

Fragilidad.- Propiedad que tienen ciertos materiales de romperse debido a golpes o choques y a veces a cambios de temperatura. No se conoce exactamente su causa, sin embargo, la presencia de ciertos esfuerzos internos de tensión, pueden volver frágil un material resistente, éstos esfuerzos pueden ser causados por imperfecciones estructurales o químicas, sobre todo en los materiales metálicos, aumentando muchas veces la tendencia a romperse por encima de los valores teóricos, por ej: en el caso de materiales amorfos como el vidrio, la discrepancia observada entre los valores teóricos y los prácticos puede deberse a la presencia de pequeñas grietas superficiales.

Dureza.- La resistencia que un material opone a la penetración de un cuerpo extraño en su superficie. En los materiales no metálicos se expresa en función de la escala de Moh, o sea una escala de los materiales, de dureza creciente, que se toma como tipo, (veáanse Piedras de Construcción). En los metales se expresa como un No. de una escala arbitraria, Brinell, Rockwell, etc, determinándose en aparatos apropiados, por la resistencia ofrecida a la penetración de una punta cónica o en forma de esfera, bajo la acción de una carga determinada. El No. de dureza se lee en una escala graduada circular o en una tabla apropiada y solo tiene valor cuando se tienen las tablas comparativas, es decir; cuando se conocen previamente los límites de dureza del material estudiado. La dureza tiene gran importancia en las operaciones de acabado de piezas (pulido, cepillado, maquinado, etc), ya que muchas veces un material de buenas características, no es apropiado para un uso determinado por no podersele dar la forma necesaria a causa de ser demasiado duro. La dureza de los metales puede modificarse por el Recocido, que es una operación térmica.

Tenacidad.- Resistencia que oponen los cuerpos a la ruptura por tensión o compresión. En los metales depende de la estructura interna, según la fineza de los cristales, y si se ha sometido o no a esfuerzos mecánicos. Disminuye generalmente con el aumento de temperatura. En los materiales amorfos, la carga necesaria para producir un determinado % de deformación aumenta rápidamente al disminuir la temperatura, pudiendo aumentar casi al doble con un descenso de 100°C. La tenacidad de los materiales metálicos está dada por la carga límite de elasticidad.

Maleabilidad.- Propiedad que permite a los cuerpos ser extendidos permanentemente en láminas en todos sentidos, sin ruptura, por la acción de presiones constantes. De los metales, el oro y la plata son los mas maleables (1 y 2), siguen por orden: cobre, aluminio, estaño, plomo, zinc, hierro y níquel. Es una consecuencia de la plasticidad.

Ductilidad.- La propiedad de los cuerpos de dejarse estirar en hilos sin romperse. Aunque ésta propiedad parece relacionarse con la maleabilidad, el orden según su ductilidad es diferente, por ej el cobre está en el No. 3 de maleabilidad y en el 6 de ductilidad. Es como la maleabilidad una consecuencia de la plasticidad. En las pruebas de tensión los materiales dúctiles sufren un alargamiento en longitud antes de romperse. El aumento en longitud expresado como un porcentaje de la longitud original se designa como 'alargamiento'.

## C A P I T U L O II

### METALURGIA EXTRACTIVA.

GENERALIDADES.- Enormes cantidades de metales son extraídas anualmente en todo el mundo a partir de sus minerales, empleándose muchos de ellos en forma pura, pero principalmente aleados con otros metales para modificar sus propiedades y llenar las especificaciones requeridas en la práctica. Es por esto de gran importancia dar los pormenores del estudio de los metales en general, o sea de la metalurgia. Para comprender mejor los hechos que comprende, es muy conveniente definir los términos que en ella se emplean.

METALURGIA.- Es la ciencia que trata sobre la constitución, estructura y propiedades de los metales y aleaciones y de los procesos por los cuales son obtenidos de los minerales y adaptados para su uso en la práctica. Comprende dos ramas a saber: Metalurgia descriptiva o física y metalurgia extractiva.

Metalurgia descriptiva o física.- Trata de las relaciones entre las estructuras de metales y aleaciones, tal como son reveladas por el microscopio, y sus propiedades, así como también de la influencia en éstas, de los métodos de manufactura, los tratamientos térmicos, la composición química y el trabajo en frío o en caliente a que se sometan (Cap. IV).

Metalurgia extractiva.- Trata de la extracción y concentración de minerales y de la separación de los metales de los elementos con los cuales se encuentran asociados, ya sea físicamente (mezclados) o químicamente (combinados), es decir, de los compuestos o minerales en que se hallan y de los minerales que no los contienen y con los que están mezclados aquellos (ganga).

ELEMENTOS.- Cuerpos simples formados por átomos, que ya no pueden descomponerse en otros más sencillos por los métodos comunes, por ej: los metales.

COMPUESTOS.- Combinaciones químicas de cuerpos simples, tales como: óxidos, sulfuros, etc.

MEZCLAS.- Reunión de dos o más materiales, separables por medios físicos y que conservan sus propiedades características.

METALES.- Elementos de carácter electropositivo, con el oxígeno forman óxidos, generalmente de carácter básico.

Los Metales Comunes de uso en la industria son aquellos que poseen lustre brillante, son sólidos de gran densidad (excepto el aluminio, el magnesio, y el berilio), buenos conductores del calor y la electricidad, generalmente dúctiles y maleables y de pun

to de fusión elevado. Estas propiedades se conocen como "Propiedades Metálicas", diciéndose de los materiales que las poseen que tienen "carácter metálico".

**MINERAL.**— Material constituyente de las rocas o sea de la corteza terrestre, definido por una composición química invariable y por su forma cristalina, variable según la estructura de sus moléculas, presentando un conjunto de propiedades físicas constantes. — También por extensión puede llamarse así, al material rocoso que contiene uno o varios minerales aprovechables. En México también llamamos mineral a una Mina de mineral metalífero.

**MENA.**— Mineral metalífero del cual se pueden beneficiar uno o varios metales comunes, tal como se extrae del "yacimiento o criadero", se caracteriza por tener minerales de carácter metálico. Constituye la parte pesada de un mineral.

**YACIMIENTO.**— Sitio o lugar en donde se haya naturalmente un mineral.

**VENA.**— Filón metálico que por sus características metálicas se distingue de la masa en que se haya interpuesto. También se le llama "Veta".

**GANGA.**— Porción de constituyentes minerales no aprovechables que acompañan a la Mena. Está formada generalmente por compuestos de metales alcalinos, alcalino-térreos (carbonatos de calcio o magnesio, etc), o térreos (arcillas, arenas) llamándose a las primeras, gangas alcalinas y a las segundas, gangas ácidas.

**MINA.**— Excavación que se hace para la explotación de un mineral, — si es superficial, se llama a cielo abierto y subterránea, cuando se hacen pozos, galerías o socavones. Según el metal y la forma — como se presenta, pueden ser: de yacimiento macizo, cuando hay grandes acumulaciones de mineral en masa; de filones, cuando el mineral rellena grietas o líneas de fractura; de capas, cuando los yacimientos presentan esta formación en grandes extensiones y de origen sedimentario, entre las cuales se encuentran las de Aluvión o Placeres.

**OPERACIONES METALÚRGICAS.**— El mineral tal como se extrae de la mina, viene mezclado comúnmente con gran cantidad de "ganga" que la mayor parte de las veces debe eliminarse lo más que se pueda en la misma mina o en una planta de tratamiento cercana, antes de pasar a la obtención del metal o metales; ésta operación recibe el nombre de concentración física. Muchos minerales vienen en forma de compuestos no aprovechables o de mayor peso molecular, los cuales es preciso transformar en compuestos aprovechables, los cuales al mismo tiempo tienen mayor por ciento de metal; a ésta operación se le conoce como concentración química. Entonces, las operaciones metalúrgicas, tienen por objeto facilitar la obtención de los metales, haciendo la operación más económica por el manejo de menor cantidad de mineral y además, ahorrarse en el costo de transporte, ya que a menudo las plantas de aprovechamiento se encuentran a grandes distancias de la mina. También, a medida que se ago

tan las existencias de minerales metalíferos, ha sido forzoso el aprovechamiento de minerales cada vez mas pobres, por medio de -- concentraciones físicas y químicas.

A menudo conviene antes de aplicar cualquier método de concentración, separar el producto extraído en tres partes, primera, la mas rica, que no necesita concentración; segunda, mineral que va a someterse a otras operaciones de concentración y tercera, material sin ningún valor, que se deshecha.

El mineral que va a ser sometido a concentración, se quiebra en quebradoras de cono o de quijada y si es necesario se muele en Molinos Chilenos, de Bolas o de Martillo (proceso de flotación). Daremos una breve descripción de estos aparatos.

a) Quebradoras de cono.— Como su nombre lo indica, constan de un cono suspendido o colocado dentro de una campana también cónica, — dejando una cierta separación, dentro de la cual se mueve con un movimiento de rotación y otro de traslación, triturando contra la pared de ésta a las piedras que van cayendo.

b) Quebradoras de quijada.— Constan de dos muelas corrugadas verticales con cierto ángulo entre ellas, una de las cuales es fija y la otra móvil, ésta, con el movimiento, se acerca y se retira de la parte superior, la inferior se mantiene fija a una abertura de terminada mediante dos tornillos laterales provistos de resortes.

c) Molinos Chilenos.— Constan de dos ruedas que giran unidas por un eje horizontal sobre un plato con pared circular, casi siempre más alta que aquellas y llevando consigo unas aletas que se encargan de recoger el material del centro y de las orillas, para mandarlo bajo las ruedas. Descargan por un orificio en el fondo, cerca de la orilla.

d) Molinos de Martillo.— Constan de un eje que lleva una serie de hojas con cabeza (martillos), que giran dentro de un cilindro, — golpeando el material contra las paredes.

e) Molinos de Bola.— Se emplean para molido muy fino, son cilindros rotatorios horizontales con una cierta inclinación, en los cuales se pone el mineral previamente quebrado, con una carga determinada de bolas de acero endurecido o acero níquel, las cuales al girar trituran las partículas entre sí y contra las paredes -- del molino.

**A. CONCENTRACION FISICA.**— Como ya se dijo, tiene por objeto -- aumentar el por ciento de mineral metalífero, eliminando lo mas -- que se pueda el mineral terroso o Ganga no aprovechable. Esta -- operación puede aplicarse ya sea al mineral tal como sale de la -- mina o después del escogimiento preliminar de que ya se habló.

a) Flotación.— Es el método mas comúnmente empleado, consiste en la formación de una espuma permanente en la superficie de un tanque de agua, agitando con aire una mezcla del mineral finamente -- dividido, agua y aceite, de tal manera que la Mena se adhiera al -- aceite y sea llevada a la superficie junto con la espuma, mien-

tras que las partículas de Ganga restantes (mojadas por el agua solamente) queden en suspensión por debajo de la espuma (finas) o -- se precipiten (gruesas) y puedan separarse fácilmente. Se emplea -- sobre todo para los sulfuros de bajo grado, principalmente de cobre, pudiendo concentrarse minerales tan bajos como de 10%, hasta alcanzar un contenido de sulfuros de 90%.

b).-Flotación Selectiva.--Agregando sustancias humectantes y detergentes especiales y después de un estudio previo, puede lograrse separar en diferentes capas, los diferentes compuestos metálicos que formen la Mena, llamándose a ésta: flotación selectiva; por -- ejemplo, suponiendo que un mineral contenga sulfuros de níquel y -- sulfuros de cobre; por medio de la flotación selectiva puede separarse una capa de material rico en sulfuro de cobre y otra de material rico en sulfuro de níquel.

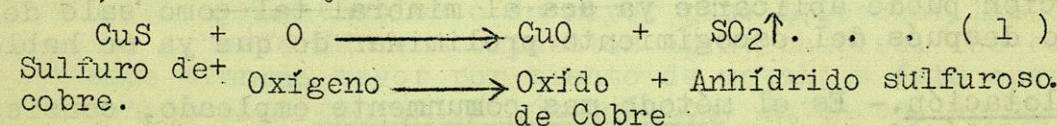
c).-Separación por diferencia de densidades o método de gravedad. El material pulverizado es arrastrado por una corriente de agua o de aire, a depósitos en donde las partículas más pesadas (mena) se depositan primero, mientras que las más ligeras (gangas) continúan en la corriente. Esto se lleva a cabo en una mesa o clasificador -- dotada de un movimiento de vibración o en tanques provistos de un agitador, rebosando por el borde el agua con la ganga y sacando la mena por el fondo con unos rascadores.

d).-Separación Magnética.--Ciertos minerales magnéticos, sobre todo de hierro (magnetita), pueden concentrarse pasando el mineral -- por electroimanes que atraen las partículas de mena magnética y de -- jan pasar las de ganga. También se emplea para separar el hierro -- magnético. Este proceso es útil para quitar a ciertos minerales su contenido de hierro, sometiéndolos previamente a una tostación oxidante para pasar los compuestos de hierro a óxidos magnéticos.

B. CONCENTRACION QUIMICA.- Tiene por objeto transformar el compuesto natural del metal, en otro que tenga un mayor porcentaje -- (óxidos) o que sea más fácilmente manejable (cloruros), pueden considerarse dos tipos; la calcinación y la tostación.

a).-Calcinación.--Consiste en calentar (calcinar) el mineral en -- forma de carbonato, a una temperatura de 700° a 1,000°C, con el objeto de transformarlo en óxidos por pérdida de anhídrido carbónico. Se puede emplear para minerales de Hierro, Zinc o Plomo, y también para la obtención de la cal y materiales cementantes. La calcinación se lleva a cabo principalmente en Hornos Rotatorios.

b).-Tostación.--Se aplica a minerales en forma de sulfuros, arseniuros o antimonuros. Consiste en calentar el mineral a una temperatura elevada, pero sin llegar a la fusión de los constituyentes, en presencia de una corriente de aire u oxígeno, con el objeto de obtener los óxidos de los metales, con la producción de anhídridos sulfuroso, arsenioso y antimonioso, los cuales se volatilizan.



La tostación se lleva a cabo en hornos cilíndricos verticales de solera múltiple o en hornos rotatorios. En otro tipo de tostación, llamada clorurante, en lugar de la corriente de aire se pasa una corriente de Cloro o Acido Clorhídrico, para hacer solubles --

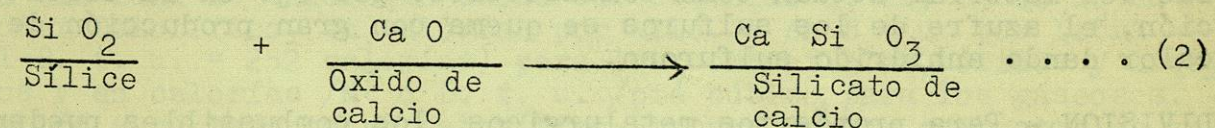
los minerales transformados en cloruros, para aplicar los procesos hidrometalúrgicos, sobre todo los electrolíticos.

PROCESOS METALURGICOS.- Aunque hay una gran variedad de procesos para la obtención de metales, los que presentan un mayor interés en la práctica son cuatro: Hidrometalurgia, Electrometalurgia, -- Pirometalurgia y Aluminotermia.

A.-Hidrometalurgia.-- Consiste en la obtención de metales a -- partir de una solución previamente preparada, tratando el mineral u otros productos metalurgicos con líquidos apropiados; no -- tiene gran importancia para los metales de construcción (se emplea para el oro y la plata), excepto cuando se aplica la corriente eléctrica (electrólisis), en cuyo caso se llama Electrohidrometalurgia.

B.-Electrometalurgia.-- Consiste en la obtención de metales -- por medio de la electrólisis de sus sales fundidas o de sus soluciones (Electro-hidrometalurgia). El único metal de importancia en construcción obtenido de las primeras es el Aluminio; de las segundas lo son el Cobre y el Zinc. La ventaja primordial de la Electrometalurgia se basa en que los metales obtenidos son de -- una gran pureza (metales electrolíticos) y en que pueden aprovecharse minerales de bajo grado y recobrase un gran número de metales valiosos que se perderían en el proceso de fusión por su poca cantidad. La desventaja principal es que es más costosa que la Pirometalurgia. Sin embargo, para ciertas aplicaciones, puede competir con los procesos Pirometalúrgicos y aún mejorarlos. Una aplicación importante de la Electrometalurgia la constituye la -- refinación de metales obtenidos por Pirometalurgia, ésta se lleva a cabo vaciando el metal impuro en placas que van a servir de ánodos, con cátodos del metal puro en láminas delgadas, sometiéndolo a electrólisis en una solución de una sal del metal.

C.- Pirometalurgia.-- Es la obtención de metales por fusión -- de los minerales en forma de óxidos, con sustancias reductoras, en presencia de Fundentes adecuados. La fusión se lleva a cabo -- en hornos, ya sea por la aplicación de un Combustible o de la corriente eléctrica. Los fundentes son sustancias de carácter -- químico contrario al de la ganga, que se combinan con ella eliminándola, con la formación de la escoria o grasa. Entre los fundentes alcalinos (los más usados) se encuentran: la cal, el carbonato de calcio (calizas), minerales alcalinos de bajo grado, -- etc, y entre los ácidos: la arcilla, el cuarzo, la arena sílice, etc. La formación de la escoria puede representarse por la ecuación:



La escoria, como se vé, está formada principalmente por silicatos de calcio; constituye un material fácilmente fusible, con una -- densidad mucho más baja que el metal, lo cual le permite flotar sobre el metal fundido y fácilmente ser eliminada. Como reductor se emplea principalmente el carbón en sus diferentes variedades,