

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 434 957**

51 Int. Cl.:

C22B 58/00 (2006.01)

C22C 28/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2008** **E 08757059 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013** **EP 2147128**

54 Título: **Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal**

30 Prioridad:

23.05.2007 BR PI0701919

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

18.12.2013

73 Titular/es:

**VOTORANTIM METAIS ZINCO S.A. (100.0%)
Rodovia BH-Brasilia BR 040, KM 284,5
Três Marias - MG, BR**

72 Inventor/es:

SOUZA, ADELSON DIAS DE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 434 957 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal

Esta invención tiene por objetivo proporcionar un procedimiento innovador para producir indio metálico puro usando concentrados sulfurados de zinc y plomo como fuentes del metal. Se han desarrollado ya algunas patentes para recuperar indio a partir de fuentes de zinc, pero usualmente a costes altos y por procedimientos muy complejos. La patente CN1664131 se refiere a un procedimiento para eliminar indio de minerales de zinc sulfurados usando lixiviación a presión. La patente RU2238994 se refiere a la extracción de indio en una solución de zinc, pero no informa cómo obtener esta solución y usa un reactivo organofosforoso para hacerla. La patente JP3075223 propugna ácido oxálico y/o oxalato para extraer indio de la solución acuosa ajustando el pH. La patente US4292284 se refiere sólo a la extracción de indio con un disolvente de indio en solución acuosa usando un disolvente orgánico que contiene los ácidos monoalquilfosfórico, dialquilfosfórico y trialquilfosfórico. La patente RU2275438 describe sólo la extracción mediante un disolvente del indio a partir de soluciones residuales usando un disolvente orgánico que contiene una mezcla de t-butilfenol en ácido octanoico.

El solicitante desarrolló un procedimiento pionero y complejo para recuperar indio de concentrados de zinc sulfurados usualmente consumidos en plantas de zinc de todo el mundo. En general, los concentrados de zinc se tuestan para producir óxido de zinc, que luego se lixivia a pH de 2,0-4,0 en un procedimiento denominado Lixiviación Neutra. La pulpa producida se espesa. El flujo inferior del espesador, también llamada corriente inferior, que contiene ferritas de zinc e indio, se somete a un nuevo proceso de lixiviación suave y se espesa nuevamente. El flujo inferior de esta lixiviación suave contiene indio y alimenta el proceso de formación de humos (esto es, el procedimiento de producción de humos de óxido de zinc) para producir óxido de zinc. La corriente de desbordamiento de la lixiviación suave contiene también indio en menor proporción, y puede ser parte o no serlo del proceso global de recuperación de indio.

Esta invención es adecuada para ambas situaciones, en las que los humos de óxido de zinc y/o humos de óxido y la corriente de desbordamiento de la lixiviación ligera se procesan, y se caracteriza por comprender las etapas siguientes:

(a) Producción de un preconcentrado de indio;

(b) Producción de cemento de Indio que, a su vez, comprende al menos un producto de cemento de indio de lixiviación suave y al menos un producto de cemento de indio de lixiviación fuerte obtenido en la lixiviación reductora;

(c) Producción de solución de Indio;

(d) Extracción de Indio con disolvente orgánico;

(e) Electrolisis de indio;

(f) Fusión, purificación y producción de lingote de indio;

(g) Electrolisis de Indio para obtener un producto de alta pureza, esto es, de más de 99,995%.

La nueva tecnología está basada en la extracción simple y económica de indio a partir de partes metálicas contenidas en los concentrados de zinc. Cuando se usa solamente óxido de zinc, el procedimiento es más compacto porque el elemento hierro ha sido ya extraído en la etapa de formación de humos (o durante el proceso de producción de humos de óxido de zinc). Cuando se usa el procedimiento completo, con la contribución del metal originado en la lixiviación ácida suave, hay una etapa más en el proceso para eliminar el hierro, pero se recuperan cantidades mayores de indio.

En la memoria se encontrarán las siguientes figuras:

la Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de humos de óxido de Waelz;

la Fig. 2 muestra un diagrama de flujo de producción de indio;

la Fig. 3 describe un diagrama de flujo de recuperación de indio con lixiviación suave con ácido del flujo inferior neutro;

el Anexo 1 presenta el equilibrio de masas de la recuperación de indio;

el Anexo 2 presenta los resultados del procedimiento sin incluir la corriente de lixiviación suave.

(a) Producción de preconcentrado

La etapa de producción de preconcentrado de indio comprende tres procesos básicos: lixiviación de óxido de zinc de Waelz o formación de humo (o en el proceso de producción de humos de óxido de zinc); preneutralización de la

pulpa obtenida y precipitación de indio junto con paragoetita o un material compuesto de hierro.

Si el procedimiento incluye la parte líquida de la lixiviación suave con ácido de flujo inferior neutro, los líquidos se encuentran en la Etapa de Precipitación de Indio con la Paragoetita o el material compuesto de hierro, como se ilustra en el diagrama de flujo de la Fig. 3

5 La Fig. 1 ilustra el diagrama de flujo de la etapa (a) de producción de preconcentrado.

El óxido de zinc de Waelz se lixivia a temperaturas de 70 a 80°C con una acidez libre de 50-70 g/l de ácido sulfúrico durante 2 a 4 horas. La pulpa producida se decanta o filtra. El indio se encuentra en la parte líquida, que luego alimenta la etapa de Preneutralización. La preneutralización se produce a temperaturas que varían entre 60 y 80°C durante un tiempo de mantenimiento en torno a 1 hora, debiendo estar la acidez final en el intervalo de 10 a 15 g/l de ácido sulfúrico. Luego se realiza el proceso de decantación o filtración.

La acidez de 10 a 15 g/l no es suficiente para eliminar el indio. Por tanto, el metal se encuentra también en la parte líquida que alimenta la etapa de precipitación de indio con paragoetita. Esta precipitación se debe efectuar a temperaturas que varían de 70 a 80°C usando una pulpa de caliza, piedra caliza, el propio óxido de zinc de Waelz u otro neutralizador, con un tiempo de mantenimiento de aproximadamente 1 hora. La pulpa se decanta o filtra. Luego, el sólido contiene el indio, que se denomina "el indio", y preconcentrado de hierro. La cantidad de indio en este preconcentrado puede alcanzar de 0,2 a 0,5% dependiendo de la cantidad inicial de indio en el concentrado y la eficiencia de la formación de humos. La Fig. 1 contiene el diagrama de flujo de la etapa de producción de preconcentrado.

(b) Producción de cemento de indio:

20 La producción de cemento de indio comienza con la lixiviación del preconcentrado de indio y de hierro con la solución ácida de aproximadamente 400 g/l de ácido sulfúrico a temperaturas entre 60 y 90°C durante aproximadamente 3 horas. El diagrama de flujo de la Fig. 2 muestra el circuito completo de la producción de cemento. La acidez final se debe controlar en torno a 50 g/l de ácido sulfúrico. Luego se filtra o espesa la pulpa. La parte sólida del espesamiento o la filtración es un concentrado de sulfuro de plomo (con cantidades de más de 50% de Pb). El filtrado o líquido contiene indio y hierro que debe pasar a la siguiente etapa de preneutralización.

La preneutralización se realiza con un reactivo alcalino o básico y se puede usar piedra caliza o el propio óxido de zinc de Waelz. Las condiciones operativas son temperaturas entre 60 y 70°C, tiempos de mantenimiento de aproximadamente 1 hora, mantenimiento de la acidez final en 15 a 20 g/l de ácido sulfúrico. Nuevamente, la pulpa se decanta o filtra. La parte líquida contiene indio y hierro férrico, que se pasa a la lixiviación reductora, basada en la oxi-reducción del hierro férrico a hierro ferroso.

La lixiviación reductora se realiza a temperaturas de 90 a 95°C durante un tiempo de mantenimiento de 2 horas. El agente reductor es el propio concentrado de zinc y sulfuros de plomo. Al final de la reacción la acidez libre se debe mantener todavía a entre 10 y 15 g/l de ácido sulfúrico. Luego se decanta y filtra la pulpa. La parte líquida pasa a la etapa de cementación de indio con chatarra de zinc y polvo de zinc. Las condiciones operativas son una temperatura entre 60 y 70°C, un tiempo de mantenimiento de aproximadamente dos horas y un pH final de 4,0 a 4,2. Este agente de precipitación de indio puede ser también óxido de zinc con un pH entre 4,0 y 4,2. Se filtra la pulpa y luego se lava con agua. El líquido obtenido es una solución obtenida de zinc y hierro ferroso, que se debe dirigir al circuito de zinc para la apropiada precipitación del hierro. La parte sólida contiene el cemento de zinc, cuyo contenido metálico puede alcanzar hasta el 3%.

40 El cemento de indio se somete luego a dos o más lixiviaciones. Una lixiviación fuerte y otra débil ambas en contracorriente. La lixiviación débil del cemento se realiza a una temperatura de 90°C durante aproximadamente 3 horas con una solución ácida obteniéndose la acidez final de 10 a 20 g/l de ácido sulfúrico. La pulpa obtenida se decanta o filtra luego. La parte sólida se dirige a la lixiviación ácida fuerte. Esta etapa se realiza a la temperatura de 90°C durante 4 horas, manteniendo una acidez final de 100 g/l de ácido sulfúrico. La pulpa se decanta o filtra. La parte sólida obtenida es un concentrado de cobre. La parte líquida, rica en ácido sulfúrico, se usa para la lixiviación débil con ácido (en contracorriente). La parte líquida de la lixiviación débil con ácido, rica en indio, pasa a la etapa de precipitación de indio con caliza, piedra caliza, sosa u otro agente de neutralización. El efecto de la extracción con disolvente es la concentración de indio. Por tanto, la etapa de precipitación de indio con caliza, piedra caliza, sosa u otro agente de neutralización se puede eliminar en algunos casos usando la extracción con disolvente para la solución diluida en una relación O/A superior a 3. En este caso, la solución obtenida estará preparada para alimentar la etapa de extracción mediante un disolvente orgánico.

La precipitación de indio se realiza a un pH entre 4 y 4,5 durante aproximadamente 2 horas, neutralizándose con los agentes indicados la acidez inicial de aproximadamente 15 a 20 g/l. Luego se filtra la pulpa. El filtrado pobre en zinc y otros elementos pasa a tratamiento de efluentes. La parte sólida se someterá a la lixiviación del concentrado de indio. Aquí comienza la producción de la solución de indio para extracción mediante un disolvente orgánico.

(c) Producción de la solución de indio

La producción de la solución de indio con cantidades finales entre 1,5 y 5,0 g/l de metal se realiza durante la lixiviación del concentrado a temperaturas de 60 a 80°C y un tiempo de mantenimiento de aproximadamente 2 horas. La pulpa obtenida se filtra y lava con agua. La solución de indio debe contener como mínimo 1,5 g/l del metal. Esta es una buena condición para alimentar la unidad de extracción con disolvente orgánico.

(d) Extracción de indio con disolvente orgánico

La extracción del indio contenido en el licor se realiza en celdas de FRP (plástico reforzado con fibras un material compuesto hecho de una matriz de polímero reforzado con fibras), que tienen mezcladoras con bombeo (agitadores con bombeo simultáneo), en las que el indio presente en la fase acuosa se transfiere a la fase orgánica.

El procedimiento usa una fase orgánica que contiene ácido mono-, di- o tro-alkilfosfórico en disolvente orgánico, por ejemplo, una solución que contiene 25% de DEPA (ácido hexilfosfórico) en queroseno para promover la extracción selectiva del indio en la relación de flujo de salida = 1/7,5 (O/A, relación de fase orgánica a fase acuosa). La fase orgánica cargada con indio alimenta la etapa de apuramiento o reextracción, que también se realiza en 3 o más celdas, preferiblemente idénticas en cuanto a la relación de O/A = 3/1.

El agente de apuramiento o reextracción preferiblemente es el ácido clorhídrico, tal como, por ejemplo, solución 6M de HCl, que permite la producción de una solución de cloruro de indio.

El agente de apuramiento es una solución 6M de HCl, que permite la producción de una solución de cloruro de indio con la siguiente composición aproximada, indicada en la Tabla 1:

Tabla 1

In, g/l	Cu, mg/l	Pb, mg/l	Fe, mg/l	Zn, mg/l
80-100	35	60	6-8	10-15

Posteriormente, la solución se puede someter al proceso de purificación añadiendo H₂S si fuera necesario.

La solución purificada tiene la composición aproximada siguiente, indicada en la Tabla 2:

Tabla 2

In, g/l	Cu, mg/l	Pb, mg/l	Fe, mg/l	Zn, mg/l
80-100	0,01	0,01	1,5	1-5

(e) Cementación de indio

La tecnología adoptada para obtener indio es el procedimiento de cementación durante 24 horas o hasta que se alcanzan 0,02 g/l de In, usando placas de aluminio, de acuerdo con la siguiente reacción:



(f) Fusión, purificación y producción de lingotes del metal:

Se lavan con agua los cementos producidos y se prensan (2 kg) formando briquetas de un diámetro y un espesor de 5 cm.

La fusión de la briqueta se realiza en un horno a 260°C, con hidróxido sódico como agente escorificante.

El indio se refina en otro horno con adición de cloruro amónico, con fuerte agitación. Este refinado se puede hacer también en el mismo horno de fusión y la adición de cloruro amónico es optativa para la purificación del metal.

Se elimina con un desespumador la escoria formada y se vierte manualmente el metal formando lingotes de aproximadamente 3,1 kg que se empaquetan en cajas de madera de 10 lingotes.

El producto presenta un mínimo de 99,99% de indio con un máximo de impurezas de 100 ppm. También se puede obtener como mínimo un 97% de pureza si la cantidad de impurezas de la solución y purificación del metal se mantienen a niveles más altos. En este caso, la purificación electrolítica puede garantizar una pureza mucho mayor, de más de 99,995%.

ES 2 434 957 T3

El lingote de indio de 99,9910% tiene la composición aproximada de impurezas de la siguiente Tabla 3:

Tabla 3 Composición aproximada de impurezas del lingote de indio del 99,99%

Ag, ppm	Cu, ppm	Pb, ppm	Fe, ppm	Zn, ppm
1	15	30	1	40

5 (g) Producción de indio electrolítico de una pureza mínima del 99,995%

La producción de indio electrolítico de una pureza mínima del 99,995% se realiza por el subprocedimiento siguiente:

(g-1) Producción del ánodo de indio

(g-2) Electrolisis activa

(g-3) Fusión de los ánodos y purificación

10 (g-4) Producción de los lingotes de indio fundido

(g-1) Producción del ánodo de indio

El lingote de indio de una pureza de más de 97% se funde con sosa (NaOH) u otros fundente a 260°C formando un ánodo de indio impuro.

(g-2) Electrolisis activa

15 El dispositivo para la electrolisis de indio consiste en una celda electrolítica con un ánodo de indio de pureza igual o superior a 97% y un cátodo de titanio. Las condiciones operativas de la electrolisis son: densidad de corriente de 0,02 a 0,03 A/m²; solución de cloruro de indio de como mínimo 100 g/l de metal disuelto; gelatina a una concentración de aproximadamente 0,1 g/l. La superficie de los ánodos fundidos no debe incluir óxidos, esto es, los ánodos deben ser pulidos y brillantes. El indio de alta pureza es deposita luego sobre el cátodo de titanio y luego se elimina el depósito a determinados intervalos (24, 32 o 48 horas).

20 El cátodo de indio obtenido se debe lavar con agua acidificada, luego con agua y luego se seca a aproximadamente 50 a 60°C.

(g-3) Fusión de los ánodos y purificación

25 La fusión del cátodo de indio se realiza a 260°C con sosa u otro fundente y, si es necesario, se usa cloruro amónico como agente purificador.

(g-4) Producción de lingotes del indio fundido

30 El indio fundido se vierte en moldes de lingotes para producir lingotes de 1 a 3 kg. La composición máxima de impurezas del lingote de una pureza de 99,995% será, en ppm: Cd máx. 2; cobre máx. 10; estaño máx. 2; hierro máx. 5; níquel máx. 5; plata menor de 0,1; plomo máx. 10; talio máx. 2; bismuto máx. 2 y zinc máx. 5, de manera que la suma de tales impurezas es inferior a 50 ppm.

Los siguientes son ejemplos cuya finalidad es ilustrar mejor la invención. Pero no limitan la invención.

Ejemplo 1

Procedimiento del indio que incluye la contribución de la lixiviación suave de la lixiviación neutra – Diagrama de flujo de la Figura 3 y anexo 1 de resultados

35 Cantidad de indio en el óxido de zinc de Waelz: 0,0510

Cantidad de indio en la parte líquida de la corriente inferior: 15 mg/l

Solución de indio producida – cantidad de indio 1,85 g/l

Solución después de extracción con disolvente – cantidad de indio 93 g/l

Metal producido – indio del 99,92%

40 Recuperación total – 77%

Ejemplo 2

Procedimiento de recuperación de indio sin incluir la contribución de la corriente de desbordamiento de la lixiviación

suave del flujo inferior neutro

Cantidad de indio en el óxido de zinc de Waelz: 0,03800

Cantidad de indio en la parte líquida de la lixiviación suave del flujo inferior neutro: no considerada.

Solución de indio producida – cantidad de indio 1,85 g/l

5 Solución después de extracción con disolvente – cantidad de indio 97 g/l

Metal producido – indio 99,993%

Recuperación total – 78%

Ejemplo 3

Extracción de indio con disolvente orgánico:

10 La extracción del litio contenido en el licor se realizó en celdas de FRP provistas de mezcladoras de bomba, en las que el indio presente en la fase acuosa se transfirió a la fase orgánica.

El procedimiento hace uso de una fase orgánica que contiene 25% de DEPA (ácido hexilfosfórico) en queroseno para extracción selectiva de indio en la relación de O/A en la corriente de salida = 1/7,5. La fase orgánica cargada con indio alimentó la fase de apuramiento o reextracción, que también se realizó en 4 celdas idénticas en la relación de O/A = 3/1.

15

El agente de apuramiento o reextracción usado fue una solución 6M de HCl que permitió la producción de una solución de cloruro de indio con la composición aproximada siguiente, indicada en la siguiente Tabla 4:

Tabla 4

In, g/l	Cu, mg/l	Pb, mg/l	Fe, mg/l	Zn, mg/l
80-100	35	60	6-8	10-15

20 La solución purificada presentó la composición aproximada siguiente, indicada en la Tabla 5:

Tabla 5 – Composición aproximada de la solución purificada

In, g/l	Cu, mg/l	Pb, mg/l	Fe, mg/l	Zn, mg/l
80-100	0,01	0,01	1,5	1-5

25

	Lixiviación ácida		Preneutralización I		Lixiviación débil con ácido	Precipitación de indio con paragoetita		Lixiviación de preconcentrado de litio			Preneutralización II	
	Óxido de Waelz	Concentrado de plomo	Óxido de Waelz	Rechazo de plomo		Soluc. de lixiv débil	Óxido de Waelz	pH 7,0	Preconcentrado de indio	Lixiv. de preconcentrado de indio	Rechazo de preconcentrado	Tostado
Masa kg/h	7333	602	3062	33	**	1865	4910	5257		2380	670	427
H ₂ O%	38,5	0	38,5		***	38,5	60	52,84		51,6	0	45
Kg/h (Bs)	4510	602	1883,1	33	***	1147,0	1964	2479		1151,92	670	234,85
Caudal (m ³ /h)					36		4214		13,3		13,3	
Indio %	0,051	0,015	0,051	0,0288		0,051		0,181		0,0171		0,042
Indio g/l					0,018				0,322		0,235	
Indio (kg)	2,300	0,0903	0,9604	0,0095	0,6480	0,5850		4,4874	4,2826	0,1970	3,125	0,0986
Total de indio (kg)						4,4933						
Rendimiento		97,99								95,62		

ES 2 434 957 T3

	Lixiviación reductora		Cementación de indio		Lixiviación de cemento de indio		Lixiviación de ácido fuerte	Neutralización a pH 4,0		Lixiviación de concentrado de indio	
	Lixiviación reductora	Rechazo del reductor ZnS	Cement. de indio	Soluc. Ferrosa	Residuo de Cu/As	Soluc. de indio	Rechazo de Cu/As	Solución secundar.	Concentr. de indio	Soluc. de indio	Rechazo de CaSO ₄
Masa kg/h	793	1281	540						747		784
H ₂ O%	9	25	45,2					46			47,83
Kg/h (Bs)	721,63	960,8	295,9				42	403,38			409,0
Caudal (m ³ /h)	13,9			14,37	82,1	4,48		5,32		2,22	
Indio %		0,0351	1,51		0,425		0,3378		1,02		0,121
Indio g/l	0,322			0,0052		0,92		0,0053		1,85	
Indio (kg)	4,4758	0,3372	4,468	0,0747	0,349	4,122	0,1419	0,02820	4,11	4,107	0,495
Rendim. %				91,4			88,79				77,14

Simulación del balance de flujo-masa y caudal/h en octubre de 2008

		Masa kg (Bu)	H ₂ O %	Masa kg (Bs)	Líquido m ³	Indio %	Indio (g/l)	Indio (kg)	Total de indio (kg)	Rendimiento %
Lixiviación ácida	Óxido de Waelz	7589	36%	4857,0		0,04		1,9428	1,9428	96,69
	Concentr. de Pb	1038	0%	1038,4		0,0062		0,0644		
Preneutraliz. I	Óxido de Waelz	2731	36%	1747,8	44,1	0,04	0,06	0,6991	2,6419	
	Solución Rechazo de Pb	95,02	0%	95,0		0,0123		0,0117		
Precipitación de indio con paragoetita	Óxido de Waelz	892	36,00%	570,9		0,04		0,2284	2,8703	93,58
	pH 7,0 Solución ZnSO ₄ Preconc. de In	843,3	0%	843,3	5,19		0,0024	0,108	2,6859	
Lixiviación de preconcentrado de indio	Solución Rech. de precon.	860,6	0%	860,6	8,31	0,0073	0,329	2,7329	0,0628	91,40
	Preneutraliz. II + lixiv. reductora	254	36%	162,6		0,04		0,065	2,9353	
Cementación de indio	Conc. de ZnS	605,7	9%	551,2		0,015		0,0827		85,82
	Solución Rech. de Pb/ZnS	874,9	27,40%	635,1	8,57	0,0121	0,328	2,519	0,0769	
Cementación de indio	Chatarra de Zn	108	0	25,0						87,23
	Polvo de Zn	78	0	16,0						
Lixiviación de cemento de indio	Cemento de In	377,1	30%	264,0		0,97			2,5603	
	Soluc. ferrosa				8,709		0,016	0,1393		
Lixiviación de cemento de indio	Solución de In				3,03		0,713	2,159		83,00
	Residuo de cemento	58,8	0%	58,8		0,494		0,291		
Neutralización a pH 4,0	Pulpa ácida Rech. de Cu/As	20,3	0%	20,3	1,73		0,16	0,277		79,443
	Caliza	99,5	0%	99,5						
Lixiviación de concentrado de indio	Solución Conc. de In	549	56%	241,8	4,24	0,85	0,005	0,0212	2,0550	
	Solución de In Rech. SO ₄	454	56%	199,9	1,12	0,05	1,74	1,957	0,0999	1,957295

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, caracterizado por las etapas siguientes:
 - (a) producción de preconcentrado de indio;
 - 5 (b) producción de cemento de indio, que comprende, a su vez, al menos una lixiviación suave y al menos una lixiviación fuerte del producto cemento de indio obtenido en la lixiviación reductora;
 - (c) producción de solución de indio;
 - (d) extracción de indio con disolvente orgánico;
 - (e) electrolisis de indio;
 - 10 (f) fusión, purificación y producción de lingote del metal;
 - (g) electrolisis de indio para obtener un producto de alta pureza, superior a 99,995%.
2. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el uso de concentrados de zinc y plomo sulfurados como fuentes del metal.
- 15 3. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por la solución de óxido de zinc que contiene o no contiene hierro.
4. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 3, en el que, en el caso de que contenga hierro, puede extraerse éste previamente en la etapa de producción de humos de óxido de zinc.
- 20 5. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa (a) puede comprender una lixiviación ácida del óxido de zinc, preneutralización de la pulpa obtenida y precipitación del indio.
6. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la parte líquida que contiene indio y obtenida por lixiviación pasa a la etapa de preneutralización.
- 25 7. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que la preneutralización se realiza en condiciones de temperatura y acidez que son más suaves que las de la lixiviación.
8. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la alimentación de la etapa de lixiviación del preconcentrado de indio se puede realizar usando la parte sólida o líquida obtenida después de filtración o decantación del óxido preneutralizado.
- 30 9. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa (a) la precipitación de hierro puede proceder junto con la de paragoetita o un material compuesto con hierro.
- 35 10. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa (b) puede comprender la lixiviación del preconcentrado de indio, preneutralización, lixiviación reductora y cementación del indio.
11. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el espesamiento y filtración del producto de la lixiviación del preconcentrado produce una parte sólida que comprende sulfato de plomo, y que la parte filtrada o la parte líquida pasan a la etapa de preneutralización.
- 40 12. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la preneutralización se realiza en presencia de un agente de alcalinización o básico, decantando o filtrando el producto, y la etapa líquida se dirige a la etapa de lixiviación.
- 45 13. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que en la etapa de lixiviación reductora se produce una reducción de hierro férrico a hierro ferroso.
14. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal,

de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el agente reductor puede ser el concentrado de sulfuros de zinc y plomo.

- 5 15. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la pulpa o producto de la lixiviación reductora se decanta o filtra, la parte líquida que contiene zinc y hierro ferroso se envía al circuito de zinc, y la parte sólida que contiene cemento de indio se dirige a la etapa de cementación de indio.
16. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el cemento de indio se somete a dos o más lixivaciones, con al menos una lixiviación suave y una lixiviación fuerte en contracorriente.
- 10 17. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el flujo inferior obtenido por la lixiviación fuerte se puede reciclar a la parte líquida de la etapa de lixiviación suave.
- 15 18. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, en el que la parte líquida de la lixiviación débil que contiene indio se dirige a la etapa de precipitación de indio con agente de neutralización.
19. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el producto sólido obtenido por filtración o decantación del la lixiviación del concentrado de indio se dirige a la etapa de producción de la solución de indio.
- 20 20. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa (c) comprende la producción de la solución de indio mediante la lixiviación del concentrado obtenido en la etapa previa, dirigida al final a la filtración y lavado con agua.
21. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la solución obtenida en la etapa (c) se dirige a la etapa (d) que es la extracción del indio con un disolvente orgánico.
- 25 22. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 21, que comprende el uso de ácido mono-, di- o trialquifosfórico como fase orgánica en disolvente orgánico.
23. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el agente de extracción es ácido clorhídrico.
- 30 24. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el indio metálico se puede obtener por electrolisis (etapa e) usando placas de aluminio.
25. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en la formación de la briqueta (etapa (f)) se puede usar sosa como agente formador de escoria, y se puede usar cloruro amónico en el refinado de indio.
- 35 26. Procedimiento para producir indio metálico puro a partir de óxido de zinc y/o una solución que contiene el metal, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cualquiera de los subprocesos que se indican seguidamente se puede realizar en la etapa (g) o en la producción de indio electrolítico de alta pureza:
- (g-1) producción del ánodo de indio, o
- 40 (g-2) electrolisis activa, o
- (g-3) fusión de los ánodos y purificación, o
- (g-4) producción de lingotes del indio fundido.

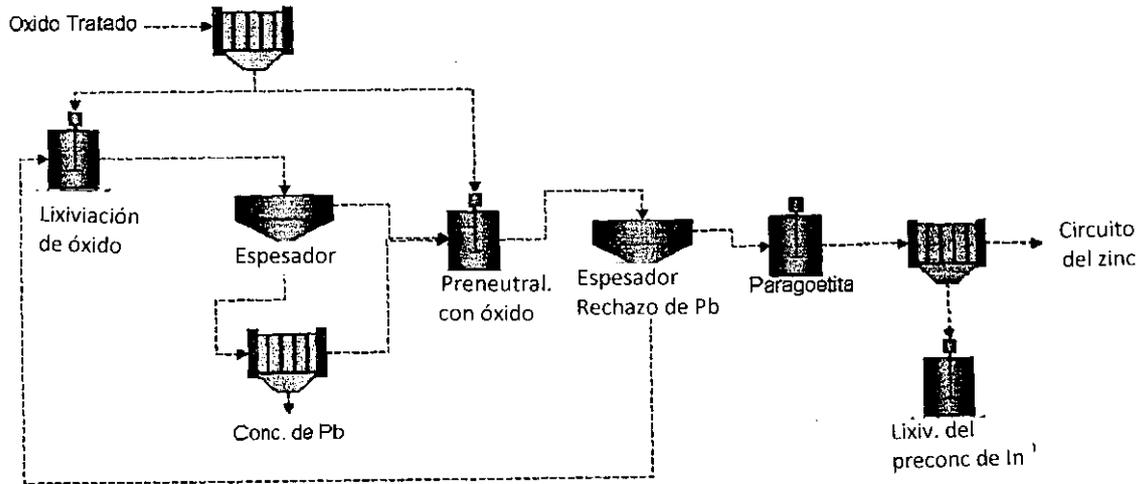


FIGURA 1

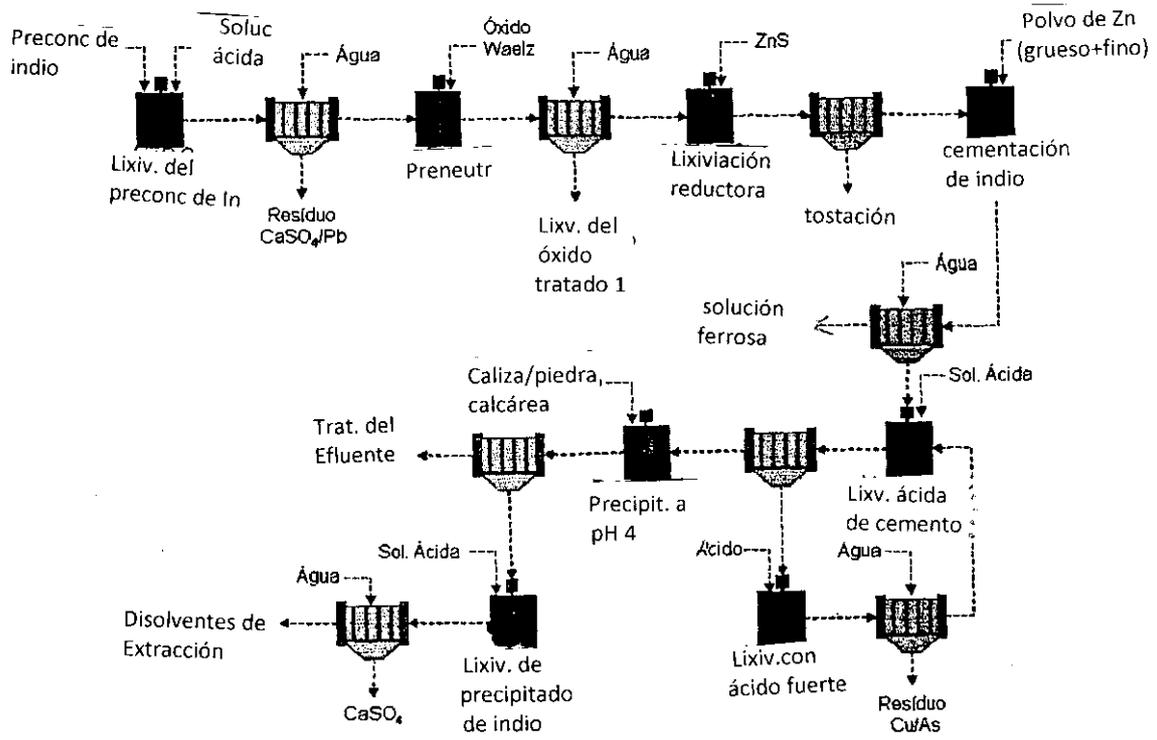


FIGURA 2

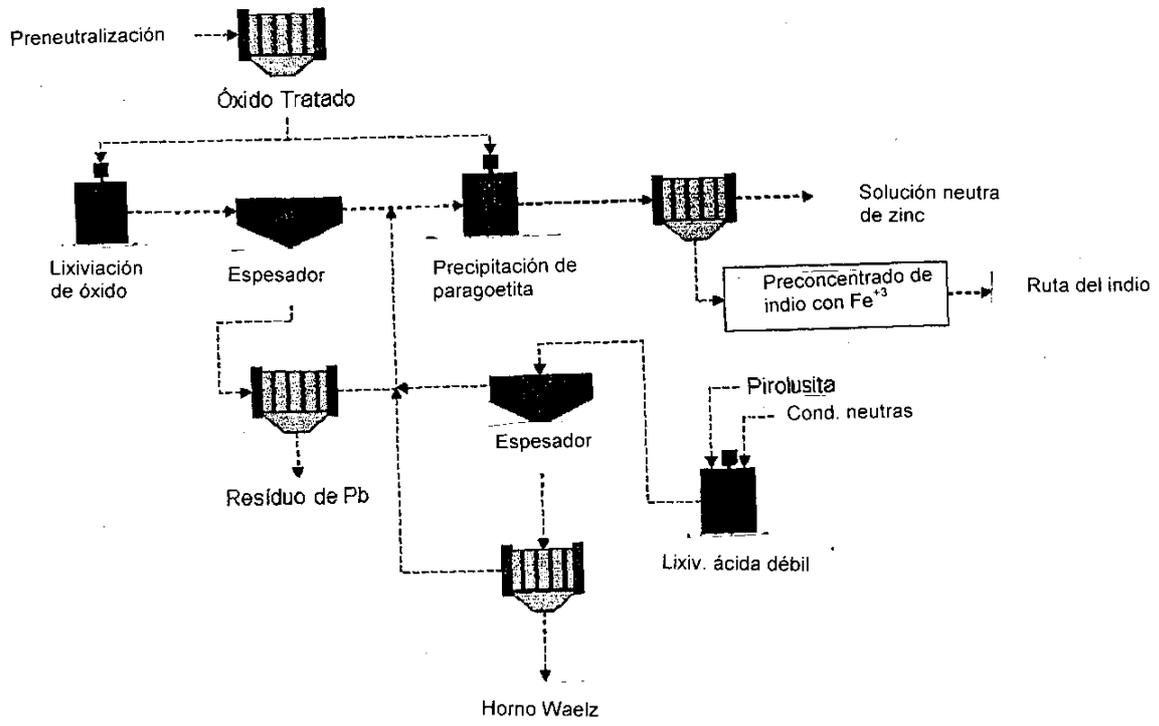


FIGURA 3