

El cobre es uno de los pocos elementos que encuentran en la corteza terrestre como tales. Sin embargo, aunque los cristales nativos de cobre tienen interés para los geólogos, no se presentan en cantidad suficiente para tener importancia desde el punto de vista comercial. La mayor parte del cobre se encuentra en forma de minerales, en los cuales está combinado casi siempre con hierro y azufre esto no sorprende porque el cobre, elemento fundido de la Tierra, abriéndose camino a través de las grietas de las rocas y penetrando con frecuencia en los poros de la mismas. Los principales yacimientos de cobre del mundo se encuentran en los Estados Unidos, Zambia, Chile y Canadá. Anualmente se funden alrededor de 3.5 millones de toneladas de cobre, de las cuales más del 20% se obtiene de la purificación de cobre ya usado. El resto se obtiene de los minerales. El que más se usa es la calcopirita, que contiene alrededor del 34.5% de cobre y está puro. Sin embargo, debido a todas las impurezas que van mezcladas con el mineral, éste normalmente no contiene más que un 1% ó 2% de cobre. Minerales más ricos de cobre pueden tener hasta un 5%.

La mayor parte de la minería de cobre se ha introducido a bastante profundidad barrenos y construyendo túneles a través de las vetas del mineral. El uso de explosivos es bastante frecuente para desprender bloques de mineral, que muchas veces se tritura antes de llevarlo a la superficie. A veces, el mineral está tan cerca de la superficie que se puede obtener en minas abiertas, en las que basta arrancar la capa de rocas que lo cubre para llegar, inmediatamente, hasta el mineral.

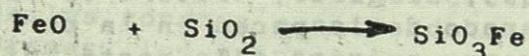
Algunos minerales oxidados y de baja calidad no se extraen metalúrgicamente por minería, sino que el cobre que contienen se saca por disolución. Se añade ácido diluido al mineral; una vez escurrido éste, se recolecta. Posteriormente, el líquido se coloca en grandes tinajas con disolución y el cobre se deposita, luego, éste se lava fina.

Los sulfuros que provienen de las minas contienen gran cantidad de ganga y un porcentaje pequeño de mineral útil, que es preciso separar, antes de emplearlo.

El mineral se machaca entre las poderosas mandíbulas de trituradoras gigantes, hasta convertirlo en pedazos de unos 13 cm., y se pasa a través de un tipo de tamiz, llamado "criba", para eliminar los fragmentos pequeños que no necesitan una trituración ulterior. Los trozos de 13 cm. se convierten en secciones de unos 4 cm. en trituradoras cónicas. Estas son unos recipientes muy fuertes de acero, con forma de pera, dentro de los cuales hay un enorme mazo que, al girar, tritura el mineral. El mazo está muy separado de la pared en la parte superior del recipiente, y muy próximo a la parte inferior. De este modo, los pedazos de mineral que van cayendo desde la parte superior se machacan contra las paredes y se van haciendo más pequeños, a medida que descienden. Por trituración posterior, en otras trituradoras del mismo tipo se consiguen pedazos de 1.25 cm. de tamaño. Finalmente se reducen a polvo en un molino de bolas. Este consiste en un tambor giratorio, que contiene en su interior muchas bolas de acero, las cuales, con el giro del tambor, bombardean y muelen el mineral.

Las partículas de mineral se pueden separar de las impurezas por flotación. En el agua las partículas de impurezas van al fondo, mientras que el mineral, gracias al tratamiento a que es sometido, flota. Para que el mineral flote, se añade al agua aceite de pino y se agita luego con objeto de producir espuma. El mineral útil es arrastrado por la espuma, que va siendo recogido mientras que las impurezas descienden al fondo. El agua se limpia y se vuelve a usar. El mineral de cobre concentrado se filtra, quedando listo para su extracción por fundición. Con frecuencia, esta concentración contiene también oro y plata. El tratamiento de mineral a partir de éste punto, depende de sus características los minerales constituidos de cobre nativos, óxidos y carbonatos se pueden fundir sin más tratamiento, pero los concentrados que contienen azufre y hierro han de ser tostados previamente. El tostado que se efectúa en un horno, sirve para secar el mineral y eliminar parte del azufre en forma de anhídrido sulfuroso. El polvo caliente que resulta de este tratamiento se llama calcinado. Es una mezcla de sulfuro de cobre, sulfuro de hierro y óxido de hierro.

**FUNDICION.**— El objeto de la fundición consiste en separar los constituyentes térreos inútiles. Se utiliza para esto la piedra caliza, debido a que se combina con la tierra para formar la escoria. También se produce la reacción entre el óxido de hierro y el bióxido de silicio de la tierra.



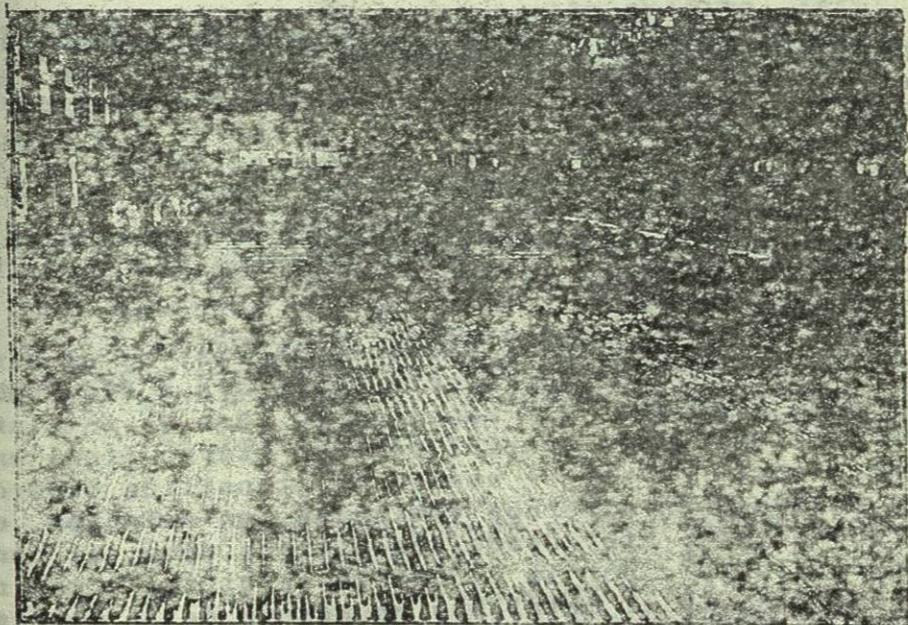
La fundición se efectúa casi siempre en hornos recubiertos de ladrillos refractarios, calentados con carbón, petróleo o gas, siendo algunos eléctricos. En los métodos más recientes, sin embargo, se utiliza el calor que desprenden las mismas reacciones químicas. Esto se conoce con el nombre de fundición instantánea. En el calcinador seco es introducido en el horno mediante chorros de aire u oxígeno. El calor de la reacción es suficiente para que dé comienzo la reacción de la carga que se ha introducido. Los líquidos del horno se separan en dos capas. La escoria flota sobre la capa semifundida que contiene el cobre. La escoria se extrae de vez en cuando.

El material semifundido se pasa con un cucharón a un convertidor, en el cual se libera el cobre. Se insufla aire a presión a través del material semifundido que es una mezcla de sulfuros de cobre y de hierro. El azufre se elimina con el aire en forma de anhídrido sulfuroso, que es un gas, y el hierro se separa en forma de escoria por adición de arena. Aunque el aire que se insufla es aire frío, el material semifundido no se enfría pues el calor que suministran las reacciones químicas contrarresta su efecto. Después de varias horas de tratamiento con aire, se cuele el cobre y se obtienen unas tortas con ampollas, conocidas del cobre ampollado es superior al 98%, no resulta aún suficiente.

Se realiza un refinado posterior antes de entrar en procesos fabriles. Al cobre fundido se le insufla más aire, objeto de oxidar y eliminar otras impurezas, tales como

el arsénico. En el curso de esta operación, parte del cobre se oxida también y tiene que ser convertido en cobre de nuevo por la acción reductora de unos trozos de madera que se introducen en el horno. El cobre fundido es colocado de nuevo para formar bloques, que ahora reciben el nombre de ánodos, porque son conectados como tales, en el refino, por electrólisis.

El tanque electrolítico se llena con una disolución de sulfato de cobre, siendo utilizadas como cátodos, planchas de cobre puro. Por la acción de la corriente eléctrica, el cobre que se encuentre en el ánodo pasa a la disolución y se deposita en el cátodo, sin que se hagan las impurezas que forman un barro viscoso debajo del ánodo. Con frecuencia, el oro y la plata que contiene este barro compensan el costo del proceso de electrólisis.



DISPOSICION DE LOS CATODOS DE COBRE.

## EL ALUMINIO

Se llaman electrólitos las sustancias que disueltas o fundidas se disocian en iones. Un ion es un átomo o grupo de átomos con carga eléctrica.

Si se sumergen en un líquido dos electrodos, el polo negativo o cátodo atrae los iones positivos o cationes y los neutraliza; el polo positivo o ánodo atrae los iones negativos o aniones, que leceden sus electrones. Así, gracias al transporte de los electrones por los iones, circula una corriente eléctrica, que separa los fragmentos en que estaba disociada la molécula del electrólito. Se comprende que el factor primordial del rendimiento es el número de electrones que circula por segundo, o intensidad de la corriente; en cambio el voltaje o energía de dichos electrones, es secundario.

La electrólisis aprovecha esta propiedad para aislar ciertas sustancias. Obsérvese que los electrones de la corriente son transportados por los iones de la solución como si fueran los pasajeros de un vehículo, y que la separación de los ingredientes de un compuesto tiene lugar en contacto con cada electrodo. Conviene recordar que un cátodo y un catión son de signos opuestos entre sí, así como un ánodo y un anión.

El aluminio, elemento No. 13, es el metal del siglo XX, su importancia crece día a día, debido a su ligereza, y a menos de 70 años de iniciarse su utilización industrial sólo el hierro tiene una importancia mayor. Se emplea en utensilios caseros, en envases, en diversos vehículos, en aviación, en arquitectura, etc. Desde los últimos años, el consumo de aluminio por la industria eléctrica crece rápidamente. Es el metal más abundante de la corteza terrestre con una proporción del 7%.

El aluminio se oxida instantáneamente; pero forma una delgadísima capa protectora transparente de alúmina (óxido de aluminio), que para los fi-

nes prácticos se vuelve inoxidable. Sin embargo, en las fábricas de escamas de aluminio para pinturas se trabaja en una atmósfera inerte, porque la enorme ampliación de la superficie para un determinado volumen, favorece la inflamación del metal (el polvo de aluminio se utiliza en las luces de bengala).

El Procedimiento "Bayer".- Es el más utilizado, recurre a la electrólisis para aislar el metal partiendo de la alúmina, y comprende varias fases.

1ª.- La Materia Prima.- La alúmina, muy mezclada con otros minerales, no es directamente aprovechable. Se prefiere extraerla de la bauxita, sustancia más compleja. En primer lugar, se muele y lava el mineral para eliminar la arcilla y otras impurezas. Una vez seco se pulveriza, y se trata con sosa cáustica bajo vapor a alta presión. Entonces el óxido de aluminio se disuelve, pues forma un aluminato de sodio soluble. Finalmente, se filtra el líquido para eliminar las partículas de hierro y titanio.

2ª.- Separación de la Alúmina.- Generalmente, un líquido más cantidad de sólido si está caliente; dicho de otro modo, si se enfría una solución saturada (o sea de máxima concentración), el exceso de soluto se separa y precipita o sedimenta en forma sólida. En el caso que nos ocupa se obtiene alúmina hidratada. Se acelera el proceso introduciendo en el líquido algunos cristales de dicha sustancia.

En largos hornos giratorios, se calcina la alúmina hidratada para despojarla de agua unida a sus moléculas. Se obtiene un polvo blanco muy puro de alúmina propiamente dicha u óxido de aluminio.

3ª.- Obtención de Aluminio.- Su principio es simple la electrólisis de la alúmina en fusión - aísla sus componentes. El aluminio se deposita en el cátodo y el oxígeno se desprende en el ánodo.

El procedimiento requiere grandes cantidades de energía eléctrica se necesitan 1,000 kilovoltios/hora para separar una tonelada de aluminio. Los grandes productores de dicho metal son los países donde la corriente eléctrica es barata, como en el Canadá; pero se plantea un problema de fletes pues el mineral se extrae a menudo en regiones muy distantes.

Para hacer bajar la temperatura de fusión de la alúmina se le añade criolita, compuesto de aluminio que disuelve casi todos los metales y materiales refractarios. Solo Groenlandia produce criolita natural; por esta razón en la actualidad se le sintetiza.

#### PORMENORES DE LA ELECTROLISIS

Se opera en cubas u hornos relativamente pequeños, a una temperatura de 960-980°C. Es suficiente una tensión de 4 a 7 voltios, pero como se dispone de corrientes de 600 a 900 v, se conectan en serie de 100 ó 150 cubas. Una instalación productora puede constar de más de 1,500 cubas.

Las paredes de la cuba electrolítica propiamente dicha son de acero. Interiormente las tapiza una capa de carbón, que hace las veces de cátodo (electrodo negativo que atrae a los cationes positivos de aluminio). El metal líquido se deposita en el fondo, y se extrae inmediatamente.

Hay varios ánodos, también de carbón, en forma de barras sumergidas dentro de la alúmina en fusión. Atraen a los aniones negativos de oxígeno que las consume gradualmente pues forma con ellas un gas, el venenoso monóxido de carbono. Cuando éste llega a la superficie, se combina con el oxígeno del aire y forma bióxido de carbono que se elimina por medio de chimeneas adecuadas.

En teoría, el proceso atañe sólo a la alú

mina pero en la práctica se consume también cierta cantidad de criolita, que se repone periódicamente.

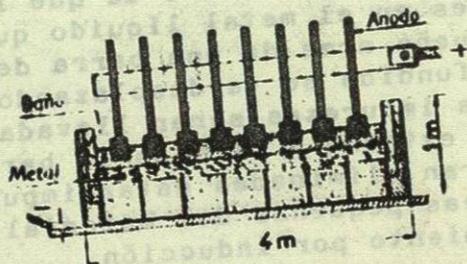
La electrólisis permite aislar también, en forma industrialmente económica, otros metales como el sodio el potasio, el estroncio, el bario y el magnesio. Por otra parte, se emplea para purificar el cobre, el estaño, el níquel, el cobalto. En todos los casos, el metal se deposita en el electrodo negativo (cátodo) que atrae sus iones.

#### ALEACIONES DE ALUMINIO

Las aleaciones más utilizadas para el vaciado en moldes incluyen proporciones poco importantes (no más del 10%) de cobre, silicio, manganeso y magnesio.

Las aleaciones que se emplean en el forjado pueden comprender, además de los metales antes dichos, cinc y cromo.

Las ventajas del aluminio y sus aleaciones son la inalterabilidad, el escaso peso específico, el brillo y la resistencia. El metal muy puro es un buen vehículo de la electricidad a pesos iguales su conductibilidad es el doble de la del cobre, debido a su mayor ligereza.



**Fusión en Vacío.**- Los avances tecnológicos en electrónica y en los motores de reacción requieren de materiales y aleaciones de elevada pureza, lo que ha llevado al desarrollo de la fusión en vacío. Pequeñas cantidades de gases disueltos en un metal, como oxígeno, hidrógeno y nitrógeno disminuye la resistencia a la tensión y demás características mecánicas, sobre todo a elevadas temperaturas. Estos gases tienen un efecto perjudicial sobre las operaciones posteriores de trabajo a que se somete el material.

Debido a la mayor solubilidad de los gases en el metal en el estado líquido que en el estado sólido, al solidificarse el material produce en el - sopladuras, venteaduras en la chapa metálica y el material se comporta fragilmente, si estos gases se precipitan en los contornos de grano. La solubilidad se reduce disminuyendo la presión como en los hornos de vacío.

Por este método se producen metales para - los reactores atómicos, como uranio, torio, y circonio. Para la elaboración de titanio, tántalo y molibdeno. En electrónica se requiere el silicio y el germano. Para la recuperación de magnesio, calcio, bario y estroncio.

**Afinado por Zonas.**- Por este método se obtienen metales y aleaciones de gran pureza, para - aplicaciones especiales.

Esto se basa en el hecho de que las impurezas son más solubles en el metal líquido que en el sólido. Si una pequeña área de una barra de metal se funde y esta zona fundida se va desplazando a lo largo de la barra, las impurezas serán llevadas por la zona fundida de un extremo a otro de la barra y en la zona fría quedarán eliminadas estas impurezas. La fusión de estas áreas pequeñas del material, se logra por un calentamiento por inducción.

Este proceso se aplica a cualquier material cristalino siempre que la diferencia entre la -

solubilidad de las impurezas en estado líquido y sólido tenga un valor muy elevado. Por este método se obtiene germano, silicio, circonio, molibdeno, - - tungsteno, titanio, etc.