

El cobre, aliado imprescindible de la electrotecnia



Ing. Jorge A. Berizzo
Geólogo

Ing. Ricardo Berizzo
Cátedra Movilidad Eléctrica
UTN Rosario
rberizzo@gmail.com

El cobre, cuyo símbolo es "Cu", es el elemento químico de número atómico 29 de la tabla periódica de los elementos. Se trata de un metal de color rojizo-anaranjado de brillo metálico. Es ampliamente conocido y aplicado en energía eléctrica. Seguramente, conocemos poco de este metal y su producción a pesar de estar en contacto con él permanentemente.

El cobre es uno de los escasos metales que pueden estar presentes en un entorno natural de forma nativa o, lo que es lo mismo, sin estar combinado con otros elementos.

El cobre es uno de los escasos metales que pueden estar presentes en un entorno natural de forma nativa o, lo que es lo mismo, sin estar combinado con otros elementos. Por ello fue uno de los primeros en ser utilizado por el ser humano. Los otros metales nativos son el oro, el platino, la plata y el hierro. Actualmente, es el tercer metal más utilizado del mundo. Únicamente el hierro y el aluminio están presentes en más aplicaciones. Se dice que es buen conductor porque ofrece poca resistencia al paso de la electricidad.

Sin dudas, el mejor conductor es la plata, pero su alto costo hace que no resulte el elemento más utilizado en equipos eléctricos. Por esa razón, hoy el 60% del cobre que se extrae a través de la minería se destina a ese uso.

El cobre se puede utilizar en varias aleaciones con otros metales, con las que se consiguen nuevos productos con distintas propiedades. Los ti-

Material	Resistividad (en 20-25 °C)
Plata	1,59 x 10 ⁻⁸ Ωm
Cobre	1,71 x 10 ⁻⁸ Ωm
Oro	2,35 x 10 ⁻⁸ Ωm
Aluminio	2,82 x 10 ⁻⁸ Ωm

Tabla 1. Resistividad de los elementos

pos más corrientes de aleaciones son los siguientes:

- » Alpaca: cinc, cobre y níquel.
- » Cobre y aluminio.
- » Cobre y cadmio.
- » Cobre, cromo y circonio.
- » Cobre y plata.
- » Latón: cobre y cinc.
- » Manganina: 82-86% de cobre, 12-15% de manganeso y 2-4% de níquel.
- » Bronce: cobre y estaño.
- » Cobre y berilio.
- » Cobre y cromo.
- » Cobre, hierro y fósforo.
- » Constantán: 55% de cobre y 45% de níquel.

El cobre combina conductividad, seguridad, resistencia a la corrosión, a la tracción y alta ductilidad: esto hace que se pueda producir en

diámetros tan pequeños que otros metales no soportarían sin romperse. Además, tiene la ventaja de poder soldarse con facilidad.

El cobre combina conductividad, seguridad, resistencia a la corrosión, a la tracción y alta ductilidad: esto hace que se pueda producir en diámetros tan pequeños que otros metales no soportarían sin romperse.

Extraer cobre de sus minerales

Hoy en día, el metal se obtiene generalmente de minas a cielo abierto, sobre todo a partir de minerales sulfurados y oxidados, una vez que se someten a un tratamiento oportuno.

A modo de ejemplo, están las minas subterráneas ("El Teniente", en Chile) y las operaciones a "cielo abierto" ("Chuquicamata", en Chile), en donde se extrae cobre a partir de minerales sul-



Figura 1. Extracción, procesamiento, fundición y refinación electrolítica



Figura 2. Calcopirita extraída de Zacatecas (México)

furados (calcopirita, calcosina, covelina, etc.), cómo también de sus sales y óxidos (malaquita, azurita, brochantita, antlerita, atacamita, crisocola, etc.).

El método utilizado para extraer cobre de sus minerales depende de la naturaleza del mineral. Minerales de sulfuro como calcopirita (CuFeS_2) se convierten en cobre a través de un método diferente al de los minerales de silicato, carbonato o sulfato. La calcopirita y minerales de sulfuro similares son los minerales de cobre más comunes. Los minerales, típicamente, contienen bajos porcentajes de cobre y deben concentrarse antes de refinarlos (por ejemplo, mediante flotación por espuma).

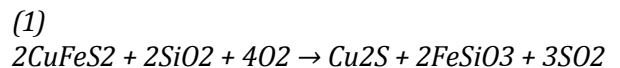
El proceso

El mineral concentrado se calienta fuertemente con dióxido de silicio (sílice) y aire u oxígeno en un horno o una serie de hornos. Los iones de cobre en la calcopirita se reducen a sulfuro de cobre (que se reduce aún más a cobre metálico en la etapa final). El hierro de la calcopirita termina convertido en una escoria de silicato de hierro que se elimina. La mayor parte del azufre de la calcopirita se convierte en gas de dióxido de azufre. Se utiliza para producir ácido sulfúrico mediante el proceso de contacto.

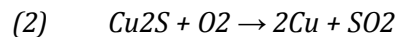


Figura 3. El cobre blíster de la fundición se vierte en los moldes de fundición del ánodo

Una ecuación general para esta serie de pasos es:



El sulfuro de cobre producido se convierte en cobre con una última ráfaga de aire:



El producto final se llama "cobre blíster", una forma porosa y frágil de cobre, con una pureza del 98 al 99,5%.

Extracción de cobre de otros minerales

El cobre se puede extraer de minerales sin sulfuro mediante un proceso diferente que involucra tres etapas separadas:

- » Reacción del mineral (durante bastante tiempo y a gran escala) con un ácido, como el ácido sulfúrico, diluido para producir una solución de sulfato de cobre muy diluida.
- » Concentración de la solución de sulfato de cobre por extracción con solvente. La solución muy diluida se pone en contacto con una cantidad relativamente pequeña de un disolvente orgánico que contiene algo que se unirá a los iones de cobre de modo que se eliminen de la solución diluida. El disolvente

no debe mezclarse con el agua. Los iones de cobre se eliminan nuevamente del solvente orgánico por reacción con ácido sulfúrico fresco, produciendo una solución de sulfato de cobre mucho más concentrada que antes.

- » **Electrólisis de la nueva solución.** Los iones de cobre se depositan como cobre en el cátodo. Los ánodos para este proceso eran tradicionalmente aleaciones a base de plomo, pero los métodos más nuevos utilizan titanio o acero inoxidable. El cátodo es una tira de cobre muy puro sobre la que se colocan las nuevas placas de cobre, o acero inoxidable del que hay que quitarlo más tarde.

Purificación de cobre

Los minerales explotados mundialmente poseen tenores muy bajos de metal, por lo que deben ser sometidos a varios procesos de concentración sucesivos antes de pasar a la etapa final de refinación.

Los minerales explotados mundialmente poseen tenores muy bajos de metal, por lo que deben ser sometidos a varios procesos de concentración sucesivos antes de pasar a la etapa final de refinación.



Figura 4. El plato giratorio de fundición del ánodo se mueve lentamente

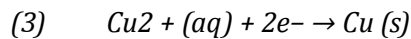
Cuando el cobre se fabrica a partir de minerales de sulfuro mediante el método anterior, es impuro. El cobre se trata primero para eliminar el azufre restante, y luego se vierte en ánodos para su refinado mediante electrólisis.

El tenor promedio de los minerales de cobre explotados mundialmente oscila entre el 2 y el 10%. (Cuando el tenor se expresa en porcentaje equivale a decir que un 1% de cobre equivale a 1 kg de cobre por cada 100 kg de roca explotada).

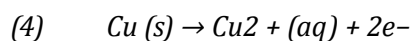
Refinación electrolítica

La purificación utiliza un electrolito de solución de sulfato de cobre, ánodos de cobre impuro y tiras de cobre de alta pureza para los cátodos. La figura 5 muestra una vista muy simplificada de una celda.

En el cátodo, los iones de cobre se depositan como cobre:



En el ánodo, el cobre se disuelve como iones de cobre:



Por cada ion de cobre que se deposita en el cátodo, en principio otro se disuelve en el ánodo. La concentración de la solución debe permanecer

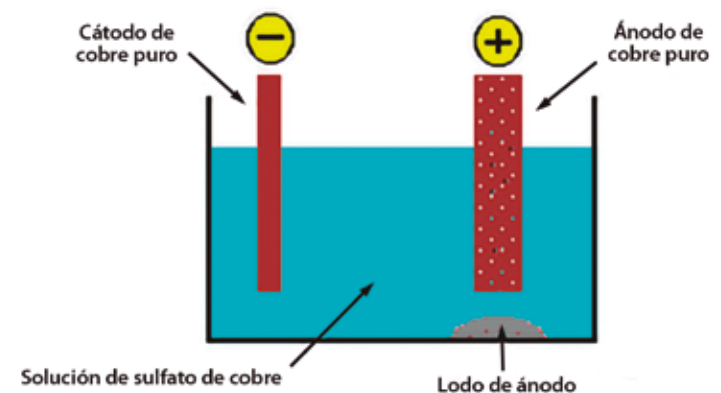


Figura 5. Celda



Figura 6. Los cátodos de cobre se cuelgan entre ánodos

igual. Todo lo que sucede es que hay una transferencia de cobre del ánodo al cátodo. El cátodo se hace más grande a medida que se deposita más y más cobre puro; el ánodo desaparece gradualmente.

¿Qué pasa con las impurezas?

Cualquier metal en el ánodo impuro que esté por debajo del cobre en la serie electroquímica (serie de reactividad) no se disuelve como iones. Permanece como un metal y cae al fondo de la celda (precipitado) como un "lodo de ánodo" junto con cualquier material no reactivo sobrante del mineral. El lodo del ánodo puede contener metales valiosos como plata y oro.

Cualquier metal en el ánodo impuro que esté por debajo del cobre en la serie electroquímica (serie de reactividad) no se disuelve como iones.

¿Que es el cobre recocido?

El recocido consiste en calentar un metal, en este caso el cobre, hasta una determinada temperatura para después dejar que se enfríe lentamente,



Figura 7. El cobre catódico se vuelve a fundir y se moldea en palanquillas de cobre

te, habitualmente, apagando el horno y dejando el metal en su interior para que su temperatura disminuya de forma progresiva. Los objetivos del recocido son tanto eliminar las tensiones internas producidas por tratamientos anteriores, como aumentar la plasticidad, la ductilidad y la tenacidad del material.

Los objetivos del recocido son tanto eliminar las tensiones internas producidas por tratamientos anteriores, como aumentar la plasticidad, la ductilidad y la tenacidad del material.

Datos del cobre

Los países con mayor producción minera en 2020 fueron los siguientes:

- » Chile: 5,7 millones de toneladas.
- » Perú: 2,2 millones de toneladas.
- » China: 1,7 millones de toneladas.
- » República Democrática del Congo: 1,3 millones de toneladas.
- » Estados Unidos: 1,2 millones de toneladas.

Algunas empresas que procesan el cobre en el mundo son Aurubis (Alemania), Codelco (Chile), Xstrata (Inglaterra y Suiza) y BHP Billiton (Australia).

Cobre como conductor eléctrico

El Comité de Conductores Aislados del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ha determinado con precisión la capacidad de conducción de una amplia gama de alambres y cables, en distintas condiciones de instalación, las cuales han sido publicadas en la Norma IEEE 835-1994. Dicha norma es utilizada por ingenieros, técnicos y diseñadores de sistemas en todo el mundo. Sus cuadros muestran que la capacidad de conducción de los conductores de cobre es aproximadamente 1,6 veces mayor que la de los conductores de aleación de aluminio de la misma sección transversal, debido a la mayor conductividad inherente al cobre.

La capacidad de conducción de los conductores de cobre es aproximadamente 1,6 veces mayor que la de los conductores de aleación de aluminio de la misma sección transversal, debido a la mayor conductividad inherente al cobre.

Otra ventaja del cobre para aplicaciones bajo tierra es su alta resistencia contra la corrosión. Esta es la razón por la que las líneas aéreas en zonas costeras son a menudo construidas con cobre en vez de aluminio (el agua, la humedad, en contacto con el conductor de aleación de aluminio, ocasiona una severa corrosión que convierte el aluminio en un hidróxido y en gas de hidrógeno). Para cables subterráneos de alta y media tensión, el cobre es el más pertinente; en este caso el mayor costo de este material se debe a su aislamiento.

El cobre es totalmente reciclable, y no pierde sus propiedades químicas o físicas aunque el proceso se repita.

Son muchas más las características excepcionales del cobre, por lo que tiene un impacto positivo en la capacidad del sistema eléctrico, así como también en la reducción de los costos de operación y en la disminución de producción de gases de efecto invernadero. El cobre es totalmente reciclable, y no pierde sus propiedades químicas o físicas aunque el proceso se repita. Las ventajas son claras: el ahorro de energía es muy importante, al suponer un 85% menos de consumo reciclarlo frente a extraerlo. ■■