

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 718**

51 Int. Cl.:

C22B 1/10 (2006.01)

C22B 11/00 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

C22B 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.04.2016 PCT/EP2016/059170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016 WO16180624**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2016 E 16719830 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3294915**

54 Título: **Método para la tostación parcial de concentrados que llevan cobre y/u oro**

30 Prioridad:

12.05.2015 DE 102015107435

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

08.10.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHARITOS, ALEXANDROS;
GÜNTNER, JOCHEN;
BUCHMANN, MARKUS;
HAMMERSCHMIDT, JÖRG;
KÜNSCH, MARTIN;
WROBEL, MACIEJ y
MATTICH, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 726 718 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para la tostación parcial de concentrados que llevan cobre y/u oro

La invención se refiere a un procedimiento y una instalación para eliminar sulfuros de arsénico y/o antimonio de partículas de mineral que contienen cobre, níquel y/u oro, en donde las partículas de mineral se alimentan en un reactor, en donde las partículas de mineral se calientan en presencia de partículas inertes a una temperatura entre 500 y 850°C en un lecho fluidizado y en donde las partículas de mineral se extraen del reactor.

Se obtienen cobre (Cu), cobalto (Co), níquel (Ni), oro (Au) y cinc (Zn) de minerales de sulfuro. Estos metales como tales representan productos valiosos que se pueden procesar más en una variedad de formas, pero deben estar presentes en forma muy pura para este tratamiento adicional. Esta pureza se genera mediante métodos pirometalúrgicos. Se entiende que la pirometalurgia es el tratamiento térmico adicional de los minerales o metales ya obtenidos, sea por un método de oxidación, es decir, calentamiento con adición de oxígeno, o por un método de reducción, es decir, calentamiento en presencia de un reductor preferiblemente gaseoso.

Uno de los métodos pirometalúrgicos es la tostación parcial. La tostación parcial es un método para limpiar el concentrado de sulfuros de arsénico y/o antimonio y producir así una materia prima adecuada para las etapas del procedimiento corriente abajo, p. ej., una fundición de cobre. En el caso de la tostación parcial del cobre, los concentrados, p. ej., como enargita (Cu_3AsS_4) o tennantita ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{12}$), contienen una cantidad significativa de arsénico que no se desea para el procesamiento pirometalúrgico e hidrometalúrgico corriente abajo y debe eliminarse en una gran medida. A la temperatura entre 500 y 850°C, se producen una serie de reacciones químicas que dan como resultado la formación de compuestos sólidos y gaseosos, así como la oxidación del azufre. Como un ejemplo, se da a continuación la reacción de desarsenificación de la enargita:



El grueso de la generación de energía viene de la oxidación del azufre, sin embargo, son exotérmicas más reacciones. La oxidación del azufre se puede producir de formas que incluyen la oxidación del azufre gaseoso y la oxidación de sulfuros gaseosos o sólidos. Sin embargo, se oxida solo una parte del azufre. El producto sólido de tostación parcial contiene típicamente porcentajes de azufre en el intervalo de 12-25% en peso, en forma de sulfuro. Por otra parte, la alimentación de concentrado contiene 25-35% en peso de azufre en forma de sulfuro. Después de la limpieza del gas del proceso, se produce ácido sulfúrico a partir del dióxido de azufre.

Además, el mineral después de salir del reactor tiene un contenido de arsénico inferior a 0,3% en peso. La mineralogía respectiva incluye entre otros compuestos tales como bornita (Cu_5FeS_4), calcopirita (CuFeS_2), material de ganga, magnetita (Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3), calcosina (Cu_2S), pirrotina (FeS), cantidades menores de arseniatos de hierro y minerales asociados a la composición de la alimentación de concentrado al tostador. El contenido total de arsénico depende de los elementos que tienen tendencia a formar arseniatos. Si el concentrado también comprende mercurio, el gas de escape se puede tratar mediante el llamado procedimiento Calomel. Se encuentran detalles de todas estas reacciones, entre otros, en los artículos "Physico-chemistry and Kinetics Mechanisms of Partial Roasting of High - Arsenic Copper Concentrates", de I. Wilkomirsky I., R. Parra, F. Parra, y E. Balladares en Copper 2013, Santiago, Chile y en "Development of partial roasting technology for arsenic containing copper concentrates" de A. Holmstrom, G. Berg y M. Andersson en Copper 2013, Santiago, Chile.

Uno de los problemas principales en la tostación parcial es la sinterización. La sinterización es un resultado de la formación de fases que están en el estado "fundido" que puede ser inducida por puntos calientes debido a la oxidación de azufre local, acompañada de transferencia de calor local insuficiente al resto del lecho fluidizado, o por una mayor concentración de compuesto que conduce a "fases fundidas" incluso a temperaturas del procedimiento normales.

Un mecanismo adicional incluye el crecimiento continuo de partículas como resultado de reacciones intrapartículas de las partículas de mineral. Por lo tanto, la formación de "fases fundidas", el crecimiento continuo de partículas es una función de la relación de mineral/calcula al material químicamente inerte, mientras que la formación de puntos calientes es en particular un problema dentro de las zonas donde se introduce oxígeno. Por consiguiente, la sinterización está asociada principalmente a (i) los alrededores de la rejilla de boquillas del reactor, (ii) paradas en caliente del reactor, donde se detiene el aire de fluidización, porque se maximiza la concentración de los potenciales compuestos que forman fases que funden, mientras que no existe movimiento de las partículas, y (iii) procedimientos de puesta en marcha, puesto que el sistema tiene tendencia a puntos calientes durante la transición de un estado de lecho fijo al de lecho fluidizado.

El documento WO 2008/036824 A1 describe un reactor de lecho fluidizado en donde se tratan minerales de metales y concentrados con microondas. Por consiguiente, se añaden partículas inertes en el fondo del reactor como una primera capa no fluidizada.

El documento US 2 650 159 A se dirige a un procedimiento continuo para la tostación de sólidos de arsenopirita que llevan oro finamente dividido. En el reactor de la solicitud el mineral se alimenta a un primer lecho y puede pasar a través de un tubo de descenso a un segundo lecho. Dicho reactor presenta dos particiones de apertura horizontales.

Entre los dos lechos establecidos en las correspondientes particiones, se prevé una partición impermeable a gases y horizontal (véase la columna 5, líneas 3 a 18).

Así, el documento US 2 650 159 A muestra dos lechos separados con inyecciones de gas fluidizado separadas por dos conductos de distribución del aire separados.

5 Se conoce también un diseño muy similar del documento GB 677050 A.

El documento US 4 626 279 describe un procedimiento en donde se suministran un concentrado de mineral de cobre y gas a un reactor de lecho fluidizado circulante, y se calientan a una temperatura mínima por encima de las temperaturas de escisión o descomposición entre 600 y 850°C de los minerales complejos que contienen sulfuros de arsénico y/o antimonio y bismuto presentes en el concentrado. El potencial oxígeno en el reactor se regula para así
10 prevenir la formación de compuestos no volátiles de dichas impurezas. El tiempo de permanencia del concentrado en el reactor se controla de forma que se asegure una eliminación mínima dada de las impurezas. El gas y sólidos se extraen del reactor y se pasan a un medio de separación, en el que se pueden separar sólidos sustancialmente sin impurezas del gas. No debe superarse el intervalo de temperatura dado ni el tiempo de permanencia con el fin de evitar la sinterización del cobre.

15 Del documento EP 2652161 A1 se conoce un procedimiento adicional para una tostación parcial de minerales que contienen cobre, que comprende un procedimiento de tostación de dos etapas que comprende una primera etapa de tostación en un primer reactor de tostación y una segunda etapa de tostación en un segundo reactor de tostación. Se forma una mezcla de gases del componente gaseoso del primer procedimiento obtenido de la primera etapa de tostación y del componente gaseoso del segundo procedimiento obtenido de la segunda etapa de tostación. La
20 posterior combustión de la mezcla de gases tiene lugar en una cámara de postcombustión. La postcombustión opera con dicho componente gaseoso del primer procedimiento reductor y rico en sulfuro, y el componente gaseoso del segundo procedimiento como gas oxidante con el fin de descomponer el SO₃ en la mezcla de gases para reducir el contenido de SO₃. El riesgo de formación de depósito y corrosión en la cámara de postcombustión y en las siguientes etapas se reduce, puesto que la primera etapa de tostación se lleva a cabo con un potencial de oxígeno muy bajo. Por lo tanto, una velocidad de reacción local alta para la oxidación del azufre está limitada por el oxígeno disponible.

Sin embargo, los dos últimos métodos son muy limitados en condiciones de reacción y producen un coste de inversión alto para el aparato adecuado.

Por esta razón, la sinterización se evita de la forma convencional añadiendo partículas de SiO₂ en forma de arena.
30 Las partículas de mineral (que han reaccionado total o parcialmente) se fluidizan en un reactor de lecho fluidizado, con un contenido de arena adicional. La expresión "arena adicional" se refiere solo a la arena mezclada adicionalmente con la alimentación de concentrado y no se refiere a la arena que ya contiene el mineral. La arena adicional diluye de alguna manera las partículas de mineral en el lecho fluidizado, lo cual se concibe como un reactor homogéneo en términos de atmósfera, temperatura y distribución de sólidos, y por lo tanto, inhibe los procesos de
35 sinterización. Puesto que la arena adicional ayuda a prevenir la sinterización en el estado de la técnica como resultado de la dilución, se sigue que su adición debe ser significativa. Sin embargo, la arena adicional tiene un impacto negativo en un procedimiento de fundición típicamente previsto corriente abajo. Además, la dilución de los sólidos dentro del reactor se puede producir como resultado de flujos de aire altos, que son típicos para un lecho fluidizado circulante propuesto en el documento US 4 626 279. Dichas unidades requieren típicamente velocidades del gas de entrada mayores de 2 m.s⁻¹ para el gas de fluidización, lo que da como resultado que las secciones transversales unitarias permitan un contenido de sólidos bajo, de modo que es difícil lograr el tiempo de
40 permanencia requerido para lograr un contenido de arsénico inferior a 0,3% en peso en la calcina.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método flexible y económico y una instalación para la tostación parcial de partículas de mineral que contienen cobre y/o níquel y/u oro, que produzca un mineral
45 purificado con un contenido muy bajo o sin un contenido de arena/inerte mayor, en donde el aumento se debe al procedimiento de tostación.

El problema se resuelve con un método según la reivindicación 1 actual. Las partículas de mineral que contienen cobre y/o níquel y/u oro se alimentan en un reactor. En este, las partículas de mineral y partículas inertes se fluidizan mediante un gas de fluidización que es inyectado desde una rejilla de boquillas del reactor. Por consiguiente, se
50 forma un lecho fluidizado que funciona a una temperatura entre 500 y 850°C, preferiblemente 630 y 720°C. Después de estar un tiempo de permanencia específico, las partículas de mineral se extraen del reactor, al mismo tiempo que se han llevado a cabo las respectivas reacciones químicas. Lo que es más importante, el lecho fluidizado presenta dos zonas que se disponen una encima de otra con respecto a la altura del reactor. Al menos 60% en peso de las partículas inertes están en la primera zona del lecho fluidizado, mientras que al menos 60% en peso de las
55 partículas de mineral están en una segunda zona encima de la primera zona. La formación de estas dos zonas se produce durante el funcionamiento del reactor en estado estacionario y es particularmente evidente durante la disminución del gas de fluidización (en casos de paradas controladas o puestas en funcionamiento de instalaciones).

La existencia de estas diferentes zonas se puede ajustar mediante diferentes diámetros o diferentes densidades de las partículas de mineral (como en las partículas inertes, puesto que el diámetro de partículas y las densidades son valores sensibles para las respectivas velocidades de fluidización mínimas. Cuando se consideran partículas de SiO₂ en forma de arena como material inerte y partículas de mineral, se puede observar que las densidades de los materiales son similares y por lo tanto la formación de las zonas mencionadas antes debe basarse solo en la diferencia del tamaño de partículas. Cuando se consideran otros materiales inertes que tienen potencialmente una densidad mayor que las partículas de mineral, entonces la diferencia de densidad también puede ayudar a la formación de zonas. Por consiguiente, la velocidad de fluidización mínima es la velocidad que es justamente tan grande que las partículas son fluidizadas dentro de un lecho. Tras alcanzar la velocidad de fluidización mínima, después el lecho se eleva en su conjunto. Esto se debe al hecho de que, como resultado del flujo dirigido ascendentemente de gas de fluidización, la fuerza que actúa sobre las partículas individuales desde abajo es mayor que la fuerza gravitatoria. Cuando se supera la velocidad de fluidización mínima, la pérdida de presión del lecho permanece constante, puesto que ahora el gas fluye más allá de las partículas fluidizadas. Por lo tanto, con la ayuda de la ecuación de Ergun (Ergun, S., *Fluid flow through packed bed columns*, Chemical Engineering Progress, 48, 1954, S. 89-94) la velocidad de fluidización media se puede calcular como sigue:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150(1-\varepsilon)^2}{\varphi_s^2 \varepsilon^3} \frac{\mu U_{mf}}{(d_p^2)} + \frac{1,75(1-\varepsilon)U_{mf}^2 \rho_f}{\varepsilon^3 \varphi_s d_p}$$

en donde

- ΔP: pérdida de presión (Pa)
- L: altura del lecho fluidizado (m)
- d_p: diámetro medio de partículas (m)
- ρ_f: densidad del fluido (kg/m³)
- μ: viscosidad del fluido (Ns/m²)
- φ_s: parámetro de esfericidad (adimensional)
- ε: fracción de vacío (adimensional)
- U_{mf}: velocidad de fluidización mínima (m/s)

Al elevar las partículas de mineral a una segunda zona del lecho fluidizado y encima de la primera zona formada por partículas inertes, se puede extraer el menos la parte principal de las partículas de mineral sin ningún material inerte adicional. Además, como se ha indicado la formación de estas dos zonas se hace más evidente al reducir el suministro del gas de fluidización al reactor, lo que da como resultado una parada del reactor "corta" o más larga "segura" (en términos de potencial sinterización), como se explica en los siguientes párrafos.

Además, la formación de las dos zonas mencionadas durante el funcionamiento es beneficiosa por una razón adicional. Si las partículas de mineral se aglomeran, estos aglomerados obtendrán un tamaño de partículas efectivo mayor y, por lo tanto, un peso mayor y, por lo tanto, se hundirán desde la segunda zona a la primera zona del lecho fluidizado. En este sentido, las partículas inertes, debido a su mayor concentración, evitan que las partículas de mineral ya aglomeradas sintericen, como es bien sabido.

Además, la formación de las dos zonas mencionadas anteriormente da como resultado una reacción más uniforme del oxígeno contenido dentro del gas de fluidización y el azufre dentro de las partículas de mineral. Esto ocurre porque la concentración de oxígeno es máxima en la rejilla de boquillas y se reduce a través de la primera y segunda zonas de lecho fluidizado, mientras que la concentración de azufre sigue la tendencia opuesta exacta, es decir, es mínima o cero en la rejilla de boquillas, es mayor en la primera zona y la más alta en la segunda zona. Como resultado de la oxidación de azufre más uniforme, se evita la formación de puntos calientes, que es la principal causa de sinterización. En este contexto, la primera zona de sustancias inertes funciona como una forma de capa aislante, mientras que el término inerte se usa para describir una sustancia que no es químicamente reactiva durante la tostación parcial.

Además, dicho modo de funcionamiento protege al horno de la sinterización también durante paradas de funcionamiento planificadas o inesperadas. La reducción gradual del suministro de gas de fluidización da como resultado una formación más drástica de las dos zonas de fluidización, ya que la velocidad del reactor se acerca o se hace más pequeña que la velocidad de fluidización mínima de las partículas inertes (durante la reducción del gas de fluidización) mientras que todavía está por encima de la velocidad de fluidización mínima correspondiente de las partículas de mineral. La reducción adicional de gas hasta el punto donde las partículas inertes ya no son fluidizadas, con una posterior parada abrupta del suministro de gas de fluidización, da como resultado una parada donde la primera zona contiene una cantidad inerte maximizada (mayor que durante el funcionamiento en estado estacionario), por lo tanto no puede presentar sinterización durante el período en que el reactor no está en funcionamiento. Además, la potencial sinterización del reactor durante la puesta en marcha también se minimiza, ya que los alrededores de las boquillas se cubren mediante la primera zona que presenta un contenido inerte maximizado. Cualquier proceso de "sinterización" que tenga lugar en la segunda zona se invierte durante la puesta en marcha debido al momento y al movimiento vigoroso resultante de la primera zona.

5 Preferiblemente, el diámetro de al menos 70% en peso, preferiblemente al menos 80% en peso de las partículas de mineral está por debajo de 60 μm y/o el diámetro de al menos 70% en peso, preferiblemente 80% en peso de las partículas inertes es entre 0,5 y 1,5 mm. Por consiguiente, las dos zonas se desarrollan claramente durante el funcionamiento en estado estacionario y de forma más notable durante la reducción gradual del soplador durante una parada planificada o no planificada. Además, estos son tamaños típicos para partículas de mineral y SiO_2 en forma de arena, que es por lo que no es necesario un tratamiento previo.

Es especialmente económico usar partículas de SiO_2 como partículas inertes puesto que la arena es barata, está fácilmente disponible y es fácil de manejar. Un posible material adicional es escoria granulada.

10 Además, una realización preferida de la invención proporciona una cantidad de gas de fluidización en un intervalo de 200 a 600 $\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, preferiblemente de 300 a 500 $\text{Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ por tonelada de alimentación de partículas de mineral, consideradas en estado seco. En este contexto, Nm^3 significa metro cúbico normal que significa un metro cúbico medido en condiciones normales de temperatura y presión. También esta cantidad de gas de fluidización asegura un lecho fluidizado con las dos zonas.

15 Preferiblemente, la velocidad de fluidización se ajusta de modo que después de secado y reducción del contenido de azufre de las partículas de mineral, sean elevadas por encima de la segunda zona a la llamada zona libre ("freeboard"). De esta, las partículas se pueden extraer junto con la corriente de gas de fluidización y separar, p. ej., con un ciclón.

20 En una realización preferida de la invención, al menos más de 50% en peso, preferiblemente más de 80% en peso e incluso más preferiblemente más de 90% en peso de las partículas de mineral extraídas del reactor se extraen de una posición por encima del lecho fluidificado, es decir, la zona libre. Por consiguiente, la mayor parte del mineral se extrae prácticamente sin ningún contenido adicional de arena.

25 Preferiblemente, las partículas de mineral que quedan son extraídas del lecho fluidizado por una salida situada a aproximadamente del 80% a 99% de la altura total del lecho fluidizado medida desde el fondo del reactor, preferiblemente desde la rejilla de boquillas. Por consiguiente, la extracción por este rebosadero está situada a la altura de la segunda zona, en donde están la mayoría de las partículas de mineral, con la condición de que no se añada arena adicional u otro material inerte al procedimiento, que es el propósito de esta invención. Si se añade dicho material, p. ej., para contrarrestar el desgaste del material inerte, entonces la extensión de la primera zona aumenta hasta el rebosadero, mientras que la segunda zona consiste en una capa fina por encima de la primera zona. Por lo tanto, en el caso de adición continua de material inerte al reactor, el material que sale por el conducto será tanto partículas inertes como de mineral. La respectiva analogía entre las partículas inertes y de mineral se determinará como resultado de la cantidad de sólidos inertes que entran en el reactor y el porcentaje de partículas de mineral que salen por el rebosadero (el resto de las partículas de mineral salen por la zona libre).

30 Como se ha descrito antes, la invención permite un funcionamiento del reactor también sin o con una cantidad mínima de material inerte adicional. Sin embargo, si se lleva a cabo una adición continua de material inerte durante el funcionamiento, el producto final se puede limpiar, puesto que el diámetro de las partículas de mineral es mucho menor que el diámetro de la arena. Por consiguiente, esta medida podría ser la separación de partículas de mineral y arena mediante un clasificador, de modo que el mineral se puede extraer sin ningún contenido de arena adicional.

35 Además, se prefiere que la rejilla de boquillas anterior en el fondo del reactor esté cubierta con arena o partículas inertes, que tengan preferiblemente un tamaño de partículas mayor de 2 mm. Las partículas con un diámetro mayor de 2 mm no son fluidizadas puesto que son demasiado grandes. Como resultado, forman una capa sobre la rejilla de boquillas del reactor que tiene la función de una membrana para inyectar el gas de fluidización. Preferiblemente, esta capa es de entre 5 y 20 cm. La función de esta capa se puede explicar como una capa de membrana que es permeable para el gas de fluidización que viene de la rejilla de boquillas en el fondo del reactor y posteriormente prosigue al lecho fluidizado con sus dos zonas. Por lo tanto, las partículas de mineral no pueden penetrar a través de esta capa de membrana a la rejilla de boquillas. Por consiguiente, se evita la sinterización con las boquillas de la rejilla debido a que se evita la alta concentración de oxígeno localmente. Además, la capa de membrana adicional actúa como un distribuidor de placa porosa, debido a su estructura porosa de lecho fijo inherente. Por lo tanto, el gas de fluidización se puede inyectar de forma más uniforme a través del reactor, evitando así puntos calientes y minimizando la potencial sinterización.

40 45 50 En otra realización preferida de la invención, el tiempo de permanencia medio de las partículas de mineral en el reactor es entre 0,5 y 1 h. Por consiguiente, el contenido de arsénico en el mineral calcinado se reduce por debajo de 0,3% en peso.

55 Preferiblemente, las partículas de mineral se alimentan al reactor con un contenido de agua entre 5 a 10% en peso, preferiblemente de 7 a 8% en peso, que es causado por un filtrado corriente arriba del producto de flotación. Esta humedad tiene la ventaja de que las partículas de mineral recién introducidas se hunden en la segunda y primera capas del lecho fluidizado. Durante su movimiento en el lecho, las partículas se secan y, por lo tanto, quedan suspendidas en la capa superior del lecho y finalmente son descargadas a través del rebosadero del lecho. Este mecanismo asegura el tiempo de permanencia necesario. Los valores de humedad más altos dan como resultado

una dosificación de sólidos problemática, mientras que los valores más bajos dan como resultado tiempos de permanencia bajos, puesto que las partículas de mineral tienden a ser arrastradas instantáneamente a la zona libre o son llevadas a través del rebosadero del lecho.

5 En una realización preferida de la invención, las partículas de mineral se alimentan al reactor con un contenido de azufre de 25-35% en peso basado en las partículas de mineral en estado seco. Con dicha composición, el procedimiento reivindicado se puede llevar a cabo de forma más eficaz, puesto que el contenido de azufre en calcina que resulta está de acuerdo con los requisitos para el equilibrio energético de la fundición ultrarrápida ("flash") corriente abajo.

10 Se prefiere el uso de aire como gas de fluidización puesto que el aire es una fuente barata para el oxígeno necesario para la tostación parcial del mineral. Sin embargo, se puede usar nitrógeno o cualquier otro gas inerte, de modo que se prefiere un gas enriquecido en contenido de oxígeno, así como aire después del respectivo enriquecimiento en oxígeno.

15 El gas de fluidización se inyecta en el reactor con una velocidad de 0,2 a 2 m.s⁻¹, preferiblemente de 0,5 a 1,5 m.s⁻¹. Dicha velocidad de entrada del gas de fluidización asegura el desarrollo de un lecho fluidizado con dos zonas que es el objeto de la invención, en especial para partículas de mineral que presentan un diámetro de entre 20 a 60 μm y partículas inertes que presentan un diámetro entre 0,1 a 2 mm.

20 A veces, el propio mineral usado contiene SiO₂ u otras sustancias inertes, de modo que no se tienen que alimentar sustancias inertes adicionales al reactor. Sin embargo, también se pueden insertar partículas inertes en el reactor de forma continua. La alimentación de la arena se puede hacer por un conducto separado del mineral junto con la alimentación de las partículas de mineral.

25 La invención comprende además un aparato para eliminar sulfuros de arsénico y/o antimonio de las partículas de mineral que contienen cobre, níquel y/u oro con las características de la reivindicación 12. Dicho aparato comprende un reactor en el que durante el funcionamiento se forma un lecho fluidizado. El reactor presenta al menos un conducto para alimentar las partículas de mineral en el reactor, medios para inyectar un gas fluidizado en el reactor, al menos una salida para extraer las partículas de mineral y el flujo de gas del reactor, así como al menos un rebosadero para extraer partículas de mineral del lecho fluidizado. Es esencial que la salida esté situada de modo que durante el funcionamiento está situada por encima del lecho fluidizado y el rebosadero está situado en una posición al 80% a 99% de la altura total del lecho fluidizado medido desde el fondo del reactor, preferiblemente desde la rejilla de boquillas. Con esta disposición, el mineral se puede extraer con un aumento muy pequeño de contenido de SiO₂.

30 Además, un aparato de acuerdo con la invención está equipado preferiblemente con al menos un dispositivo(s) de alimentación estanco(s) al aire para transportar las partículas de mineral desde el conducto al reactor sin añadir una cantidad adicional de oxígeno. Por consiguiente, se evitan los puntos calientes locales causados por una velocidad alta de oxidación del azufre. Un posible dispositivo de alimentación es una cinta transportadora con deflectores estanca al aire que descarga material encima del nivel del lecho fluidizado y funciona como un esparcidor por toda la sección transversal del reactor, puesto que la cinta transportadora con deflectores consiste en una cinta transportadora que gira a alta velocidad inyectando las partículas a alta velocidad. Alternativamente, también se podría usar un alimentador de tornillo estanco al aire, que descargaría en o a lo largo la superficie del lecho fluidizado e incluiría componentes convencionales, p. ej., eje de tornillo, carcasa, motor etc., así como una disposición de huecos/rebosadero de sólidos entre el final del eje de tornillo giratorio y la entrada al lecho fluidizado. Esta última disposición tiene el propósito de proteger el eje de tornillo giratorio de la alta temperatura, así como la realización de reacciones dentro del alimentador de tornillo. Una opción estanca al aire adicional sería un raspador giratorio situado en la cúpula superior del reactor debajo de una tolva de alimentación. La distribución de la alimentación dentro del área de la sección transversal del lecho fluidizado se lleva a cabo mediante tuberías de alimentación que van desde el techo del horno de tostación óptimamente hasta el área de la sección transversal del lecho fluidizado.

35 En una realización preferida de la invención, el gas de fluidización se suministra a un reactor de lecho fluidizado a través de la llamada rejilla de boquillas, una placa que está perforada con 10-300 agujeros por m². Los agujeros están llenos con boquillas de la rejilla que pueden ser de varios tipos que incluyen los siguientes: (i) que no se extienden desde la rejilla de boquillas y que tienen un orificio en la dirección ascendente, (ii) que se extienden por encima de la boquilla que tienen uno o más de un orificio en un ángulo entre 0 - 180°C, (iii) boquillas de la rejilla como las anteriores con una característica añadida de una tapa para proteger más el bloqueo de los orificios.

40 Preferiblemente, el aparato también presenta una salida de subdesbordamiento del lecho fluidizado para extraer cualquier material sobredimensionado que dificulte el funcionamiento de la primera y segunda capas de lecho fluidizado. Dicho material sobredimensionado puede resultar de la aglomeración de partículas de calcina, aglomeración de partículas de calcina/inertes, partículas de mineral/inertes sobredimensionadas dentro de la alimentación del lecho fluidizado, en donde el subdesbordamiento se sitúa en una posición aproximadamente como mucho al 20% de la altura total del lecho fluidizado medido desde la rejilla de boquillas del reactor.

La figura 1 muestra esquemáticamente un reactor de tostación según el estado de la técnica, y

La figura 2 muestra esquemáticamente un reactor de tostación según la invención.

La figura 1 muestra un reactor 10 para la tostación parcial de partículas de mineral que contienen cobre, níquel y/u oro para eliminar sulfuros de arsénico y/o antimonio del cobre. Mediante un conducto 11, el mineral se alimenta al reactor 10, mientras que partículas de SiO₂ en forma de arena se alimentan al reactor 10 por un conducto 12.

Las partículas de mineral y de SiO₂ en forma de arena forman un lecho fluidizado 1 por encima de una rejilla de boquillas 2, dado que las partículas son fluidizadas mediante un gas de fluidización. El gas de fluidización se inyecta desde la rejilla de boquillas 2 del reactor por un conducto 13.

Además, se puede añadir contenido de agua adicional por el conducto 14 para controlar la temperatura del reactor.

Por un conducto 15, se extrae una mezcla de ambas partículas del lecho fluidizado 1. Mientras tanto, las partículas muy ligeras son transportadas a una zona libre 3 por encima del lecho fluidizado 1. De allí, las partículas se extraen junto con el gas de fluidización por un conducto 16.

Desde el conducto 16, la mezcla de partículas/gas se alimenta a un ciclón 17 en el que las partículas se separan de la corriente de gas. La corriente de gas se descarga del ciclón 17 por un conducto 18, mientras que las partículas se pasan al conducto 15 por el conducto 19.

El problema central al que se enfrenta este reactor de tostación son los altos contenidos adicionales de arena superiores a >10% en peso y tan altos como 20% en peso seco, lo que produce un mayor flujo de volumen en las etapas de operaciones posteriores, un mineral calcinado contaminado con arena y problemas relacionados con el tiempo de permanencia medio puesto que el contenido de arena adicional requiere velocidades altas del gas de fluidización.

El hacer funcionar un reactor como se representa en la figura 1 dentro de un intervalo de velocidad de 0,5 a 1,5 m.s⁻¹ para obtener valores de tiempo de permanencia en el intervalo de 0,5 - 1 h con un contenido de arena adecuado de hasta 10% en peso con respecto al mineral seco, conduciría a una concentración de arena baja dentro del lecho fluidizado, por lo tanto, a altas concentraciones locales de mineral. Como resultado, la arena no protege a las partículas de mineral de la sinterización de forma fiable.

La figura 2 muestra un esquema de un reactor 20 según la invención. El mineral húmedo con un contenido de azufre de 25-35% en peso de azufre se introduce en el reactor 20 por un conducto 21. Se pueden añadir partículas de SiO₂ adicionales por el conducto 22 si es necesario, p. ej., en el caso de desgaste del material inerte extraordinario. Tanto el conducto 21 como el 22 se abren en un dispositivo de alimentación estanco al aire 30, 30' para transportar las partículas de mineral al reactor sin ningún contacto con oxígeno.

La corriente de SiO₂ adicional preferiblemente se establece en 0 a 3% en peso del peso total de la corriente, pero en cualquier caso inferior a 10% en peso. Además, las partículas de SiO₂ presentan una distribución del tamaño de partículas de 0,1 mm a 2 mm. En lugar de arena adicional, se puede usar cualquier otro material inerte, en especial sustancias que tienen una densidad de partículas similar o mayor que la del mineral, en concreto por encima de 2000 kg/m³. Posibles sustancias son escoria granulada de una fundición usada en una instalación para la operación de purificación de cobre.

El aire o cualquier otro medio de oxidación, p. e., aire mezclado con nitrógeno de una unidad de separación de aire, se inyecta por un conducto 23 en la rejilla de boquillas 32 del reactor 20. Por consiguiente, se establece un lecho fluidizado 31 con una velocidad de entrada del gas de fluidización en el intervalo de 0,5 a 1,5 m.s⁻¹ y un tiempo de permanencia medio de la partícula de mineral de 0,5 a 1 h.

El agua del proceso se inyecta por un conducto 24 y se usa para controlar la temperatura del reactor 20.

Un rebosadero 25 está situado en una posición a al menos 80% de la altura total del lecho fluidizado 31 medido desde la rejilla de boquillas 32 del reactor 20. Por el rebosadero se pueden extraer las partículas de mineral del lecho fluidizado 31. En un reactor típico, el rebosadero 25 se sitúa de 0,5 m a 1,5 m por encima de la rejilla de boquillas 32.

Además, las partículas de mineral también se extraen junto con el gas de fluidización por una salida 26 que está situada de modo que durante el funcionamiento está por encima del lecho fluidizado en la región de la zona libre. Las partículas y el gas pasan de la salida 26 a un ciclón 27, en donde se separan el gas y las partículas. El gas que contiene SO₂ se elimina por un conducto 28 mientras que las partículas se alimentan al conducto 25 por un conducto 29. Se usa un subdesbordamiento 34 para drenar las partículas inertes de vez en cuando.

De acuerdo con la idea de la invención, la figura 2 representa dos zonas 31 b, 31c y una capa debajo de estas dos zonas 31 a. El funcionamiento de las dos zonas y la capa que conduce al éxito de la invención, se explica a continuación:

5 Una capa de lecho fijo 31a protege la rejilla de boquillas 32 de la sinterización. Dicha zona 31a se crea distribuyendo partículas inertes antes de la puesta en marcha del reactor, que tienen un diámetro de más de 2 mm, preferiblemente a lo largo de una capa de 5-20 cm encima de la rejilla de boquillas 32. Estas partículas están fijas y actúan como una pared permeable al aire, que no permite que la calcina que contiene azufre llegue a la punta de las boquillas de la rejilla. La caída de presión de esta capa es baja, es decir, en el intervalo de 0,1 - 1 kPa basado en la granulometría y forma exactas de estas partículas. Por lo tanto, no son posibles las temperaturas altas en las entradas de las boquillas y la correspondiente sinterización puesto que las partículas de mineral no se hundan en esta capa 31a. La densidad de sólidos en esta zona es mayor de 1500 kg.m³.

10 Una primera zona 31b es rica en sustancias inertes. La primera zona 31b es la zona más grande del lecho fluidizado 31. Se evita la sinterización del mineral en contacto con la primera zona 31b, puesto que el contenido de partículas inertes, p. ej., partículas de SiO₂ en forma de arena es alto. Las condiciones preferidas para formar la primera zona 31b son el uso del rebosadero 25, una distribución del tamaño de partículas de las partículas inertes que considera 80% en peso entre 0,5-1,5 mm, pero en cualquier caso 100% en peso entre 0,1-2 mm, una distribución de tamaño de partículas del mineral que considera 80% en peso de las partículas por debajo de 60 μm de partícula, pero en cualquier caso 100% entre 0-200 μm, siendo la velocidad del gas de fluidización dentro de esta zona de 0,2-2 m.s⁻¹.

15 Una segunda zona 31c es rica en partículas de mineral y, por lo tanto, forma una capa de calcina que flota por encima de la primera zona 31b. Para obtener dicha segunda zona, son necesarios los parámetros del procedimiento ya mencionados en relación con la primera zona 31b. Aunque esta zona 31c es rica en calcina con una tendencia a la sinterización, el movimiento de la capa rica en arena subyacente protege al mineral de la sinterización.

20 En conclusión, el nuevo reactor puede funcionar con menos de <10% en peso, en especial 0-3% en peso de sustancias inertes añadidas. Debido al bajo contenido de partículas inertes, el producto resultante es de alta calidad. Además, se puede obtener un tiempo de permanencia de sólidos medio de las partículas de mineral en el intervalo de 0,5-1 h, que es óptimo para la eliminación de arsénico. Se pueden usar medios de oxidación adicionales en lugar de aire para así vigilar más la posibilidad de creación de puntos calientes durante el funcionamiento en estado estacionario o procedimientos de puesta en marcha, puesto que el calor liberado dentro del lecho fluidizado y en los alrededores de las boquillas de la rejilla es una función del contenido de oxígeno del gas fluidizado.

Ejemplo

30 El siguiente ensayo de laboratorio sencillo representa el efecto de la invención. Se ponen 800 g de partículas de SiO₂ en forma de arena y 200 g de partículas de mineral dentro de una columna de plexiglass transparente (diámetro: 0,1 m). En el fondo de la columna, se introduce aire como gas de fluidización mientras su flujo se aumenta gradualmente. A una velocidad mayor de 0,1 m/s solo las partículas de mineral son fluidizadas con lo cual la arena permanece en el fondo de la columna. Por encima de una velocidad del gas de fluidización de 0,6 m/s, las partículas de SiO₂ también son fluidizadas. Manteniendo la velocidad constante, se forman dos zonas con lo cual al menos 80% en peso de las partículas de SiO₂ se encuentran bien por encima del fondo de la columna formando una primera capa visible, de modo que al menos 80% de las partículas de mineral se encuentran en una segunda capa por encima de la primera.

Lista de números de referencia:

	1	lecho fluidizado
	2	rejilla de boquillas
40	3	zona libre
	10	reactor de lecho fluidizado
	11-16	conducto
	17	ciclón
	18, 19	conducto
45	20	reactor de lecho fluidizado
	21-26	conducto
	27	ciclón
	28, 29	conducto
	30, 30'	dispositivo de alimentación estanco al aire
50	31	lecho fluidizado
	31a	capa fija
	31b	primera zona
	31c	segunda zona
	32	rejilla de boquillas
55	33	zona libre
	34	subdesbordamiento

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para eliminar sulfuros de arsénico y/o antimonio de partículas de mineral que contienen cobre, níquel y/u oro, en donde las partículas de mineral se alimentan en un reactor, en donde se inyecta un gas de fluidización en el reactor para formar un lecho fluidizado que contiene al menos una parte de las partículas de mineral y de las partículas inertes, en donde las partículas de mineral se calientan en presencia de partículas inertes a una temperatura entre 500 y 850°C y en donde las partículas de mineral se extraen del reactor, caracterizado por que al menos 60% en peso de las partículas inertes forman una primera zona del lecho fluidizado y por que al menos 60% en peso de las partículas de mineral forman una segunda zona encima de la primera zona.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el diámetro de al menos 70% en peso de las partículas de mineral es menor de 60 μm y/o por que el diámetro de al menos 70% en peso de las partículas inertes es entre 0,5 a 1,5 mm.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las partículas inertes son partículas de SiO_2 .
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos más de 50% en peso, preferiblemente más de 80% en peso e incluso más preferiblemente más de 90% en peso de las partículas de mineral extraídas del reactor se extraen desde una posición por encima del lecho fluidizado.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que las partículas de mineral que quedan se extraen del lecho fluidizado por una salida situada a aproximadamente 80% de la altura total del lecho fluidizado medida desde el fondo del reactor.
- 20 6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una capa de partículas inertes se sitúa entre el fondo del reactor y el lecho fluidizado.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el tiempo de permanencia medio de las partículas de mineral en el reactor es entre 0,5 a 1 h.
- 25 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las partículas de mineral se alimentan al reactor con el contenido de agua entre 5 a 10% en peso.
9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las partículas de mineral alimentadas al reactor tienen un contenido de azufre de más de 25% en peso basado en las partículas de mineral en estado seco.
10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se usa aire o cualquier otro gas que contiene oxígeno como gas de fluidización.
- 30 11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el gas de fluidización se inyecta en el reactor con una velocidad de 0,2 a 2 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se alimentan partículas inertes en el reactor de forma continua.
- 35 13. Aparato para eliminar sulfuros de arsénico y/o antimonio de partículas de mineral que contienen cobre, níquel y/u oro, que comprende un reactor (20) en el que durante el funcionamiento se forma un lecho fluidizado (31), con al menos un conducto (21) para alimentar partículas de mineral en el reactor (20), medios (23) para inyectar un gas de fluidización en el reactor (20), al menos una salida (26) para extraer las partículas de mineral del reactor (20), en donde la salida (26) está situada de modo que durante el funcionamiento está situada por encima del lecho fluidizado (31), y con un rebosadero (25) para extraer partículas de mineral del lecho fluidizado (31), en donde el rebosadero (25) está situado en una posición de al menos 80% de la altura total del lecho fluidizado (31) medido desde el fondo del reactor (20).
- 40 14. Aparato según la reivindicación 13, caracterizado por un dispositivo de alimentación estanco al aire (25) para transportar las partículas de mineral del conducto (21) al reactor (20).
- 45 15. Aparato según la reivindicación 13 o 14, caracterizado por boquillas de la rejilla (32) para inyectar el gas de fluidización en el reactor (20).
16. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 13-15, caracterizado por un subdesbordamiento (34) para extraer partículas de mineral del lecho fluidizado (31), en donde el subdesbordamiento (34) está situado en una posición de aproximadamente como mucho 20% de la altura total del lecho fluidizado medida desde el fondo del reactor (20).

50

