ton/mes	39.58	90	3.958
4	0.0017	kg/ton	542	ton/mes	0.92	90	0.092
5	0.0075	kg/ton	542	ton/mes	4.07	70	1.221
6	0.03	kg/ton	542	ton/mes	16.26	90	1.626
7	0.03	kg/ton	542	ton/mes	16.26	90	1.626
8	0.03	kg/ton	542	ton/mes	16.26	90	1.626
9	0.03	kg/ton	12.93	ton/mes	0.39	70	0.117
10	0.14	kg/ton	85.76	ton/mes	12.01	90	1.201
Total emisiones Material Particulado					119.79		15.437

* kg/mes

Operaciones Área Seca

- 1 Descarga de polvo de acerías
- 2 Almacenamiento a granel de polvo
- 3 Transporte a triturador (cargador Frontal)
- 4 Descarga de polvo a triturador
- 5 Triturador (molienda terciaria)
- 6 Transporte en rastra cerrada a silo de almacenamiento
- 7 Descarga de polvo en silo de almacenamiento
- 8 Transporte de materia a reactor de lixiviación

Operación Área Húmeda

- 9 Purificación, descarga de polvo fino de Zinc

Operación Electro obtención

- 10 Envasado de producto polvo final

Tabla 9. Resumen de cálculos para la estimación de las emisiones de niebla alcalina.

Elementos	Temperatura de la Mezcla	Presión de Vapor del componente	Peso Molecular	Concentración	N° Moles	Fracción Molar en la mezcla	Presión parcial de vapor	Presión de vapor de la mezcla	Calor de vaporización	Fracción Molar en la Fase Vapor	Calor Latente de la Mezcla	Fracción Molar en la evaporación	Concentración en Vapor	Densidad del vapor
	[C]	[KPa]	[g/mol]	[g/l]	[moles]	[mol]	[KPa]	[KPa]	[KJ/kg]		[KJ/kg]	[mol/m ³]	[g/m ³]	[g/m ³]
LIXIVIACIÓN														
NaOH	80	1.E-07	39.997	430	10.751	0.195	1.95E-08	38.098	209.2151	5.126E-10	2259.749	6.654E-09	2.66E-07	233.87
Agua	80	47.3428	18.015	798.1	44.303	0.805	38.098		2259.7484	0.9999995		12.981908	233.873	
CEMENTACIÓN														
NaOH	60	1.5E-08	39.997	430	10.751	0.802	1.20E-08	3.9345	209.2151	3.059E-09	2259.749	4.348E-09	1.74E-07	25.603
Agua	60	19.917	18.015	47.7	2.647	0.198	3.93448		2259.7484	0.9999969		1.4211716	25.6028	

Tabla 10. Emisión de Neblina Alcalina.

ESTIMACIÓN DE EVAPORACIÓN TOTAL DE NEBLINA			
	Lixiviación	Cementación	Unidades
Tiempo de proceso	60	60	[min]
Área Total de Intercambio	84,82	21,21	[m ²]
Evaporación Másica de Mezcla	477,69	7,70	[Kg/día]
Evaporación Volumétrica de Mezcla	2042,47	300,73	[m3/día]
CONCENTRACIONES DE NEBLINA			
Concentración de emisión de NaOH	0.000266	0,000174	[mg/m ³]
Concentración de emisión de agua	233,87	25,60	[g/m ³]
<input type="checkbox"/> Mezcla Evaporada	233,87	25,60	[g/m ³]
Evaporación de NaOH	0,5436	0,0523	[mg/día]

BIBLIOGRAFÍA/ REFERENCIAS

[0069]

- 5 1. Frenay, J., S. Ferlay and J. Hissel (1986) Zinc and Lead Recovery from EAF Dusts by Caustic Soda Process. 44th Electric Furnace Conference Proceedings, Iron and Steel Society of the AIME, Warrendale, PA, USA. pp. 417-421.
2. Wheatley, B. I. (1990) Production of Zinc Powder from Arc and Smelter Flue Dusts. In: Recycling of Metalliferous Materials, IMM, London. pp. 291-299.
- 10 3. Dreisinger, D.B., E. Peters and Morgan, G. (1989) Hydrometallurgical Treatment Options for Carbon Steel Electric Arc Furnace Dusts, In: M.H.I. Baird and S. Vijayan (editors), Proceedings of 2nd International Conference on Separations Science and Technology, Canadian Society for Chemical Engineering, Ottawa, Canada, pp. 578-585.
4. Xia, D.K. and C.A. Pickles (2000) Microwave Caustic Leaching of Electric Arc Furnace Dust. Department of Materials and Metallurgical Engineering, Queen' s University. Minerals Engineering 13(1), 79-84.
5. Departamento Ingeniería Química, Universidad de Santiago de Chile.
- 15 6. Bourdeau, K. (1994) Update on Regulations and and Enforcement. Proc. of the CMP Electric Furnace Dust Treatment Symposium (Pittsburgh, PA. EPRI Center for Materials Production).
7. Kola, R. (1991) The Treatment of EAF-Dust in Europe. Proceedings: Recycling Lead and Zinc. The Challenge of the 1990's. Rome, Italy, June 11-13, 279-295.
- 20 8. QUESTOR ENGINEERING LIMITED (1983) Caustic Leaching-Electrowinning Process for Treating Electric Arc Furnace Baghouse Dust, Final Report, Queen's University Micromedia, Req. No. 1-9092, July 5, pp. 7-12.
9. Aota, J., S. A.Mikhail, D. T. Liang and W. N. Howell (1994) Low Temperature EAF Dust Vitrification Process, CANMET Mineral Science Laboratones, 33rd Conference of Metallurgists, Aug. 20-25, Toronto, Canada.
10. Center for Materials Production (1993) Electric Arc Furnace Dust - 1993 OveMew, CMP Report No. 93-1, (prepared by) Arthur D. Little, Inc. for Center for Materials Production, Pittsburgh, USA.
- 25 11. Zunkel, D. (1996) What to do with your EAF Dust. Steel Times International, July, 46-50.
12. Moser, W. S., G. T. Mahler, T. R. Kneooer, R. M. Kuba and J. E. Pusateri (1991) Metals Recycling from Steelmaking and Foundry Waste by Horsehead Resource Development..
13. Nyirenda, RL. (1991) The Processing of Steelmaking Flue Dust: A Review. Minerals Engineering 4(7-11), 1003-1025.
- 30 14. Xia, D.K. (1997) Recovery of Zinc from Zinc ferrite and Electric Arc Furnace Dust. Thesis Department of Materials and Metallurgical Engineering. Queen's University. Kingston, Ontario. Canada. pp. 1-23.
15. Palencia, I.; R. Romero, N. Iglesias and F. Carranza (1999) Recycling EAF Dust Leaching Residue to the Furnace: A Simulation Study. JOM, August 1999.
- 35 16. Merril, C.C. and R.S. Lang (1995) Experimental Caustic Leaching of Oxidized Zinc Ores and Minerals and the Recovery of Zinc from Leach Solution. Report of Investigations 6576, Bureau of Mines, United States Department of the Interior.
17. Youcai, Z. and R. Stanforth (2000) Integrated hydrometallurgical process for production of Zinc from electric arc furnace dust in alkaline medium. Journal of Hazardous Materials 80, 223-240.
18. CA-A-12000701
- 40 19. Chukhlantsev, V.G. (1956), The Solubility Product of Metal Arsenates, Zhur. Neorg. Khim., I: 1975-82, II: 529-35; Zhur. Anal. Khim. 11, 529-35; J. Anal. Chem. 11, 565-71.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso electro-hidrometalúrgico en medio alcalino para la extracción de Zn de polvo de horno eléctrico (EAF dust) para producir Zn de alta pureza 33 y fina granulometría, que comprende lixiviar el polvo de horno eléctrico 3 con una solución alcalina 2, separar el líquido 4 de la ganga agotada 6, lavar esta última, purificar el líquido por cementación 10 y separarlo de los sólidos precipitados 11, lavar estos últimos, evaporar parcialmente 20 la solución pura 17 y purgar una fracción 19 de la solución concentrada obtenida, electro depositar el Zinc 26 desde esta solución; separar, lavar y secar 31 el zinc depositado 30, **caracterizado por el hecho de que** además comprende inertizar la ganga de lixiviación 7, purificar por adsorción 15 la solución obtenida de la cementación, evaporar 20 una fracción 19 de esta solución purificada, cristalizar 21 subsecuentemente una fracción de la solución concentrada anterior, acondicionar la humedad del polvo de horno eléctrico para su transporte y manejo; separar el polvo de Zn de la solución de cincatos 26, lavar en etapas sucesivas los sólidos separados después de la lixiviación 3, cementación 10 y electro deposición 26.
2. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la etapa de inertizar la ganga de lixiviación, comprende tratar dicha ganga húmeda con una mezcla de SiO_2 (puzolana, bentonita o sílica gel), entre 0.02 y 0.5% de la ganga seca, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ entre 0.5 y 3%, y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ entre 0.2 y 0.8%, estos componentes se agregan preferentemente a la torta de ganga húmeda de forma que la masa quede con un contenido de humedad entre 15 y 25%, preferentemente alrededor de 20%, esta masa se somete a mezclado en un equipo tipo betonera hasta homogeneidad y luego se seca hasta un contenido de humedad de 10%.
3. Un proceso, según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la solución alcalina 12 se somete a adsorción por percolación con $\text{Ba}(\text{OH})_2$ para eliminar el Arsénico, donde dicha solución alcalina, rica en Zinc y parcialmente purificada por cementación, se percola continuamente sobre un lecho fijo de $\text{Ba}(\text{OH})_2$, preferentemente operando en etapas, en contracorriente o en corrientes cruzadas, con una carga de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ entre 3 y 10, preferentemente 5 veces, superior a la estequiométrica requerida por cada carga del cementador, por razones de seguridad; una vez agotada la capacidad de adsorción del lecho, éste se elimina, se seca y se dispone en vertedero.
4. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** además comprende cristalizar 21 por evaporación 20 la solución lixivante 19, previa evaporación en un evaporador multi-efecto, para obtener sales cristalizadas 25 que se eliminan.
5. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** incluye acondicionar el contenido de humedad de los polvos de horno eléctrico entre 5 y 10%, preferiblemente alrededor de 8%, el que debe mantenerse durante el transporte desde la fuente proveedora, así como durante su posterior almacenamiento y manejo interno en la planta, para lo cual deben disponerse sensores y aspersores tanto en los equipos de acopio como en los vehículos de transporte.
6. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** se concentra la solución alcalina lixivante en un evaporador multiefecto, hasta alrededor de 32% de soda, para reciclarla a la etapa de lixiviación, y también recuperar el agua, la que se reutiliza en los procesos de lavado.
7. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el lavado de sólidos embebidos en cincatos, que se precisa en las operaciones de separación sólido-líquido de las etapas de lixiviación 4, cementación 11 y electro deposición 28, se efectúa en una o más etapas, preferentemente en contracorriente o en corrientes cruzadas, usando entre 3 y 10 cargas sucesivas de soluciones de lavado, debiendo ser las primeras 2 a 5 cargas de una solución de soda de 200 y 400 gpL de NaOH y las últimas de agua, con volúmenes de carga del orden de uno a tres volúmenes de torta a lavar; luego, las aguas de lavado utilizadas son segregadas, de tal forma que las más diluidas se reutilizan en operaciones de lavado, en un circuito cerrado, y las de mayor concentración se incorporan a la corriente alcalina principal, previo a la cementación, para luego ser concentradas en el evaporador de acuerdo con el proceso de la reivindicación 6, recuperándose de esta forma tanto el agua como la concentración del álcali de la solución lixivante.
8. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la solución alcalina purificada, se somete a electro deposición 26 en una celda cilíndrica, de tipo EMEW, de Electrometals Technologies Ltd., cuyo diseño evita la generación de niebla alcalina y permite lavar los gases generados previo a su evacuación, en cuya celda se obtiene una pulpa de Zinc de granulometría fina, inferior a 100 micras, donde el 50% de las partículas es menor a 40 micras, la cual es separada y lavada en un separador sólido líquido, para luego ser secada, enfriada y envasada.
9. Un proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** que se precisa filtrar, en la operación de separación sólido-líquido de la pulpa de Zn, por medio de un filtro prensa para separar el Zinc de la solución de cincatos y obtener una torta de Zinc, la cual es lavada *in situ*, en corrientes cruzadas, con cargas sucesivas primero de soda pura, entre 200 y 400 gpL de NaOH, para liberarla del cincato, y luego de agua para liberarla de la soda.

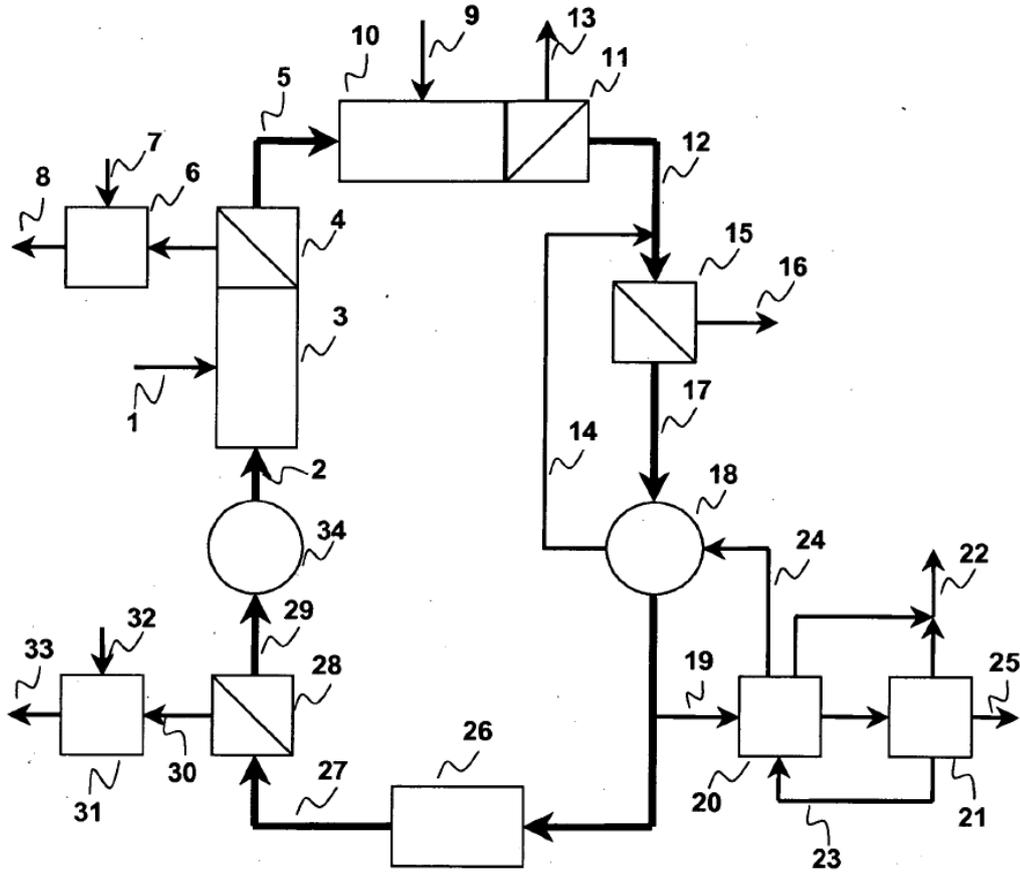


Fig. 1

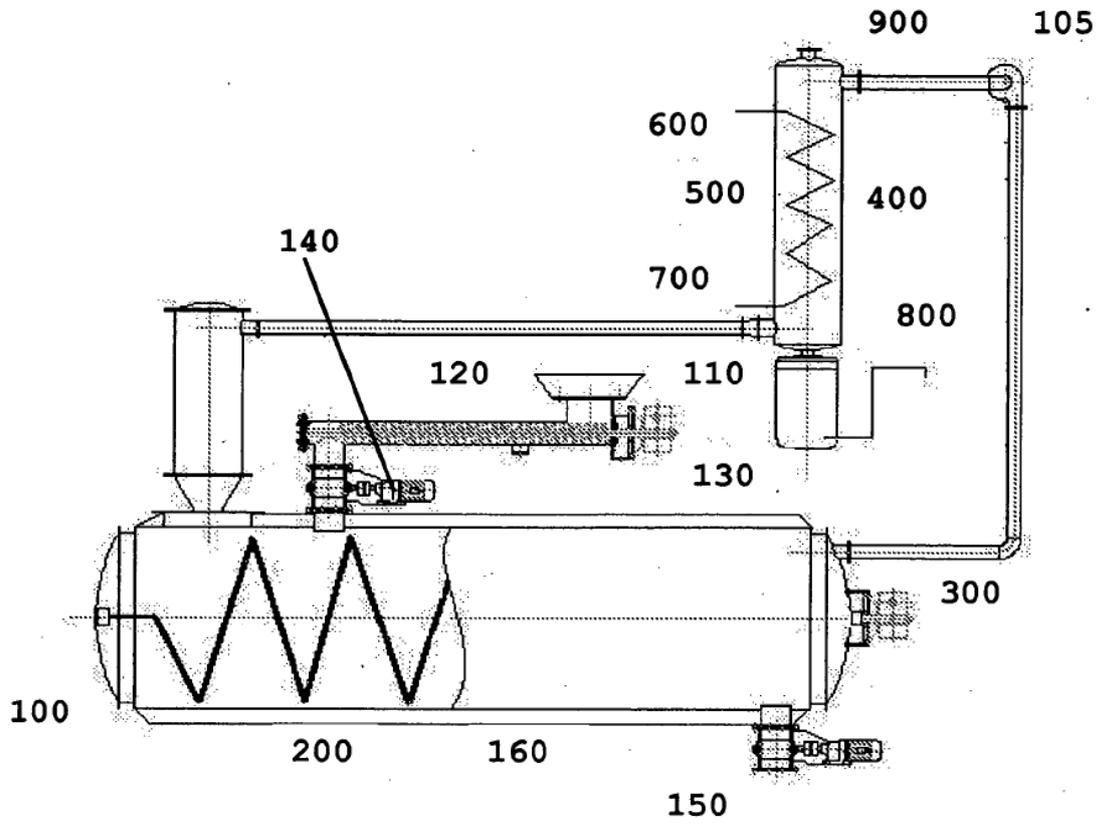


Fig. 2