

# Minería

298

## LA METALURGIA DEL MERCURIO HOY DIA

Por Alfred L. Ransome

Ingeniero en minería.

Durante el período transcurrido desde la guerra de 1914, no se ha registrado cambio alguno básico en la metalurgia del mercurio. En el intervalo se ha experimentado mucho en perfeccionar los métodos que entonces existían para beneficiar las menas de mercurio de los grados bajos que se minaban. Se trató usar una concentración por gravedad, y flotación, pero sin éxito. Sin embargo, el horno mecánico, especialmente el tipo rotatorio, que no era satisfactorio, finalmente comprobó su adaptabilidad y rápidamente reemplazó la antigua instalación de horno de ladrillo. También se han perfeccionado los diseños de los condensadores, y las antiguas cámaras de ladrillo han sido cambiadas a una combinación de tubos de teja y tanques de pino. Los principales adelantos se han hecho en los recolectores del polvo, sistemas de condensación y en el tipo y calidad de los combustibles que se usan para los hornos.

El tratamiento preliminar en la forma de concentración, puede clasificarse como sigue: (1) separación a mano; (2) clasificación por malla, (3) cribado y (4) flotación. La separación a mano es la más fácil y casi de uso general en algunas fases del manejo de la mena. El paso por malla se usa cuando el resto del mineral está en el material fino. El lavado mecánico no se hace generalmente pero es aplicable a ciertas menas. Desde el punto de producción en gran cantidad, las mesas para sacudir no han sido enteramente satisfactorias en algunas experiencias que se han usado como método primario de efectuar la concentración. El costo de la trituration fina contrarresta los ahorros que se pueden efectuar por el método. Hay varios ejemplos de mesas sacudidoras en uso hoy día, especialmente en las propie-

dades pequeñas, o como tratamiento preliminar antes de pasar a la retorta en pequeña escala. También se efectúa la concentración con las cribas vibratorias, y en las minas de New Idria, en California, se usan 42 cribas Bendelari como medio principal de concentrar las menas de baja calidad. El concentrado resultante se trata en hornos rotatorios.

Muchas experiencias se han hecho para flotación, pero la misma objeción general del alto costo de la trituración, hace antieconómico el método para gran producción. Esto no significa que la flotación no se puede usar. En las minas de Sulfur Bank, en California, hay dos células de flotación en uso para concentrar el producto de los espeadores que contiene partículas muy pequeñas de mercurio. El concentrado de la flotación luego se filtra, se seca y se pasa a las retortas. Es probable que en el porvenir se haga uso más extenso de la flotación.

### Los hornos

Hay dos tipos principales de hornos metálicos que se usan para beneficiar las menas de mercurio, es decir, el horno rotatorio semejante al que se usa en las fábricas de cemento, y el horno de múltiple hogar, de tipo McDougall, Wedge o Herreshoff en que la mena se agita mecánicamente.

Antes de 1916 las experiencias que se hacían con los hornos rotatorios daban resultados negativos, pero ese año se construyó un horno experimental en las minas de New Idria, en California. La instalación la hizo H. W. Gould, que entonces era el administrador, y el éxito casi inmediato de esta instalación, resultó en la construcción de otros hornos en esta, y otras minas. El forro del horno mencionado, era de 50 pies de largo y 4 pies de diámetro exterior, con inclinación a razón de 1 pie en 28 pies de largura, y girando a  $1\frac{1}{2}$  rpm. El revestimiento consistía de 4 pulgadas de ladrillo refractario. El combustible era aceite atomizado con vapor. Este horno manejaba 80 toneladas de mena de 1 pulgada al día, y consumía en promedio 6,65 galones de combustible por tonelada de mena tratada. La mena se cargaba por medio de un transportador de tornillo que pasaba horizontalmente por la cámara del polvo. Se tuvieron algunas dificultades, pero debido al éxito obtenido con este horno, se instalaron 4 más, de 5 por 56 pies. De todos éstos aún hay dos en servicio.

El horno rotatorio consiste de un cilindro giratorio, provisto de un



## D y n a

quemador en la extremidad baja, y una cámara de polvo en la extremidad alta. La mena se carga por la extremidad alta, por medio de un transportador automático, y conforme el cilindro gira, la mena avanza hacia la extremidad de descarga. El aceite combustible se inyecta por un quemador de alta presión, que se extiende dentro del cilindro, haciendo que el fuego toque la mena directamente. La mena quemada, o calcinada, se descarga en la tolva de menas quemadas, o directamente al transportador que la conduce a la descarga de desechos. Los gases, incluyendo el vapor de mercurio, el polvo y las productos de combustión, se extraen de la extremidad superior, pasan por un recolector de polvo, y luego pasan por una serie de condensadores y tanques de asentamiento, antes de ser descargados a la atmósfera.

Los hornos rotatorios varían desde los pequeños portátiles de 1½ por 16 pies, que manejan cerca de 8 toneladas de mena al día, hasta los de 7 por 100 pies, o más grandes, con capacidad para 250 toneladas al día.

La mena se conduce al horno por medio de transportadores sin fin, o por cribas sacudidoras. La mena generalmente ha sido triturada a un promedio de 2 pulgadas. Para que permanezca en el horno durante una hora, la velocidad de rotación se limita a 1 ó 2 rpm. La inclinación del horno generalmente es de ½ a 2 pulgadas por pie de largura. El aceite combustible varía del grado 14 al 20, y se inyecta con aire comprimido a 80 ó 100 libras por pulgada cuadrada. El aceite generalmente se calienta de antemano para facilitar el flujo y para obtener funcionamiento más eficiente. El aire para la combustión se calienta pasándolo sobre la tolva de las menas quemadas. El consumo de aceite varía desde 5 hasta 12 galones por tonelada de mena, dependiendo de la calidad.

La regulación de la temperatura y de la velocidad del horno, es factor importante en el funcionamiento de estos hornos. El mercurio se debe remover en forma de vapor y es conducido por los recolectores de polvo al sistema de condensación antes de que su temperatura baje a un punto que lo condense. Si la temperatura es muy alta, la pérdida por la chimenea será considerable, y si la temperatura es baja, la pérdida ocurre en los recolectores de polvo. Generalmente, la temperatura del horno se mantiene a 600 grados C., que es suficiente para obtener una temperatura de cerca de 250 grados C. en los recolectores de polvo y pasarlo a los condensadores. Esta temperatura es menos que la de ebullición del mercurio a presión atmosférica



(375 grados C.), pero como la corriente de los gases está en un sistema al vacío, el mercurio permanece evaporizado.

En 1916 se instaló con éxito el primer horno de múltiple hogar en California. Era un horno Herreshoff para la reducción de las menas de las minas de Santa Clara. Hoy día hay varias instalaciones de este estilo. El horno de este tipo consiste esencialmente de una serie de hogares circulares sobrepuestos y cerrados herméticamente contra el escape de los vapores por medio de un horno externo para secar, que se coloca sobre dicha serie de hogares. La mena que alimenta al hogar de secar, y luego a los otros tres hogares, es transportada mecánicamente del uno al otro por medio de batidores que giran lentamente en un eje central. El fuego se aplica en cualquier número de hogares que se requiera, siendo aceite a presión el combustible más común. El calor y la llama están en contacto directo con la mena en movimiento lento. El material calcinado se descarga automáticamente en la tolva de menas quemadas, o en el transportador de deshechos. Los gases, incluyendo el vapor de mercurio, se extraen por la parte superior y pasan por el recolector de polvo y, como en el sistema anterior, pasan a los condensadores, los tanques de asentamiento, y finalmente, a la chimenea.

Este horno se hace de muchos tamaños, variando el diámetro desde  $4\frac{1}{2}$  hasta  $21\frac{1}{2}$  pies, y con 4 a 6 hogares en los hornos pequeños, y hasta 16 en los más grandes. La superficie de los hogares depende del diámetro y del número de hogares y en los hornos más grandes, representan más de 3.000 pies cuadrados. El tonelaje es en proporción al número de hogares por diámetro, y la capacidad por hogar es de 20 toneladas al día, aunque también se han instalado hogares con capacidad para 100 toneladas al día. Se pueden construir hornos para manejar de 2 a 400 toneladas de mercurio al día. Los hogares generalmente son cónicos y están forrados de ladrillo refractario. La mena está triturada a  $1\frac{1}{2}$  pulgada, o menos, y se suministra mecánicamente en cantidades adecuadas al horno de secar, de donde pasa a los hogares de reducción.

El tiempo que la mena permanece en el horno depende de la velocidad de rotación del mecanismo de paletas, y del ángulo que tienen los dientes de las paletas. Generalmente se usa aceite liviano para la combustión, pero también se ha hecho uso de gas butano en algunas instalaciones de California. El aire para la combustión se obtiene del compartimiento en el centro del eje de las paletas. Con este tipo de horno se puede mantener muy buena regulación de tem-



## **D y n a**

peratura, porque se pueden usar varios juegos en los puntos críticos del horno, con varios grados de temperatura. Por lo tanto, la temperatura de las diversas llamas no tiene que ser tan alta para evitar la pérdida del mercurio en el recolector de polvo, en contraste con los hornos giratorios.

Hasta que se desarrolló el horno mecánico, el problema del polvo no era de trascendencia. Con los antiguos hornos Scott, el uso de cámaras de cemento o de ladrillo era satisfactorio para asentar el polvo. El uso de estas cámaras con los hornos giratorios no fue satisfactorio, y hasta hace pocos años, era un problema difícil. La objeción al polvo en la corriente de los gases calientes es que se acumula en los tubos de los condensadores, impide el flujo del gas, reduce la eficiencia del sistema, y forma un "lodo" del cual es difícil separar el mercurio. Por lo tanto, se debe remover todo el polvo posible de los gases, antes de que pasen a los condensadores, y a una temperatura más elevada que el punto de condensación.

### **Métodos de remover el polvo**

El primer método empleado para la remoción del polvo de un horno mecánico, utilizó los precipitadores Cottrell, en un horno Herreshoff, de las minas de Santa Clara. En las minas de New Idria se experimentó con cámaras de hormigón y de ladrillo dentro de las cuales había un rocío de agua. El precipitador tipo de ciclón se usó primeramente en esta industria en 1930, en las minas de Napa, California, y desde entonces, con algunas variaciones, se ha usado casi en todas partes para las instalaciones de hornos mecánicos. La eficiencia del recolector de ciclón Sirocco es buena, pues no tiene partes en movimiento y la velocidad del gas mismo es lo único que se requiere para efectuar la separación del polvo. Este separador consiste de una faja larga y cónica, con un soplador en la parte inferior para mantener el tiro. El movimiento giratorio de los gases hace que las partículas de polvo se aglomeren en el centro y caigan por gravedad.

### **Condensación del mercurio**

Mucho se ha escrito acerca de la condensación del mercurio, y las obras de varios autores están disponibles al público. Es suficiente en este relato mencionar que el vapor de mercurio se tiene que emplear para obtener el metal en forma líquida. para hacer esto con efi-



ciencia los condensadores tienen que funcionar de manera que no haya pérdida de gases en la atmósfera. Los siguientes tipos tubos se usan para los condensadores:

1. Tubería de barro vidriado. Este material que se empezó a usar después de la guerra de 1914, es excelente en cuanto a su resistencia a las soluciones corrosivas, pero es pesado, requiere sostenes muy rígidos para evitar que se agriete, y la eficiencia de enfriamiento es menos que la de tubos metálicos por lo grueso del material.

2. Tubería de "Duriron o Corrosiron". Este tipo de hierro vaciado tiene alta eficiencia termal así como resistencia a la corrosión, y se usa en muchas instalaciones. Su peso es considerable. En algunos casos se usa con la tubería de barro vidriado, colocándolo cerca del fuego para resistir las temperaturas altas.

3. Acero inmanchable. La ventaja principal de los tubos de este material, es su poco peso y lo delgado de las paredes. El material aún no se ha probado extensamente en cuanto a su resistencia a la corrosión. En algunas instalaciones donde se ha usado, los resultados han sido muy buenos.

4. Metal monel. Este metal también es liviano y tiene alta eficiencia térmica, además de buenas características para resistir los ácidos. Una desventaja es el costo del material, que sin embargo, queda contrarrestado por las ventajas que aparentemente ofrece en comparación con otros materiales.

El enfriamiento de los condensadores generalmente se efectúa con la circulación del aire entre los tubos expuestos. En algunos casos se usa agua, que forma una película continua sobre los tubos.

### **El combustible**

Hoy día el petróleo es el combustible que generalmente se usa, aunque también se puede usar gas natural, butano u otros combustibles disponibles. El uso del gas natural, aunque de magníficos resultados, tiene el inconveniente de que se tiene que tender la tubería hasta el sitio de la instalación de los hornos.

En comparación con el aceite, el gas de butano aparentemente tiene varias ventajas: (1) Es limpio y fácil de manejar. (2) La combustión es completa, eliminando el problema del hollín. (3) El butano no requiere exceso de aire para combustión completa. (4) El butano, siendo sumamente volátil, no requiere presión en los quemadores para atomizarlo, como se requiere para el aceite. (5) La regulación de la temperatura se puede hacer dentro de límites muy estrechos.

## D y n a

El uso general del gas butano se ha desarrollado en los últimos años, siendo en 1934 el año en que primeramente se adaptó para la producción de mercurio. Aunque el valor térmico del butano es menor que el del aceite, la comparación en términos de la eficiencia, es a favor del butano. El aceite N° 18 tiene un valor posible de 146.800 unidades térmicas británicas (UTB) por galón de líquido, y el butano tiene 102.000 UTB por galón de líquido. Considerando todos los requisitos para la buena combustión del aceite, su eficiencia no es sino de 50 por ciento; en cambio, la del butano es 90 por ciento. Según estas cifras, lo mejor que se puede obtener del aceite son 73.400 UTB por galón, en comparación con 91.000 UTB por galón de butano. El otro factor que se debe considerar es el precio del aceite y del butano. Tomado todo en cuenta, se debe elegir el mejor combustible para cada instalación.

(Tomado de "Ingeniería Internacional" N° 5)