

II.- GENERALIDADES

1).-Hidrometalurgia.-Es la rama de la metalurgia extractiva, que estudia los procesos para la obtención de metales o compuestos, a partir de minerales o fuentes secundarias, mediante reacciones químicas que tienen lugar en soluciones acuosas u orgánicas. (8)

Abarca diferentes técnicas como son: preparación o pretratamiento del mineral o material inicial, lixiviación de los valores metálicos usando reactivos químicos o acción bacteriana, separación y lavado de residuos sólidos, purificación de las soluciones ricas obtenidas, precipitación y purificación final del metal o compuesto deseado.

Cada una de estas etapas tiene gran variedad de tratamientos alternativos, por ejemplo: la lixiviación puede realizarse por percolación, por agitación, insitu o terreros, la purificación de las soluciones por control de pH, intercambio iónico, extracción por solventes, etc.

Los procesos hidrometalurgicos son recientes comparados con los métodos pirometalurgicos. Esto es debido a la necesidad de contar con elementos como son: ácidos, bases, reactivos químicos especiales, generadores de corriente continua industrial, materiales resistentes a corrosión, etc.

Todo esto se pudo lograr hasta fines del siglo pasado.

La hidrometalurgia moderna comenzó con los procesos de cianuración de minerales de oro, los cuales dieron origen a un rápido desarrollo de la mayoría de los equipos indispensables en los procesos hidrometalúrgicos actuales como son: agitadores, filtros, bombas de arena, etc.

En la extracción del cobre, los métodos convencionales para materiales oxidados son de lixiviación ácida por percolación o agitación y precipitación del metal por cementación o electrólisis, sin embargo con el perfeccionamiento de lixiviación en pilas y terreros, donde se puede utilizar la acción bacteriana, se ha logrado aprovechar los minerales sulfurados de baja ley que no pueden tratarse económicamente por los métodos convencionales (pirometalúrgicos).

Debido a estos desarrollos, la producción hidrometalúrgica actual del cobre, es más del cuádruple que la de hace 20 años siendo la obtenida con materiales de baja ley cerca del 15 por ciento de la producción primaria mundial. (1)

Esta producción está por incrementarse debido a - que se comienzan a emplear los métodos hidrometalúrgicos para tratar los concentrados sulfurados de cobre, a la vez que los países industrializados están obligando a cerrar fundiciones para controlar la contaminación atmosférica; y a causa de la creciente escasez de combustible han aumentado considerablemente los costos de los métodos pirometalúrgicos.

Indirectamente estas medidas han contribuido, a - un mayor desarrollo de las operaciones de lixiviación, - debido a la gran cantidad y bajo costo del ácido sulfúrico que las fundiciones se ven obligadas a producir.

Algunas ventajas en hidrometalurgia son:

- 1.- Es la técnica de extracción más adecuada para tratar los minerales complejos y no sulfurados que representan y representarán en el futuro, un porcentaje creciente de los recursos minerales mundiales.
- 2.- Tienen un ahorro considerable de energía.
- 3.- Es posible una gran automatización.
- 4.- Estas operaciones son muy selectivas.
- 5.- Gran flexibilidad para cambiar operaciones unitarias con el objeto de lograr un proceso óptimo.

2).-Lixiviación.- Es la disolución total o parcial de un sólido con el objeto de recuperar valores contenidos en él. (3)

Constituye la operación unitaria fundamental de los procesos hidrometalúrgicos.

El mineral que se va a tratar, así como al disolvente a usar, constituyen la materia prima de lixiviación.

En general puede decirse que un mineral se considera adecuado para tratarse por lixiviación cuando éste no responde debidamente a otros tipos de tratamientos (pirometalúrgicos).

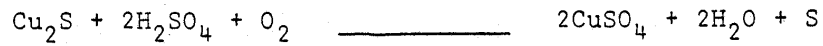
Los disolventes que se utilizan en lixiviación incluyen tanto soluciones ácidas como alcalinas, así como también algunas sales, pero el ácido sulfúrico es el que se usa universalmente (1). Esto se debe en parte a su eficiencia como disolvente, y en parte que es fácil de conseguir y de bajo costo, además sus pérdidas durante el proceso son bajas.

Se llaman reactivos accesorios en lixiviación, aquellos que, como el sulfato férrico y ferroso activan las reacciones de disolución, sin ser disolventes principales.

En nuestro caso las reacciones de lixiviación más importantes son las siguientes:

1.- Lixiviación ácida:

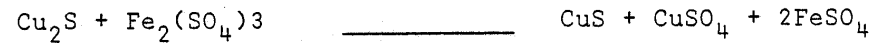
Calcocita



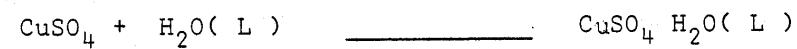
Covelita



2.- Lixiviación por oxidación:



3.- Lixiviación de sales:



Las condiciones más importantes que deben cumplir los agentes de lixiviación son:

- 1.- La lixiviación debe ser selectiva. Debe de disolver al metal o compuesto deseado en forma rápida y los no deseados, en forma lenta y despreciable.
- 2.- La solubilidad debe ser alta al igual que los productos de lixiviación.
- 3.- Debe tener el mínimo de problemas respecto a corrrosión de los equipos.
- 4.- Debe ser de bajo costo o poder regenerarse en forma simple.

Las técnicas más usadas en lixiviación son:

Lixiviación in situ, lixiviación por lotes o terreros, lixiviación por percolación y lixiviación por agitación.

1.- Lixiviación in situ:

Es la lixiviación de los residuos fragmentados. - dejados en minas abandonadas, o la aplicación de soluciones directamente a un cuerpo mineralizado. En esta operación se logra un gran ahorro de acarreo, costo - de inversión y operación.

Con esta técnica se pueden recuperar valores que de otra manera estarían perdidos.

Es la lixiviación de minerales de baja ley (aproximadamente 0.3 por ciento), los cuales no pueden tratarse por otros métodos debido a su incosteabilidad, - son acumulados en montones sobre terrenos impermea---bles para no perder las soluciones ricas.

Generalmente estos terreros son de grandes dimensiones y se presentan practicamente en todas las operaciones de tajo a cielo abierto.

3.- Lixiviación por percolación.

Consiste en hacer circular la solución lixivian-
te a través de un lecho de mineral previamente tritu-
rado.

Este método es usado para minerales fácilmente -
solubles y que presentan características de permeabi-
lidad.

Es posiblemente el método que ha producido más -
cobre hidrometalúrgicamente.

4.- Lixiviación por agitación.

En esta práctica se obtienen las recuperaciones -
más altas en los tiempos más cortos, se utiliza per-
fectamente para minerales no porosos que produzcan mu-
chos finos que impida la lixiviación por percolación.

Tiene sus ventajas y desventajas como son:

- a) Se obtiene mayor recuperación.
- b) Es posible gran automatización.
- c) Permite tratar minerales completamente finos.
- d) Es mayor el costo de inversión y operación.
- e) Produce soluciones diluidas.

La lixiviación por agitación puede realizarse de
manera intermitente, continua en contracorriente, o -
continua en paralelo; la más usada es la continua en-
paralelo.

La lixiviación en contracorriente es ventajosa -
cuando la concentración del reactivo lixivian-
te disminuye mucho durante el proceso, implicando que la par-
te más difícil de lixiviar estará en contacto con el-
reactivo más fuerte.

La desventaja de este método es la necesidad de efectuar la separación sólido-líquido en cada etapa de agitación.

Este tipo de lixiviación se puede hacer con aire, o mecánicamente; esta última es la más usada.

3).- Equipo Utilizado:

A).- El equipo que se utilizó en las pruebas a nivel laboratorio fué el siguiente:

- 6 Agitadores magnéticos de 115 volts. marca - - "Magnostir" con revoluciones variables.
- 6 Barras magnetizadas como impulsores.
- 6 Matraces "Erlen Mayer".
- 1 Filtro "Buckner" de porcelana con una bomba - de vacío "Gast MFG Corporation".
- 1 Probeta de 100 c.c.
- Reactivos para determinación de Cu, Fe^{++} y Fe° .

B).- El equipo que se está utilizando en la planta - piloto es el siguiente:

- 1 Válvula de compuerta acero inoxidable 316 con 10.16 cm. de diámetro interior.
- 2500 mts. de tubería asbesto cemento de 20.32 - cm. de diámetro.
- 5500 mts. de tubería asbesto cemento de 10.16 - cm. de diámetro.

- 1 Válvula de compuerta acero inoxidable 316 con 5.08 cm. de diámetro interior.
- 20 mts. de manguera flexible de polietileno con 3.81 cm. de diámetro interior.
- 4 mts. de tubo acero inoxidable 316 con 10.16 - cm. de diámetro interior.
- 1 Válvula de compuerta acero inoxidable 316 con 10.16 cm. de diámetro interior.
- 1 Bomba centrífuga marca "Ingersol Rand" con -- las siguientes especificaciones:
- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| Tipo 2A-Gt | Serie 473110 |
| Entrada 10.16 | Salida 5.08 cm. |
| Descarga 1135.5 lt/min. | Cabeza 213.36 |
| Presión 22.84 Kg/cm ² | |
- 2 Impulsores
- Motor "Westinghouse" trifásico 125 H.P.
- 3500 RPM 440 volts. 60 ciclos.
- Materiai acero inoxidable 316.
- 1 Válvula de compuerta acero inoxidable 316 con 5.08 cm. de diámetro interior.
- 50 mts. de tubería acero inoxidable 316 con - - 3.81 cm. de diámetro interior.
- 90 mts. de manguera de hule con alma de acero - para altas presiones con 3.81 cm. de diámetro interior.
- 1 Monitor para minado hidráulico.

1 Bomba vertical marca "Galigher" con las siguientes especificaciones:

Modelo 3-5-SH-1100

Impulsor 34.29 cm.

Salida 8.89 cm.

Descarga 2649.5 lt/min. Cabeza 30.48 mt.

Motor marca "Westinghouse" Trifásico 15 H.P.
1500 RPM 440 Volts.

Material impulsor hule vulcanizado.

10 Mts. de manguera flexible de polietileno --
con 7.62 cm. de diámetro interior.

1 Canal de madera de 30.48 cm. de ancho por --
30.48 cm. de alto, 7.62 cm. de grueso y 125-
mts. de largo con 2.5 por ciento de pendiente.

1 Cajón rectangular de acero inoxidable 316 de
60.96 por 30.48 por 30.48 cm. con 2 orifi-
cios en el fondo de 15.25 cm. cada uno y dos
tapones de madera.

10 mts. de manguera rígida de polietileno con-
15.24 cm. de diámetro interior.

1 Placa de acero inoxidable 316 de 30.48 x - -
30.48 cm.

3 mts. de manguera flexible de polietileno con
7.62 cm. de diámetro interior.

1 Recipiente de acero al carbón con capacidad-
de 200 lt.

- 1 Tanque de acero al carbón recubierto en el interior con láminas de acero inoxidable - 316 de 1.83 mts. de diámetro, y 1.83 mts. de alto y 0.317 cm. de espesor.
- 2 Tanques de acero inoxidable 316 de 2.44 -- mts. de diámetro y 3.05 cm. de alto y -- 0.317 cm. de espesor.
- 2 Transmisiones con una polea de 63.5 cm. de diámetro cada una.
- 2 Transmisiones con dos poleas cada una; dos de 63.5 cm. de diámetro y dos con 15.24 -- cm. de diámetro.
- 1 Transmisión con una polea de 76.2 cm. de diámetro.
- 3 Bandas B-112
- 6 Bandas B-158
- 6 Bandas B-124
- 1 Motor trifásico de 10 HP y 1172 RPM con una polea de 15.24 cm. de diámetro.
- 2 Motores trifásicos de 10 HP y 1750 RPM con una polea de 15.24 cm. de diámetro.
- 3 Válvulas de compuerta acero inoxidable de 10.16 cm. de diámetro interior.
- 1 Agitador tipo propela de acero al carbón - recubierto con hule vulcanizado y 60.96 -- cm. de diámetro con 4 aspas.
- 2 Agitadores tipo paleta inclinados a 45° de acero inoxidable 316 con 81.28 cm. de diámetro y 4 paletas.

1 Canal de madera de 30.48 x 30.48 x 7.62 cm.
y 25 mts. de largo con 3.0 porciento de pen-
diente.

1 Tanque en forma elipsoidal con 3.68 mts. de
diámetro mayor y 1.95 mts. de diámetro me--
nor y 4.57 mts. de largo.

70 mts. de tubería asbesto cemento de 15.24 -
cm. de diámetro interior.

8 mts. de tubería asbesto cemento de 45.72 --
cm. diámetro interior.

1 Torre de madera de 8 mts. de alto.

Además se cuenta con una pileta para agua li-
xiviable con capacidad de 150,000 lts. y un -
represo con capacidad de 30,000 mts³.