

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 506**

51 Int. Cl.:

**C22B 13/06** (2006.01)

**C22B 13/00** (2006.01)

**C22B 13/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2014 PCT/AU2014/050191**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015 WO15024073**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2014 E 14837566 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3036348**

54 Título: **Tratamiento de sólidos con alto contenido en azufre**

30 Prioridad:

**19.08.2013 AU 2013903136**

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

**29.03.2019**

73 Titular/es:

**GLENCORE TECHNOLOGY PTY LTD. (100.0%)  
160 Ann Street Level 10  
Brisbane, Queensland 4000, AU**

72 Inventor/es:

**BAKKER, MARTIN LLUIS OLAF PAUL y  
BURROWS, ALISTAIR STEWART**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 706 506 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

Tratamiento de sólidos con alto contenido en azufre

### CAMPO TÉCNICO

- 5 La presente invención se refiere a un proceso para el tratamiento de sólidos con alto contenido en azufre. Más específicamente, la presente invención se refiere a un proceso para el tratamiento de sólidos que contienen plomo y altos niveles de azufre elemental.

### ESTADO DE LA TÉCNICA

- 10 Algunos procesos modernos para recuperar plomo a partir de minerales y concentrados de sulfuro incluyen el proceso Kivcet, el proceso QSL, el proceso SKS y el proceso ISASMELT™. Parte de la principal producción de plomo del mundo se realiza mediante estos procesos y parte se lleva a cabo desde el diagrama de flujo convencional de una planta de sinterización y alto horno.
- 15 El proceso ISASMELT™ utiliza la inyección de gas en fundidos a través de una lanza sumergida de entrada superior. La inyección de gases mediante la lanza sumergida superior genera un baño muy turbulento donde se producen reacciones de fundición o de reducción de alta intensidad. En el proceso ISASMELT®, se puede utilizar un proceso en dos etapas. En el proceso en dos
- 20 etapas, el concentrado de plomo se añade directamente a un baño de escoria fundida en un horno de fundición. Esto produce un plomo con contenido en escoria, el cual se transfiere a un segundo horno donde el plomo con escoria se reduce para obtener lingotes de plomo. Ambos hornos utilizan lanzas sumergidas de entrada superior para la inyección de gases.
- 25 El proceso ISASMELT™ también se puede emplear para reducir directamente parte del concentrado añadido al horno de fundición a lingotes de plomo. En general, los concentrados que contienen altos niveles de plomo, como entre el 55% y el 80%, pero más preferiblemente entre el 60% y el 75%, se procesan de esta manera, aunque los concentrados que tienen concentraciones de plomo
- 30 fuera de este rango también pueden procesarse utilizando la fundición directa.

En la producción de zinc, los minerales y concentrados que contienen zinc pueden someterse a un proceso de lixiviación para solubilizar los contenidos de zinc. El zinc disuelto se separa del residuo de lixiviación y el licor de lixiviación impregnado que contiene zinc disuelto se trata para recuperar el zinc.

- 5 Se hace referencia a la CN101985695 A, que se refiere a un método para procesar residuos de lixiviación de zinc producidos en un proceso de hidrometalurgia del zinc.

El proceso Albion™ es un proceso de lixiviación oxidativa que se puede emplear para tratar minerales y concentrados de sulfuro de zinc. Los minerales y concentrados de sulfuro de zinc normalmente también contienen plomo. Después de la etapa de lixiviación en el proceso Albion™, se recupera un residuo sólido que contiene plomo (típicamente en forma de compuestos de plomo, especialmente sulfuro y sulfato de plomo) y altas cantidades de azufre elemental. Por ejemplo, el residuo de lixiviación puede contener de un 15 a un 25% de plomo y al menos un 30% de azufre elemental, por ejemplo del 40 al 60% de azufre elemental. Otros procesos de lixiviación también pueden resultar en la formación de residuos de lixiviación que contienen plomo y altos niveles de azufre elemental. En el residuo de lixiviación también puede estar presente algo de plata.

Los residuos sólidos que contienen niveles muy altos de azufre elemental han demostrado ser difíciles de procesar. Estos residuos tienen una composición química muy diferente a los concentrados de sulfuro de plomo que se procesan normalmente para producir plomo. Debido a las dificultades del procesamiento de los residuos sólidos con tan altos contenidos en azufre elemental, hasta ahora los residuos sólidos no eran objeto de una vía de tratamiento eficaz y se almacenaban en diques o pilas de residuos.

Se entenderá claramente que, si se hace referencia a una publicación de la técnica anterior aquí, esta referencia no constituye una admisión de que la publicación forme parte del conocimiento general común en la técnica en Australia o en cualquier otro país.

- 30 A lo largo de esta memoria descriptiva, la palabra "que comprende" y sus equivalentes gramaticales se entenderán con un significado inclusivo, a menos que el contexto de uso indique lo contrario.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un proceso para tratar sólidos con un alto contenido en azufre, el cual puede superar al menos parcialmente algunas de las desventajas mencionadas anteriormente o proporcionar al consumidor una opción comercial útil. Los aspectos de la invención se enumeran en la reivindicación independiente adjunta 1.

Se describe aquí un proceso para tratar un material sólido que contiene plomo y azufre elemental, comprendiendo el proceso alimentar el material sólido a un horno que contiene un baño de escoria fundida bajo condiciones tales que el azufre elemental se quema en el horno para formar dióxido de azufre y el plomo del material sólido se oxida e incorpora en la escoria, eliminar una corriente de gas que contiene dióxido de azufre del horno y eliminar una escoria que contiene plomo del horno.

En algunas realizaciones, el azufre se quema principalmente dentro del baño de escoria fundida.

De manera deseable, el horno es operado bajo condiciones oxidantes, de modo que los compuestos de plomo del material sólido se oxidan y se aportan a la escoria. Se cree que los compuestos de plomo del material sólido están en forma de sulfuro de plomo y de sulfato de plomo principalmente. Los compuestos de plomo se oxidan adecuadamente a óxido de plomo.

En una realización, el material sólido contiene altos niveles de azufre elemental. Por ejemplo, el contenido de azufre elemental en el material sólido puede comprender más del 30% en peso, o del 30 al 60% en peso, o del 40 al 60% en peso, o del 45 al 58% en peso. Los materiales sólidos, como los residuos de lixiviación, que contienen niveles tan altos de azufre elemental han demostrado ser difíciles de procesar antes del desarrollo de la presente invención.

En algunas realizaciones, el horno comprende un horno de lanza sumergida de entrada superior. Dicho horno puede comprender un horno vendido por esta solicitante bajo la marca registrada ISASMELT™. Estos hornos son bien conocidos por los expertos en la técnica y no es necesario describirlos más en esta etapa. El extremo de la lanza se sumerge adecuadamente por debajo del nivel superior del baño durante la operación del proceso de la presente invención.

Durante la operación del proceso de la presente invención, se espera que parte del plomo del material sólido que se suministra al horno se queme y salga del

horno en la corriente de gas. Por tanto, en algunas realizaciones, la corriente de gas que sale del horno puede tratarse para recuperar el humo de plomo de la misma. El humo de plomo puede recuperarse a partir de la corriente de gas que sale del horno utilizando cualquier tecnología convencional conocida por ser  
5 adecuada por el experto en la materia. Por ejemplo, la corriente de gas que abandona el horno puede dejarse enfriar (o enfriarse a la fuerza) para que el humo de plomo se solidifique y el humo de plomo solidificado se pueda eliminar entonces utilizando tecnologías de separación gas/sólido, como filtros, filtros de bolsa o precipitadores electrostáticos.

10 Cualquier humo de plomo que se recupere de la corriente de gas puede ser devuelto al horno para mejorar la recuperación de plomo. El humo de plomo estará típicamente en forma de un polvo que contiene plomo y el polvo que contiene plomo puede ser sometido a una etapa de aglomeración antes de devolverlo al horno.

15 La corriente de gas también puede tratarse para separar el dióxido de azufre de la misma. En una realización, la corriente de gas puede tratarse para convertir el dióxido de azufre en ácido sulfúrico, recuperándose el ácido sulfúrico para su uso en otros procesos o para su venta. En otros entornos, el dióxido de azufre se puede eliminar de la corriente de gas mediante lavado en húmedo, lavado por  
20 aspersión, desulfuración de gases de combustión SNOX o inyección de adsorbente seco. En la presente invención también se pueden emplear otros procesos para eliminar el dióxido de azufre de las corrientes de gas.

En algunas realizaciones de la presente invención, la corriente de gas que abandona el horno se somete a una eliminación del humo de plomo, seguida de la  
25 eliminación del dióxido de azufre.

Una vez que la corriente de gas se ha tratado para eliminar el humo de plomo y el dióxido de azufre, la corriente de gas se puede dirigir a una chimenea. Si es necesario, se puede realizar un tratamiento adicional de la corriente de gas antes de que la corriente de gas llegue a la atmósfera.

30 Como se ha mencionado anteriormente, el material sólido alimentado al horno puede comprender un material sólido con un alto contenido en azufre elemental. El material sólido puede comprender un residuo de lixiviación, por ejemplo un residuo de lixiviación obtenido de un proceso de lixiviación del zinc.

El material sólido suministrado al horno también contiene plomo. El material sólido proporcionado al horno puede tener un contenido en plomo del 5 al 40% en peso, o del 10 al 35% en peso, o del 15 al 30% en peso.

5 En algunas realizaciones, el material sólido suministrado al horno comprende un residuo de lixiviación. En otras realizaciones, el material sólido suministrado al horno comprende una mezcla de uno o más residuos de lixiviación con concentrado y/o escoria de plomo.

10 El material sólido que se suministra al horno también puede comprender plata. En algunas realizaciones, el material sólido puede tener un contenido en plata en el intervalo de 150 a 30.000 ppm.

El material sólido que se suministra al horno puede tener un contenido de humedad del 10 al 35% en peso, o del 15 al 35% en peso, o del 20 al 31% en peso.

15 Normalmente al horno se le suministrará oxígeno. El oxígeno es necesario para combustionar con el azufre elemental con el fin de generar dióxido de azufre y también para oxidar los compuestos de plomo del material sólido para obtener compuestos de plomo oxidados que se añaden a la escoria. Si se agrega combustible al horno, también se requiere oxígeno para quemar el combustible. En algunas realizaciones, el oxígeno se añade al horno en una cantidad  
20 equivalente al 100 a 150% de la cantidad estequiométrica de sus reacciones producidas en el horno, más típicamente del 110% al 130% de las cantidades estequiométricas.

25 En algunas realizaciones, al horno se pueden añadir uno o más fundentes. La adición y la elección de los fundentes a añadir al horno puede depender en cierta medida de los requisitos de procesamiento aguas abajo para la escoria que contiene plomo que se produce y elimina del horno. En algunas realizaciones, se puede añadir un fundente de hierro y/o de piedra caliza al horno.

30 El horno puede operar en el intervalo de temperatura en que se produce la combustión del dióxido de azufre y se produce la formación de una escoria que contiene plomo. Normalmente, el horno operará a una temperatura tal que la temperatura del baño en el horno esté en el rango de 1.000°C a 1.350° C, o de 1.050°C a 1.300°C, o de 1.080°C a 1.280°C, o de 1.100°C a 1.250°C.

En realizaciones donde el humo de plomo se recupera de la corriente de gas que sale del horno en forma de un polvo de plomo, se espera que el polvo de plomo comprenda una mezcla de óxido de plomo y sulfato de plomo. El polvo de plomo puede tener un contenido en plomo del 70 al 75% en peso. El polvo de plomo  
 5 puede tener un bajo contenido de zinc, generalmente inferior al 0,5% en peso. El polvo de plomo puede ser devuelto al horno. Como se ha mencionado anteriormente, puede ser deseable aglomerar el polvo de plomo en partículas más grandes antes de devolverlo al horno. Esto minimizará el arrastre y la eliminación del polvo de plomo devuelto antes de que pueda reaccionar en el horno.

10 El horno contiene un baño de escoria fundida. Los componentes que contienen plomo del material sólido suministrado al horno se oxidan en éste y se aportan a la escoria. La escoria se puede extraer del horno y posteriormente tratar para producir plomo a partir de la misma. Se puede emplear cualquier proceso que pueda convertir escoria de plomo en lingotes de plomo o metal de plomo para  
 15 tratar la escoria recuperada del horno.

La escoria se puede eliminar del horno periódicamente golpeando suavemente la escoria fundida del horno.

La escoria que se retira del horno puede someterse a una etapa de granulación o de moldeo antes del tratamiento adicional para convertir la escoria en lingotes o  
 20 metal de plomo.

El proceso de la presente invención puede realizarse como un proceso en continuo. Alternativamente, el proceso de la presente invención puede llevarse a cabo como un proceso por lotes.

La escoria que se forma en el proceso de la presente invención contendrá  
 25 compuestos de plomo oxidados, tales como óxido de plomo y sulfato de plomo. La escoria también puede incluir óxido de calcio,  $\text{SiO}_2$  y óxidos de hierro. El fundente puede tener una composición aproximada de:

	PbO	15-55%
	CaO	1-15%
30	$\text{SiO}_2$	20-30%
	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	20-45%

También se describe un método para tratar un material sólido que contiene altos niveles de azufre elemental, comprendiendo el método las etapas de alimentar el material sólido a un horno que tiene un baño de escoria fundida, donde el baño de escoria fundida tiene una temperatura entre 1.000°C y 1.350°C, quemándose el  
5 azufre elemental del material sólido en el horno para formar dióxido de azufre y oxidándose el plomo del material sólido para formar compuestos de plomo oxidados que se incorporan a la escoria fundida, eliminar la corriente de gas que contiene dióxido de azufre del horno y retirar la escoria que contiene plomo del horno.

10 En algunas realizaciones, también se suministra al horno oxígeno o un gas que contiene oxígeno (tal como aire).

En algunas realizaciones, el horno comprende un horno de lanza sumergida de entrada superior.

Durante el desarrollo de la presente invención, los inventores pensaban que un  
15 resultado probable de la alimentación del material sólido con alto contenido en azufre elemental al horno sería que el azufre elemental de la alimentación no se combustionaría en el baño/horno, sino que se evaporaría y quemaría en el horno superior o en la entrada de gas, perdiendo así cualquier valor combustible asociado al azufre. Esto daría como resultado un alto requerimiento de  
20 combustible en combinación con temperaturas de combustión de gases de escape muy altas, ya que la combustión del azufre ocurría en la fase gas. Sorprendentemente, durante los ensayos de prueba realizados por los presentes inventores, no se observó un alto requerimiento de combustible ni altas temperaturas de combustión de los gases de salida. Como resultado, los  
25 presentes inventores concluyeron que la combustión del azufre tenía lugar principalmente en el baño de escoria. Este resultado no se pudo predecir antes de realizar los ensayos de la presente invención.

En realizaciones donde se utiliza un horno de lanza sumergida de entrada superior en el proceso de la presente invención, los presentes inventores también  
30 tenían la preocupación de que se produjera una espuma incontrolable en el baño por la combustión del azufre elemental del mismo. Se entenderá que la combustión del azufre resulta en la generación de dióxido de azufre gas, con un volumen significativamente mayor que el azufre elemental suministrado al baño. La espuma incontrolable del baño en un horno de lanza sumergida de entrada

superior es una condición operativa muy peligrosa, ya que puede provocar que el contenido del baño fundido forme espuma y salga por la parte superior del horno. Obviamente, esto es muy peligroso para los operadores de las plantas y normalmente es necesario retirar las lanzas y dejar de suministrar materiales y oxígeno al baño si se produce una espuma incontrolable. Sorprendentemente, a pesar de los ensayos que indican que la mayor parte de la combustión de dióxido de azufre se produce en el baño, no se produjo una espuma incontrolable en el baño. En algunos casos se generó una pequeña cantidad de espuma estable.

Cualquiera de las características aquí descritas puede combinarse en cualquier combinación con una cualquiera o más de las otras características aquí descritas dentro del alcance de la invención.

### **Ejemplos**

Un concentrado de plomo/zinc de la mina McArthur River, en el Territorio del Norte, Australia, se sometió a una lixiviación atmosférica para eliminar el zinc del concentrado. Un subproducto del proceso de lixiviación es un residuo sólido que contiene plomo y plata a partir del concentrado más materiales de ganga y azufre elemental. Este material sólido puede contener un alto nivel de azufre elemental, típicamente entre el 50% y el 60% en peso. Este residuo sólido ha demostrado ser difícil de procesar. En los ejemplos, este residuo sólido se denomina "residuo de lixiviación directa" o "residuo DL".

Se realizaron ensayos de plantas piloto utilizando este material sólido. Los ensayos de la planta piloto se realizaron en un horno ISASMELT® de tamaño de planta piloto. El primero consiste en un horno cilíndrico con un diámetro interno de aproximadamente 305 mm y una altura de aproximadamente 1,8 m. El recipiente está revestido con ladrillos refractarios de cromo-magnesita, seguidos por ladrillos de alto contenido en alúmina y un forro de kaowool en la cubierta. Se utiliza un control de flujo másico para inyectar gas natural y aire en el baño a través de una lanza de acero inoxidable de 29 mm de diámetro interior. El material sólido alimentado al horno se agrega en cantidades conocidas a una cinta transportadora de velocidad variable calibrada, que deja caer la alimentación en un alimentador vibratorio y luego a través de un canal en la parte superior del horno. La eliminación de los productos fundidos del horno se puede lograr abriendo el único orificio en la base del horno y recogiendo los materiales en cangilones de hierro fundido. Si es necesario, el horno puede inclinarse alrededor

de su eje central para drenar completamente su contenido. Los gases de escape del proceso pasan a través de una caja de salida y de un enfriador de gas por evaporación antes de ser dirigidos, a través de una manga y un lavador de sosa cáustica, para eliminar el polvo y los gases que contienen azufre antes de dirigirlo

5 hacia la chimenea. La temperatura del baño se mide continuamente mediante un termopar dispuesto a través del revestimiento refractario del horno. Se obtiene una confirmación independiente de la temperatura del baño mediante un pirómetro óptico, una medida de la punta de inmersión durante el golpeo o una

10 medida de la punta en la escoria por la parte superior del horno. El horno piloto se calienta inicialmente y luego se mantiene a temperatura entre los ensayos mediante un quemador de gas dispuesto en el orificio.

Además del residuo DL, se pueden agregar otros residuos de lixiviación y/o concentrados de plomo como parte de un material sólido mixto que se alimenta al horno ISASMELT® de la planta piloto. Por conveniencia, los otros residuos se

15 denominarán "residuo 2" y "residuo 3". La Tabla 1 muestra la gama de materiales de alimentación proporcionados para el ensayo de trabajo piloto y los contenidos de humedad de los materiales tal como se recibieron:

Tabla 1: Materiales alimentados empleados en el ensayo de trabajo piloto

Material	% de H <sub>2</sub> O como se recibieron
Residuo lixiviación directa (DL)	31,7
Residuo 2	22,97
Residuo 3	21,03
Concentrado de plomo	8,17
Fundente de hierro	9,47
Fundente de caliza	4,32

20 La Tabla 2 muestra la composición química de los materiales que contienen plomo alimentados usados en los ensayos de la planta piloto.

Tabla 2: Composición de los materiales alimentados

Material	Composición (% en peso)									
	Pb	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	Zn	Ag(ppm)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Residuo DL	17,0	0,1	9,4	58,3	7,4	0,0	0,3	273	0,0	0,0
Residuo 2	13,3	0,6	11,2	7,5	28,0	3,2	9,7	964	2,0	3,0

Residuo 3	27,6	0,4	11,3	15,0	6,5	5,3	9,7	3980	1,0	2,0
Concentrado plomo	31,3	0,6	13,4	24,5	1,1	3,9	5,0	9000	0,6	1,5

En las pruebas piloto reales, se encontró que era necesario agregar fundente de hierro o fundente de silicio.

La propuesta del ensayo de trabajo asumía el uso de tres mezclas de alimentación diferentes durante el ensayo de trabajo para representar un caso base (probable operación comercial) más un caso de bajo contenido en azufre y un caso de alto contenido en azufre. Las mezclas alimentadas propuestas se muestran en la Tabla 3, mientras que las composiciones químicas calculadas de las diferentes mezclas alimentadas se muestran en la Tabla 4. La Tabla 5 muestra la distribución de especies estimada para las tres mezclas.

Tabla 3: Mezclas alimentadas

	Caso base	Caso bajo S	Caso alto S
Residuo DL	72%	0,0%	100%
Residuo 2	11%	39%	0,0%
Residuo 3	12%	16%	0,0%
Concentrado plomo	5%	45%	0,0%

Tabla 4: Composición de mezclas alimentadas

Mezcla alimentada	Composición (% en peso)									
	Pb	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	Zn	Ag(ppm)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Caso base	18,6	0,2	10,1	45,8	9,2	1,2	2,7	1230	0,4	0,6
Bajo Azufre	23,7	0,6	12,2	16,4	12,5	3,9	7,6	5063	1,2	2,2
Alto azufre	17,0	0,1	9,4	58,3	7,4	0,0	0,3	273	0,0	0,0

Tabla 5: Distribución de especies estimada en las mezclas alimentadas

	Caso base	Caso bajo S	Caso alto S
PbSO <sub>4</sub>	24,9	14,1	24,9
PbS	1,8	16,3	0
FeO	3	7,2	0
FeS <sub>2</sub>	13,2	13	16,4
NaFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	3,5	1,8	3,8

ZnO·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8	0	1,1
Cu <sub>2</sub> S	0	0,3	0
CuSO <sub>4</sub>	0,3	0,8	0
ZnO	0,7	1	0
ZnSO <sub>4</sub>	4,1	11,3	0
ZnS	0,4	3,4	0
SiO <sub>2</sub>	9,2	12,5	7,4
CaO	1,2	3,9	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	2,2	0
MgO	0,4	1,2	0
MnO	0,7	5,5	0
Ag	0,123	0,5	0
S	34,6	4,1	46,4

Se llevaron a cabo una serie de experimentos a pequeña escala (10 kg) con el fin de determinar la preparación de alimentación requerida para cada una de las mezclas de alimentación. Era necesaria la alimentación preparada para un aglomerado húmedo y no pulverulento que se alimentaría limpiamente en el horno sin un arrastre significativo en los flujos de gases de escape. Además, era necesario que la alimentación estuviera lo suficientemente seca para que pudiera alimentarse mediante un alimentador vibratorio sin pegarse. Se utilizó el siguiente procedimiento.

Se prepararon 10 kg de cada alimentación mezclada y se agregaron a un tambor de plástico de 25 litros. Si la mezcla parecía demasiado húmeda, entonces se agregaban agentes de secado (harina o bio-carbón). Si la mezcla parecía demasiado seca, entonces se le añadía agua. La mezcla se aglomeró haciendo rodar el tambor durante aproximadamente 30 rotaciones.

Los resultados de los ensayos fueron los siguientes:

1. La Mezcla Base formaba un aglomerado razonable, no pulverulento, sin adición de agua o agente de secado.
2. La Mezcla Bajo Azufre requirió la adición de aproximadamente un 6% de agua a los 10kg de mezcla húmeda original para obtener un aglomerado adecuado.

3. La Mezcla Alto Azufre requirió la adición de 0,5 kg de agente secante (tanto la harina como el bio-carbón se encontraron adecuados) para formar un aglomerado razonable que se alimentaría mediante un alimentador vibratorio sin pegarse.

5 Cabe señalar que el residuo de lixiviación directa, tal como se suministró, tenía un contenido en agua excepcionalmente alto, del 31,7%, en comparación con el contenido en agua esperado, del 25%, para la planta comercial. Si los residuos de lixiviación directa hubieran contenido solo un 25% de agua, se habría requerido agua adicional para hacer el aglomerado del Caso Base.

10 También se debe resaltar que ambos agentes de secado utilizados para preparar el Caso de Alto Azufre necesitaban una cantidad de combustible significativa y esto debía tenerse en cuenta en los experimentos que implicaban esta mezcla de alimentación.

Los contenidos en agua finales de las tres mezclas de alimentación se muestran en la Tabla 6.

15 Tabla 6: Contenidos en agua estimados para cada mezcla de alimentación

Mezcla alimentada	% de agua en la mezcla
Caso Base	28,7
Caso Bajo Azufre	21,3
Caso alto Azufre	30,2

La preparación real de la alimentación para los ensayos piloto se llevó a cabo de manera similar a las pruebas anteriores, pero empleando en su lugar lotes de aproximadamente 150 kg de alimentación mixta aglomerada por rotación de un tambor de 166,56 l (44 galones) ubicado sobre rodillos.

20 Durante la fundición de las mezclas de alimentación en un horno ISASMELT™, el oxígeno de la lanza de aire es necesario para quemar el azufre elemental con el fin de producir SO<sub>2</sub> gas y convertir los PbS, FeS<sub>2</sub>, ZnS y Cu<sub>2</sub>S alimentados en sus respectivos óxidos. Durante el proceso de fundición, los sulfatos metálicos (PbSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> y Jarosita) se descomponen para generar óxidos  
25 metálicos, oxígeno y SO<sub>2</sub> gas.

Después del ensayo preliminar, se completaron un total de 10 ensayos independientes que variaron de 1 a 3 horas de duración. En general, lotes de 10 kg de la mezcla de alimentación, previamente pesados en cubos, se distribuyeron

en longitudes de 1 metro del transportador de alimentación y se ajustó su velocidad para proporcionar la velocidad de alimentación deseada (típicamente 60-65 kg/h de alimentación húmeda). Las adiciones de fundentes de sílice o caliza se pesaron y distribuyeron de manera similar, con una tasa de adición fija, sobre  
5 cada metro de longitud del transportador. En un ensayo, se agregó polvo reciclado al transportador a una velocidad controlada para simular mejor el proceso comercial.

La punta de la lanza se sumergió luego en el baño de escoria, se inició la alimentación al horno y los flujos de la lanza se modificaron a los requeridos para  
10 la fundición de la mezcla alimentada. Durante el presente ensayo, se utilizaron estequiometrías de oxígeno de entre el 100% y el 150% de los requisitos nominales.

La temperatura del baño de escoria se controló mediante un termopar alojado en un manguito en contacto con el baño de escoria. La temperatura del baño se  
15 controló mediante ajustes en el caudal de gas natural y/o la variación de la riqueza en oxígeno del aire de la lanza.

Se tomaron muestras de la escoria con fines de ensayo a intervalos mediante una barra de inmersión llevada a la base del horno. El espesor de la escoria congelada en la barra dio una buena indicación del grado de fluidez de la escoria  
20 fundida. La temperatura de la escoria podía medirse elevando la lanza e insertando una sonda de temperatura en el horno en contacto con la escoria.

Al término de una prueba de fundición, la alimentación se detuvo y la lanza se levantó del baño de escoria. Luego, la escoria se sacó del horno abriendo el orificio de salida con una combinación de una broca y oxi-lanza o las acreciones  
25 del horno se fundieron en el baño en la preparación para un segundo ensayo utilizando el mismo baño de escoria fundida, pero con diferentes condiciones operativas. Durante la operación de extracción, se midió la temperatura de la escoria (si es posible) utilizando una sonda de temperatura Heraeus. Además, se tomaron muestras de la escoria y se granuló una muestra de escoria fundida  
30 vertiendo lentamente ésta en agua.

Una vez completado el ensayo, se recogió y pesó el polvo de la cámara de filtrado.

En la Tabla 9 se proporciona una descripción de las condiciones de ensayo individuales, incluidos los flujos de lanza promedio, las temperaturas del baño (como se muestran en el termopar del horno), las escorias finales y las tasas de humo de plomo. Debe señalarse que los ensayos se realizaron solo con las alimentaciones Caso Base y Alto Azufre.



El trabajo de la planta piloto expuesto anteriormente demuestra que el azufre del material de alimentación se quema predominantemente dentro del baño, proporcionando así un valor de calentamiento significativo a los contenidos del baño. Como resultado, los altos niveles de azufre en la alimentación se pueden  
5 utilizar para reducir la cantidad de combustible (como gas natural o carbón) que se requiere suministrar al horno. De hecho, los presentes inventores creen que puede haber algunas realizaciones de la presente invención donde el contenido de azufre del material de alimentación sea lo suficientemente alto para proporcionar todo el valor de combustible requerido para la operación del proceso  
10 una vez se haya logrado el procesamiento continuo. Incluso si el contenido de azufre del material de alimentación no es lo suficientemente alto para proporcionar todo el combustible requerido para operar el horno, se cree que los requisitos de combustible para operar el proceso de la presente invención se reducirán, mejorando así la economía del proceso. Sorprendentemente, el trabajo  
15 experimental de la planta piloto también demostró que, cuando la invención se lleva a cabo en un horno con lanza de entrada superior, no se produce una formación de espuma no controlable en el baño. Los presentes inventores creían que la formación de espuma incontrolable era un resultado probable del proceso de la presente invención antes de llevar a cabo el trabajo de la planta piloto. Se  
20 entenderá que si la combustión del contenido de azufre de la alimentación ocurriera dentro del baño (lo que sería deseable para aprovechar el calor generado por la combustión del azufre), el azufre elemental se convertiría en óxido de azufre gas dentro del baño. Esto daría como resultado un gran aumento de volumen dentro del baño lo que, a su vez, se pensaba que probablemente  
25 causaría una espuma importante y probablemente incontrolable del baño. Sin embargo, el trabajo de la planta piloto demostró que no se producía espuma o que se generaba una espuma estable.

La presente invención proporciona un método para tratar materiales sólidos que contienen plomo y azufre elemental que puede producir una escoria con  
30 contenido en plomo. La escoria con contenido en plomo puede tratarse posteriormente para obtener plomo metal. Los requisitos de combustible del proceso se minimizan aprovechando el calor generado durante la combustión del azufre elemental dentro del horno y, más preferiblemente, dentro del baño de escoria fundida.

Llevando a cabo el proceso de algunas realizaciones de la presente invención de manera que el azufre elemental se queme dentro del baño de escoria fundida, el calor de la combustión liberado al convertir el azufre elemental en dióxido de azufre actúa como fuente de calor dentro del horno. Esto puede reducir la  
5 cantidad necesaria de otro combustible a suministrar al horno. De hecho, en algunas realizaciones, puede que no sea necesario suministrar otro combustible (como gas natural o carbón) al horno.

En esta descripción, la referencia a "una realización" o "una realización" significa que una característica, estructura o propiedad particular descrita en relación con  
10 la realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. Por tanto, la aparición de las frases "en una realización" o "en una realización" en varios lugares en esta descripción no se refiere necesariamente a la misma realización. Además, las características, estructuras o propiedades particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más combinaciones.

15 De conformidad con las normas, la invención se ha descrito en un lenguaje más o menos específico de las características estructurales o metódicas. Debe entenderse que la invención no se limita a las características específicas mostradas o descritas, ya que los medios aquí descritos comprenden formas preferentes de poner en práctica la invención. Por tanto, la invención se reivindica  
20 en cualquiera de sus formas o modificaciones dentro del alcance adecuado de las reivindicaciones adjuntas (en su caso) interpretadas de manera apropiada por los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Proceso de tratamiento de un material sólido que contiene plomo y azufre elemental, comprendiendo el proceso alimentar el material sólido a un horno que contiene un baño de escoria fundida bajo condiciones tales que el azufre elemental arde en el horno para formar dióxido de azufre y el plomo del material sólido es oxidado e incorporado a la escoria, eliminar la corriente de gas que contiene dióxido de azufre del horno y eliminar la escoria que contiene plomo del horno, caracterizado porque el azufre elemental del material sólido constituye más del 30% en peso del material sólido.
2. Proceso según la reivindicación 1, donde el horno es operado bajo condiciones de oxidación de manera que los compuestos de plomo del material sólido son oxidados e incorporados a la escoria, siendo oxidados dichos compuestos de plomo a óxido de plomo.
3. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde el azufre elemental del material sólido constituye del 30 al 60% en peso del material sólido, o del 40 al 60% en peso del material sólido, o del 45 al 58% en peso del material sólido.
4. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el horno comprende un horno de lanza sumergida de entrada superior.
5. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el horno opera a una temperatura tal que la temperatura del baño del horno esté en el rango de 1.000°C a 1.350°C, o de 1.080°C a 1.300°C, o de 1.080°C a 1.280°C, o de 1.100°C a 1.250°C.
6. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el proceso incluye introducir una corriente que contiene oxígeno en el horno para oxidar el material sólido, preferiblemente mediante una lanza de inyección de oxígeno sumergida en el horno.
7. Proceso según la reivindicación 6, donde el oxígeno introducido en el horno es una cantidad equivalente a 100 a 150% y más preferiblemente a 110% a 130% de los requisitos estequiométricos de la reacción de oxidación que tiene lugar en el horno para oxidar el material sólido.

- 5
8. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende tratar una corriente producto del gas que sale del horno, comprendiendo dicha corriente producto al menos parte del plomo contenido en el material sólido y al menos parte del plomo de la corriente producto de gas se recupera al menos parcialmente mediante una etapa de recuperación para obtener plomo recuperado.
9. Proceso según la reivindicación 8, donde la corriente producto de gas comprende además dióxido de azufre y el proceso comprende una etapa adicional de recuperación o tratamiento del dióxido de azufre.
- 10
10. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material sólido comprende un residuo de lixiviación, un residuo de lixiviación obtenido a partir de un proceso de lixiviación de zinc o una mezcla de uno o más residuos de lixiviación con un concentrado de plomo y/o una escoria de plomo.
- 15
11. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material sólido comprende además plata, preferiblemente en el intervalo de 150 a 30.000 ppm.
12. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material sólido comprende además humedad en el intervalo del 10 al 35% en peso, o más preferiblemente en el intervalo del 15 al 35% en peso, o incluso más preferiblemente en el intervalo del 18 al 31% en peso.
- 20
13. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la adición de uno o más fundentes al horno.
14. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos una parte de la escoria que contiene el plomo oxidado se retira del horno y se trata posteriormente para producir plomo y/o lingotes de plomo.
- 25
15. Método para el tratamiento de un material sólido que contiene altos niveles de azufre elemental según la reivindicación 1, comprendiendo el método los pasos de alimentar el material sólido a un horno que tiene un baño de escoria fundida, teniendo el baño de escoria fundida una temperatura entre 1.000°C y 1.350°C, donde el azufre elemental del material sólido se quema en el horno para formar dióxido de azufre y el plomo del material sólido se
- 30

oxida para formar compuestos de plomo oxidados que se incorporan a la escoria fundida, eliminar la corriente de gas que contiene dióxido de azufre del horno y eliminar la escoria que contiene plomo del horno.

- 5      **16.** Método según la reivindicación 15, donde el azufre se quema predominantemente dentro del baño.
- 17.** Método según cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, donde el método incluye introducir una corriente que contiene oxígeno en el horno para la oxidación del material sólido, preferiblemente mediante una lanza de inyección de oxígeno sumergida en el horno.
- 10   **18.** Método según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, donde el horno comprende un horno de lanza sumergida de entrada superior.