

REIVINDICACIONES

1. Proceso hidrometalúrgico para la extracción de metales y yeso de cualquier tipo de polvo de horno de arco eléctrico de acerías, recuperando y extrayendo simultáneamente zinc, plomo, plata, hierro y calcio, en la forma de productos industriales; el zinc como sulfato de zinc o cátodos de zinc, el plomo y la plata como un concentrado de plomo y plata, el hierro como hierro reducido elemental para retomo al horno de arco eléctrico, finalmente el calcio como yeso, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
 - 1) acondicionamiento de los polvos de horno de arco eléctrico que consiste en homogeneizar e identificar su composición química en los contenidos de Zn, Fe, Cl, Pb, Ca, Ag, Cd, Hg, donde se realiza en un mezclador encapsulado que produce la mezcla homogénea, constituyendo el stock homogéneo de polvo de horno de arco eléctrico que se almacena en tolvas encapsuladas, el cual ingresará al proceso después de haberse efectuado el análisis químico respectivo y donde una vez acondicionados pasan a la etapa 2) lavado;
 - 2) lavado de los polvos de la etapa 1) con agua, con halógenos presentes, donde se procede a transportar el polvo homogeneizado de las tolvas encapsuladas a los tanques de lavado, donde el agua proviene del sistema de alimentación de agua condensada que tiene ausencia de sales así como de gases disueltos e ingresa a una temperatura de 80°C con una relación másica de 3 a 1, donde los tanques de lavado mantienen una suspensión constante mediante agitación mecánica por 15 minutos en la primera parte del lavado, produciéndose un líquido cargado de los complejos solubles de Cl, Na, K, Mg, Ca, Ba, el cual es enviado a la etapa 13) que es la unidad de purificación de líquidos del proceso, donde la pulpa ingresa a un segundo tiempo de lavado de 10 minutos con agua de las mismas características del proceso para forzar una segunda disolución de halógenos, de forma similar se envía el líquido a la etapa 13), donde los sólidos lavados insolubles previamente filtrados son enviados a la etapa 3) sulfatación extensiva;
 - 3) sulfatación extensiva que consiste en la adición de ácido sulfúrico a los sólidos de la etapa 2) lavado, donde en esta reacción se mezcla en peso una parte de polvo de horno de arco eléctrico lavado con 0,87 partes de ácido sulfúrico puro en un reactor de mezcla continua generándose una pasta, donde la reacción es exotérmica, se lleva a cabo en un rango de 120°C a 150°C, a la que se le agrega agua a 80°C del sistema de generación de agua condensada y mantener la condición plástica de la pasta;
 - 4) secado que consiste en secar la mezcla sulfatada de polvos de horno de arco eléctrico en el mismo reactor de sulfatación, el cual sigue operando

a mezcla continúa incrementándose la temperatura del reactor a 200°C; la pasta procede a secarse, con formación de cristales aglomerados de color gris oscuro;

- 5) termólisis donde en esta etapa se convierte una parte del complejo en soluble de sulfato de zinc y la otra parte en insoluble de óxido de hierro; consiste en que después de la etapa de secado se incrementa la temperatura del reactor a un rango de trabajo de entre 680°C a 720°C basado en la concentración de Zn, Fe, Pb, en la pasta, donde se mantiene la mezcla mecánica en forma constante de manera que los cristales formados en la fase de secado puedan incrementar su temperatura en forma homogénea, siendo el tiempo de reacción de 2 horas;
- 6) lixiviación acuosa, donde en esta etapa se obtienen dos nuevos complejos, uno líquido que contiene el zinc, el otro de naturaleza insoluble constituido por la hematita, yeso, óxidos de plomo, donde la lixiviación se lleva a cabo a 70°C con una velocidad de 260 rpm en tanques encapsulados con un sistema de extracción de vapor, manteniendo una relación sólido líquido de 1 a 3,6 siendo el rango del tiempo de lixiviación de 1 hora a 1 hora con 30 minutos;
- 7) recuperación de zinc; en esta etapa se obtiene la recuperación de zinc, donde la primera forma es como sulfato de zinc mediante evaporación con posterior cristalización, y donde la segunda forma es como cátodos de zinc por electrodeposición;
- 8) flotación, donde en esta etapa se separa la hematita de los otros compuestos; donde se obtiene un concentrado de plomo plata de 52.26% de Pb con 81 onzas troy de Ag; el otro producto es la mezcla de la hematita con el yeso el cual se provee a la etapa 9) separación magnética;
- 9) separación magnética, donde en esta etapa la hematita aún contiene yeso, debiéndose separar el yeso de la hematita a velocidades bajas entre 0,7 pies/min (12,8 m/s) y 0,8 pies/min (14,63 m/s) del separador magnético y a una densidad de flujo magnético entre 19 000 Gauss (19 T) y 21 000 Gauss (21 T);
- 10) sistema de recuperación de gases, donde en esta etapa el proceso comprende un sistema convencional catalítico para recuperación de SO_3/SO_2 , que capta los gases en soluciones diluidas de H_2SO_4 (al 70%) en presencia de catalizadores, la solución de captación se agrega al stock de ácido sulfúrico del proceso, contando el sistema convencional catalítico con disipadores de calor mediante aire forzado y se encuentra encapsulado;
- 11) sistema de lavado de gases, donde en esta etapa los gases del sistema son fundamentalmente aire, O_2 y CO_2 , forzando a que el gas y las

partículas pasen por sprays y neblina de agua a contracorriente a $1,2 \text{ m}^3$ por m^3 de gas, en forma repetitiva con varias columnas de lavado y serpentines, pasando el gas antes de abandonar el proceso por filtros ultrafinos para asegurar sin pérdida de sólidos;

- 12) recuperación de lodos, donde estos lodos son filtrados mediante dos bombas gemelas con membranas de resinas fenólicas a una presión de 3,5 bar (350 kPa), la primera con una membrana de 5 micras y la segunda con una membrana de 2,5 micras; y,
 - 13) purificación de líquidos donde en esta etapa recibe los flujos líquidos de las etapas 11) sistema de lavado de gases, 12) recuperación de lodos, 8) flotación, que consta de un sistema de separación de iones por filtración de membranas a alta presión con evaporación al vacío, retorna el agua limpia al proceso sin generación de efluentes, los sólidos (precipitados, lodos, cristales) son agregados al concentrado plomo plata.
2. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 3) se requiere una mezcla enérgica permanente durante 20 minutos; manteniendo la pasta viscosa homogénea hasta el agotamiento del ácido sulfúrico obteniéndose una sola fase sólida.
 3. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** en la etapa 3) no se producen líquidos de forma alguna, donde se produce vapor de agua con neblina ácida, donde estos se envían a la etapa 10) sistema de recuperación SO_2/SO_3 y donde son recuperados retornando al sistema de ácido sulfúrico del proceso.
 4. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 3, así como la reivindicación 5, **caracterizado porque** en la etapa 3) se procede al rompimiento de las moléculas óxidos, reemplazando el oxígeno en las moléculas por el compuesto típico SO_4 .
 5. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 4) la duración es de 10 minutos con eliminación de agua contenida.
 6. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 5) se produce la reacción de termólisis del sulfato de hierro como reacción principal que produce la formación de Hematita; además la generación de los gases SO_2/O_2 , de acuerdo a la siguiente reacción: $4\text{FeSO}_4 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 + \text{O}_2$.
 7. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** la reacción se lleva a cabo a presión atmosférica; los gases generados son enviados a la etapa 10) Sistema de recuperación de SO_2/SO_3 donde se recuperan retornando así al stock de ácido sulfúrico del proceso, donde además de la reacción de descomposición térmica del hierro los óxidos con menor energía de formación en función al hierro también se descomponen entre estos tenemos a los de Pb, Ag, Si, Mn, P, Sn, Cd, Ni, Bi.

8. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** la hematita así como todos los demás óxidos formados son insolubles, donde el zinc se mantiene como sulfato soluble, y donde se obtiene así una mezcla con estas propiedades que se envía a una tolva a 70°C.
9. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 6), el agua de lixiviación proviene del sistema de agua condensada, que es un sistema de contracorriente, de forma que los sólidos van solubilizando y perdiendo progresivamente el Zinc, mientras que la solución va incrementándose progresivamente en el contenido de Zinc y en menor manera, en los contenidos de Mn y C.
10. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el agua de lixiviación está a una temperatura de 70°C y donde la fase sólida está constituida por la hematita, yeso y óxido de plomo.
11. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 8) (flotación) se produce el concentrado plomo plata; la hematita, el yeso junto a los óxidos de plomo son sometidos a flotación con Na_2S y se obtiene un concentrado plomo plata con el Pb.
12. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 9) (separación magnética) se produce el concentrado de yeso, separándose de la Hematita y se obtiene un concentrado de yeso.
13. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en una tercera realización preferida en la etapa 9) (separación magnética) se produce el hierro reducido.
14. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en una cuarta realización preferida en la etapa 7) (recuperación de zinc) se produce sulfato de zinc; el líquido que contiene el zinc es evaporado al vacío por lo que se incrementa la concentración de zinc hasta 1,800 gramos por litro; por el proceso de cristalización se obtiene el sulfato de zinc.
15. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** en una quinta realización preferida en la etapa 7) (recuperación de zinc) se producen cátodos de zinc; se produce una solución subsaturada de 60 gramos por litro de zinc para el proceso de electro refinación de zinc, mediante el procedimiento convencional de cátodos de zinc por electrodeposición a partir de soluciones sulfúricas.
16. El proceso hidrometalúrgico de acuerdo con la reivindicación 1 y 15, **caracterizado porque** todos los líquidos son reciclados por evaporación al vacío en la etapa 13) (purificación de líquidos), donde los lodos anódicos generados son agregados al concentrado plomo plata.