

EXTRACCION DEL METAL

La solución preñada lixiviada, debe ser filtrada y deareada antes del paso de recuperación del metal, que es reemplazamiento de oro y plata precipitados con polvo de zinc. Aunque también se usa la adsorción con carbón activado, en este caso, sólo nos referiremos al proceso de cementación con zinc debido a las ventajas que éste nos presenta.

Si la solución no es filtrada y deareada, antes de la precipitación, se obtendrán resultados muy pobres, por lo que la solución debe estar, primeramente clara y en segundo lugar sin oxígeno, esto es, que la solución debe de tratarse de tal manera que el oxígeno que fue benéfico durante el paso de lixiviación, sea eliminado , ya que la reacción de precipitación con zinc requiere de una condición reductora (Felix, 1990).

La cementación con polvos de zinc o precipitación Merrill-Crowe es el método más ampliamente usado para la recuperación de oro y plata. Porque es de operación simple y eficiente, y actualmente se utiliza en las diez más grandes minas que producen oro en el mundo libre, las cuales están en Sudáfrica. Este proceso es atractivo para usarse en minas nuevas donde el mineral expone una gran porción de oro y plata (en un rango de 5:1 a 20:1). Los minerales con altos valores de plata presentan significantes problemas al circuito de Adsorción con Carbón, ya que la plata causa grandes requerimientos de carbón, el cual es económicamente

prohibido. Otra ventaja para el sistema de cementación con zinc, es que una vez alcanzado el equilibrio dinámico (estado estable) en las plantas de proceso, se requiere relativamente poca gente para su operación y mantenimiento.

La tabla 3 presenta una comparación de los dos procesos: carbón por adsorción y precipitación con zinc (Van Zyl, et al, 1988).

PLANTA DE PRECIPITACION CON ZINC

Historia de cementación con zinc.

Durante 1890 la cementación con zinc se introdujo para la precipitación de oro y plata mediante soluciones de cianuro. Esto ocurrió al mismo tiempo que la introducción del proceso de cianuración.

El proceso de cementación inicial comprendía la introducción de la solución de cianuro con el oro sobre una capa de raspaduras (virutas) de zinc. Se demostró que fué completamente ineficiente porque la velocidad de reacción fué más lenta. El zinc rápidamente se vuelve "pasivo" inhibiendo una nueva deposición de oro. Poco después de ésta primera introducción, la precipitación de zinc mejoró añadiendo una sal de plomo (usualmente nitrato de plomo) a el zinc. Esto permitió una pareja de zinc-plomo formada sobre la superficie de las raspaduras, eliminando la pasividad de la superficie de zinc y permitiendo así una continua deposición de oro.

TABLA 3

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS:
MERRILL-CROWE Y ADSORCION CON CARBON.

MERRILL-CROWE
<p>VENTAJAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> . Bajos costos de mano de obra para operación y mantenimiento. . Bajo costo de capital. . Maneja grandes proporciones de oro y plata en el licor preñado.
<p>DESVENTAJAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> . La solución preñada necesita un tratamiento previo a la precipitación. . El procesos es sensible a la interferencia de iones. . Baja concentración de metales preciosos en la solución incrementa la cantidad de zinc requerido para precipitar una onza de metal.
ADSORCION CON CARBON.
<p>VENTAJAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> . No requiere pretratamiento el licor preñado. . El proceso maneja minerales carbonáceos o arcillosos. . Muy eficiente recuperación, sin considerar la concentración de los metales preciosos.
<p>DESVENTAJAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> . Alto grado de plata en el licor preñado resulta en alta actividad de carbón. . El carbón es susceptible a impurezas como las sales de calcio y magnesio. . La regeneración y despojamiento del carbón es una labor intensiva. . El proceso de adsorción tiene elevados costos de capital comparado con la operaciones de cementación con zinc.

Fuente: Van Zyl, et al, [1].

Se hicieron nuevos mejoramientos. El primero de estos comprendió el uso de polvo de zinc más bien que las raspaduras de zinc. Esto proporcionó una más grande superficie específica para precipitación y muy acelerada la cinética de reacción. La deareación de soluciones con oro a una concentración de menos de 1 ppm significativamente reduce el consumo de zinc causado por oxidación, resultando además un significativo incremento en la eficiencia del proceso. El uso de clarificado en los licores lixiviados y deareados fué el siguiente paso en este proceso, conocido actualmente como el proceso de precipitación Merrill-Crowe. La innovación de este proceso es el desarrollo de unidades móviles de precipitación.

Descripción del proceso.

Química del proceso.

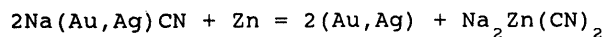
La química de precipitación con zinc depende principalmente del hecho de que los metales de oro y plata son más nobles que el zinc. Es el medio más apto para reducir a sus estados nativos (por ejemplo Au y Ag) que quedan en un complejo cianuro de oro y plata (Van Zyl, et al, 1988).

El proceso de precipitación con zinc para la recuperación del oro y la plata es excelente, ya que obtiene el 99% de estos metales en forma de precipitado, a partir de la solución preñada. Aquí ocurre un reemplazo del zinc por el oro y la plata, el cual es gobernado por la habilidad de otro

metal más alto en la serie de fuerza electromotriz (fem) para sustituirlo, siendo el metal reemplazado más bajo en la serie, causando esto que precipite de la solución como un sólido.

Para depositar el metal zinc en el cátodo (-) de una solución molar se requiere de un potencial +0.76V, por lo tanto se debe tener ese voltaje si no el zinc regresa a la solución. La plata en la serie fem es -0.8V, el mercurio -0.86V y el oro es más bajo de -1.42V.

Otra de las condiciones para que ocurra la precipitación es que el metal añadido debe de formar un compuesto con el anión del compuesto metálico el cual se quiere reemplazar, como lo muestra la siguiente reacción:



En los primeros días de la cianuración se usaba rebaba de zinc o zinc grueso, ya que no existía el de 300 mallas, aunque algunas plantas de cianuración todavía usan el zinc grueso.

Las razones de por qué se usa el zinc a 300 mallas son las siguientes:

- a) Tiene una área superficial más grande por unidad de peso.
- b) La precipitación es más rápida.
- c) El consumo es menor por onza de metales preciosos tratados.

Las especificaciones para el polvo de zinc son las siguientes:

- a) Tener un tamaño de 300 mallas.

b) No contener más del 10% de óxido de zinc (ZnO).

c) Tener un grado electrolítico (99.9% de zinc).

La cantidad de zinc en polvo que se usa, se determina en pruebas de laboratorio, pero en general se requiere de 0.5-1.5 gr de zinc/gr de metal precioso que se va a precipitar. Los gases de zinc, debido a su tamaño molecular, se han probado para precipitar, pero sin el éxito suficiente que pruebe que es superior al polvo de zinc (Felix, 1990).

Como el oro es precipitado, el zinc se combina con el cianuro para formar un complejo cianuro-zinc. Se requiere un pH alto (10.0⁺) para precipitar los metales preciosos y disminuir la precipitación de cobre el cual está presente en la solución (Van Zyl, et al, 1988).

Diagrama de flujo.

La precipitación con zinc, mediante el proceso de cementación Merrill-Crowe más comúnmente usado para la recuperación de oro y plata, consiste de cuatro etapas básicas (Fig. 24):

- Clarificación del licor lixiviado.
- Deareación o purificación.
- Adición de zinc (y sales de plomo).
- Recuperación del precipitado (Zn/Au,Ag).

El precipitado entonces es fundido para recuperación de metales preciosos.

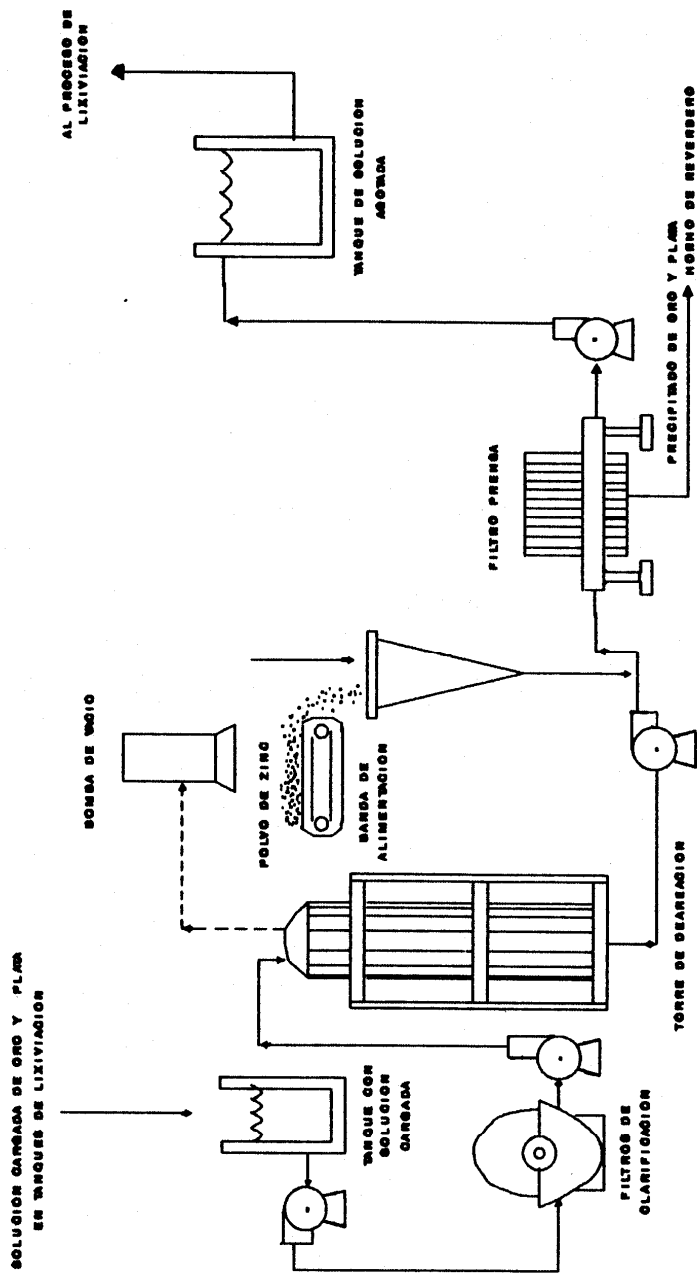


FIG. 25. FILTRACION CON VACIO.
 Fuente: Felix [2].

Características de la solución para un precipitado eficiente.

Los tres tipos de componentes de la solución (ó constituyentes potencial) que tienen un efecto sobre la eficiencia del proceso de precipitación con zinc son, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y la interferencia de iones disueltos (Van Zyl, et al, 1988).

La clarificación que es la separación de sólidos suspendidos (coloides o partículas lamosas) de la solución preñada de oro y plata, se lleva a cabo con equipo de filtración (Fig. 25).

Los filtros más populares en hidrometalurgia son los del tipo de vacío continuo, los cuales necesitan de una presión diferencial de empuje a la solución (filtrado) a través de la torta y del medio filtrante. Esta presión es de aproximadamente 950 gr/cm^2 , la cual es suficiente para manejar partículas de 100 mallas. Para partículas más finas (400 mallas) se necesitan presiones de hasta de 7000 gr/cm^2 . Las capacidades de los filtros de vacío son de $0.7 \text{ ton cortas/pie}^2$ de sólidos secos y producen una torta de cerca de $3/4 \text{ pulg.}$, conteniendo un 10% de humedad en una pulpa de 50% de sólidos. Una bomba de vacío que use un motor de 15 HP filtrará casi 100 ton cortas de sólidos secos por día, teniendo un tamaño de partícula de 100 mallas. El medio filtrante puede ser de algodón, lana, fibras sintéticas, mallas metálicas o un recubrimiento de material permeable microporoso tal como la tierra diatomácea, la cual se usa para clarificar sólidos lamosos difíciles.

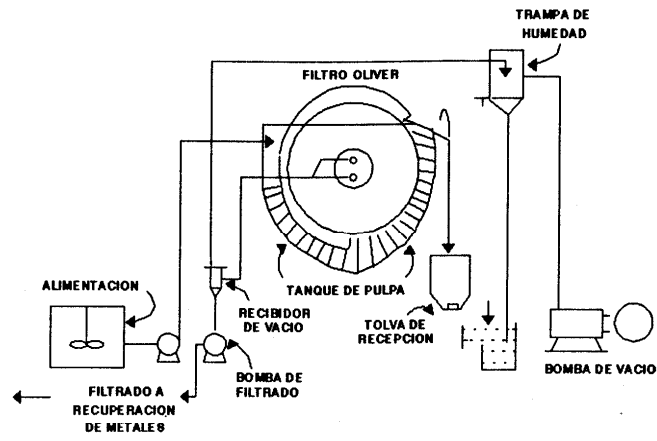


FIG. 24. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROCESO MERRILL-CROWE.

Fuente: Parga [17]

Algunos de los filtros utilizados son: a) de disco (filtro americano continuo de vacío), b) de vacío continuo Oliver o de tambor y c) de vacío continuo marca Dorco (Felix, 1990).

Una precipitación eficiente y completa de metales a partir de licores lixiviados con cianuro, requiere que la solución después de clarificación, en donde hubo una eliminación parcial de oxígeno disuelto, sea de nuevo condicionada para una desoxigenación completa. A menudo, trazas diminutas de oxígeno disuelto tienen un efecto perjudicial sobre una precipitación completa a causa de la pasivación de la superficie de zinc. La deareación a vacío parece ser el mejor proceso, ya que elimina el oxígeno disuelto en la solución y el dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 reacciona formando carbonato de calcio y cegando el precipitado de los filtros (Van Zyl, et al, 1988).

Después se agrega el polvo de zinc a la solución desoxigenada, lográndose un contacto íntimo, ya que el polvo se añade hacia el extremo de alimentación de la bomba de succión. La precipitación es bastante rápida, y la solución agotada que contiene las partículas de oro y plata en suspensión, junto con el exceso de polvo de zinc, es forzada por la bomba de succión hacia una prensa de placa y bastidor en la que se retienen los sólidos, separándose la solución agotada para ser desechada (Felix, 1990).

Es fundamental que no haya oxígeno presente en la solución que ha de precipitarse, porque en esta etapa todo el

oxígeno se combinará con el polvo fino de zinc para formar hidróxido de zinc y ferrocianuro de zinc, productos que interfieren con la reacción de precipitación y dan origen a un producto de baja calidad.

Algunos iones metálicos son conocidos por tener efectos perjudiciales (por ejemplo, interfiriendo) sobre la cementación con zinc. La mayoría de los iones problemáticos son de antimonio y arsénico. Las concentraciones de estos iones tan baja como 1ppm reduce la velocidad de cementación en un 20%. Altos valores de estos iones se reducen tratando la solución con sulfuro de sodio y resultando en el filtrado sulfuros de arsénico y antimonio insolubles. No obstante, al usar este tratamiento desaparece la plata de la solución.

La presencia de cobre en las soluciones de cianuro causa alto consumo de éste, y también disminuye la eficiencia de precipitación por la pasividad del zinc. No obstante manteniendo mayor concentración de cianuro libre en el circuito de precipitación, el cobre se mantiene precipitando, reduciendo así la pasividad de la superficie de zinc. La presencia de cantidades pequeñas de plomo en la solución son benéficas a la precipitación. Pero si las concentraciones de plomo son también altas (mayores de 20ppm) el consumo de zinc se incrementa (Van Zyl, et al, 1988).

Después de la precipitación de los valores, la solución agotada es recirculada como solución fresca al circuito de lixiviación, y en este punto se le agrega cualquier cantidad de agua de reposición o reactivo que le haga falta (Felix,

1990).

Construcción y diseño comercial.

Unidades portables/ Unidades de repisa.

Dependiendo de la unidad de flujo esperada y el tamaño de operación, las unidades de precipitación con zinc Merrill-Crowe se encuentra en una gran variedad de tamaños. Este rango va desde 20gpm (1.3lt/seg) en unidades pequeñas hasta 4000-5000gpm (250-315lt/seg).

Las unidades más pequeñas se encuentran montadas en rodillos. Cada unidad va equipada con todas las bombas y tuberías necesarias. Todo lo anterior debe proveer una línea de alimentación a la unidad, una tubería de salida de efluente y suministro eléctrico. Estas unidades son muy útiles para un rango de flujos de 50-250gpm (3-16lt/seg). Son fácilmente ensambladas y desmanteladas, y a veces son montadas sobre trailers para su fácil transportación. No obstante, más allá de ciertos puntos, parece que la filtración suministrada con estas unidades es insuficiente para una operación óptima. El operador pierde más tiempo limpiando los filtros clarificadores que tratando la solución. Es por esta razón que las operaciones son diseñadas para un manejo diario de grandes volúmenes de solución preñada.

Unidades especiales.

Aquí la elección de tamaño y volumen no es limitada.

Típicamente, los diseños se basan en un volumen esperado de requerimientos con un aumento de éste incluido en el diseño. Los filtros prensa estacionarios o el tipo de hoja al vacío son incorporados, además del deareador al vacío. Los platos y el armazón fijo son a menudo estándar. Los diseños para plantas más grandes justifican la instrumentación, tales como los turbidímetros o medidores de flujo continuo, detectores de oxígeno, que facilitan la operación y mejoran la eficiencia (Van Zyl, et al, 1988).