



“EL COBALTO EL METAL DEL SIGLO XXI”

Zeferino Gamiño Arroyo^{(1)*}, Fernando Israel Gómez Castro⁽¹⁾, Lorena Eugenia Sánchez Cadena⁽²⁾, Rosalba Fuentes Ramírez⁽¹⁾, David Contreras López⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n, Col. Noria Alta, Guanajuato, Gto., C.P. 36050, México. e-mail *gaminoz@ugto.mx

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Calle Juárez 77, Guanajuato, Gto. C.P. 36000 México.

RESUMEN

El presente trabajo muestra algunos aspectos históricos del descubrimiento del cobalto y como se han incrementado sus aplicaciones. Desde hace más de 2500 años se empleaba en los pigmentos para vidrios y cerámicas, posteriormente, en las super aleaciones, en los imanes permanentes, los catalizadores, y la medicina nuclear. El cobalto, está presente en las baterías de teléfonos móviles, vehículos eléctricos, y en la vitamina B12, de manera que se ha convertido en uno de los metales más importantes de este siglo.

Palabras claves: Cobalto.

"THE COBALTO A METAL OF THE 21ST. CENTURY"

SUMMARY

Present work shows some historic aspects of cobalt discovery and how their applications had been grown. Since more than 2500 years it was employed on pigments for glass and ceramics, after on super alloys, permanent magnets, catalysts and nuclear medicine. Cobalt is presents in mobile phone batteries, electric cars and in vitamin B12, then cobalt is one of more important metals in this century.

Keywords: Cobalt.

El cobalto un elemento conocido desde la época de los antiguos persas y egipcios por dar el color azul a las cerámicas y utensilios de vidrio, ha sido identificado en estatuillas egipcias y en collares persas con más de 2500 años de antigüedad, así como en vidrio encontrado en las ruinas



de Pompeya, en porcelanas de las Dinastía Tang (618–907 d. C.) y Ming (1368–1644 d. C.) en China. El nombre de cobalto proviene de la palabra alemana *Kobold* que se refiere a un duende o un espíritu malvado, que los antiguos mineros creían que habitaba en las minas y causaba los accidentes o perjudicaba su salud, el gas que afectaba a los mineros ha sido identificado como el trióxido de azufre (As_4O_6) y que en ocasiones se encuentra asociado con los minerales de níquel, cobre y cobalto. El químico sueco Georg Brant (1694-1768), fue el primero en separarlo a partir de minerales con contenido de cobre y bismuto ya que a estos metales se les atribuía el color azul característico del desconocido cobalto en esa época y que se le denominaba “*zaffer*”, este ingrediente se agregaba para dar el color azul a los utensilios vidrio, en cuanto al año exacto de su obtención hay discrepancia entre las fuentes consultadas algunas indican en 1735 (Newton, D.E., 2011, Marshall J.L. and Marshall, V.R., 2003, Gusenius, E.M, 1967), 1739 (Stwertka, A., 2012, Heiserman, D.L., 1992) o incluso 1742 (Britannica Online Encyclopedia), lo cual no es tan relevante ya que nadie más estaba tratando de aislar el cobalto y el reconocimiento se le dio completamente a Brant.

En el siglo XIX, los compuestos de cobalto que se producían se destinaban en gran proporción a dar color a los utensilios de vidrio y cerámica, entre estos compuestos destacan el “*negro de cobalto*” (óxido de cobalto (III), Co_2O_3), el “*amarillo de cobalto*” (hexanitrocobaltato (III) de potasio, $K_3[Co(NO_2)_6]$), el “*azul de cobalto*”, (aluminato de cobalto, $CoAl_2O_4$) y el “*violeta de cobalto*” (fosfato de cobalto (II), $Co_3(PO_4)_2$), hoy en día estos compuestos o modificaciones de ellos se emplean para dar color a vidrios, esmaltes, cosméticos, pinturas, hules, tintas, cerámicas.

El cobalto es un metal duro, dúctil y moderadamente maleable, capaz de formar cables y láminas delgadas. Su punto de fusión es de $1493^{\circ}C$ y de ebullición de $3100^{\circ}C$, tiene una densidad de 8.9 g/cm^3 . Estas propiedades le permiten formar aleaciones, como la “*stellite*”, desarrollada por el empresario de automóviles Elwood Haynes a principios del siglo XX, esta aleación tiene una alta resistencia al desgaste, la corrosión, la abrasión y conserva su dureza incluso a altas temperaturas. Esto lo hace ideal para utilizarse en herramientas de alta velocidad, instrumentos de corte y equipos de soldadura y en partes para equipo aeronáutico, espacial y militar. Algunas de estas denominadas super aleaciones contienen mayoritariamente cobalto ($> 50\%$), cromo (28-32%), tungsteno (11-13%), y cantidades menores al 5% de algunos de los siguientes elementos: níquel, molibdeno, carbono, silicio, fierro.



El cobalto con símbolo Co se sitúa en el Grupo VIII B de la Tabla Periódica en los denominados metales de transición, tiene el Número Atómico 27 y está entre el hierro y el níquel, metales con los que comparte algunas propiedades físicas y químicas. Tiene un color gris metálico y cuando es pulido brilla con un ligero color azul. Una de sus propiedades más remarcables es la facilidad para magnetizarse al igual que el hierro y el níquel. El cobalto no pierde esta condición aun cuando es expuesto a altas temperaturas, tiene el punto (o temperatura) de Curie más alto de todas las aleaciones y metales conocidos a la fecha, y es de 1121°C, el punto o la temperatura de Curie es aquella a la cual un elemento o aleación pierde su magnetismo. Esta propiedad ha permitido fabricar imanes permanentes muy potentes de aleaciones que se componen de hierro y con composiciones variables de aluminio (8-12%), níquel (15-26%), cobalto (5-24%) y algunos fabricantes agregan cobre (6%) y titanio (1%), estos super imanes son conocidos como “alnico” por los símbolos de elementos: Al-Ni-Co y fueron inventados en Japón en 1931.

Otra importante aplicación son los catalizadores de cobalto-molibdeno (CoMOX), que contienen 3-5% de tetraóxido de tricobalto (Co_3O_4), 14% de trióxido de molibdeno (MoO_3) y 83-85% de alúmina (Al_2O_3) y se utilizan para la desulfuración de los hidrocarburos desde hace unos 50 años, recordando que la presencia del azufre en el petróleo crudo dificulta su procesamiento y en los productos finales como la gasolina, diésel, combustóleo genera graves problemas de corrosión en los motores y contaminación al medio ambiente.

El cobalto es el único metal pesado que se encuentra en el organismo de algunos seres vivos entre ellos está el ser humano y está presente en la vitamina B12 denominada cobalamina una molécula muy interesante que tiene al cobalto en su parte central y es importante en la formación de los glóbulos rojos y del funcionamiento del tejido nervioso, se ha reportado que la deficiencia de esta vitamina causa anemia y daño al sistema nervioso, el *National Institutes of Health* (NIH) en Estados Unidos recomienda una ingesta de 2.4 μg (microgramos) por día para los mayores de 14 años, las carnes rojas, aves, pescado y productos lácteos son fuente de esta vitamina. En 1930, en Australia se documentó que la falta de esta vitamina en ganado ovino provocó que muchas de estas ovejas enfermaran.



El cobalto se obtiene generalmente como un subproducto de las minas de níquel, cobre y hierro, y sus principales minerales son: la cobaltita (CoAsS), la esmaltita (Co,Fe,NiAs_2), linneíta (Co_3S_4), carrolita ($\text{Cu(Co.Ni)}_2\text{S}_4$) y eritrina $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$. En la **Figura 1**, se muestra la cobaltita.



Figura 1. Cobaltita (calcopirita), CoAsS , origen Hakansboda, Suecia. Museo de Geología, UNAM.

En la naturaleza solamente se encuentra el isótopo del cobalto-59 (^{59}Co), recordando que los isótopos son 2 o más formas de un mismo elemento y que difieren en el número de neutrones y por consiguiente en su número de masa atómica. Se conocen más de 25 radioisótopos del cobalto y varios de ellos tienen importantes aplicaciones en la medicina nuclear y de diagnóstico, por ejemplo, el cobalto-57 (^{57}Co) y cobalto-58 (^{58}Co) con periodos de vida media de 271.7 y 70.8 días respectivamente, se utilizan en la prueba de *Schilling* que permite diagnosticar la deficiencia de vitamina B12. El cobalto-60 (^{60}Co) que tiene una vida media de 5.3 años, es utilizado para tratamientos contra el cáncer, marcador radioterapéutico, esterilización de equipos quirúrgicos desde hace más de 50 años, también para irradiar alimentos y evitar su descomposición al eliminar las bacterias y otros organismos, este método de conservación ha tenido controversia ya que a la gente le causa temor saber que el alimento ha estado expuesto a radiación, sin embargo, no se tienen pruebas de que sea contraproducente esta forma de preservar los alimentos. Este isótopo también tiene aplicaciones industriales, ya que al igual que los rayos X permite hacer estudios similares a las radiografías de materiales metálicos y aleaciones e identificar fallas estructurales, una ventaja es que los equipos de cobalto-60 tienen un costo más bajo y las radiaciones generadas son más homogéneas.

La producción de cobalto a nivel mundial en el año 2000 se estimó en 39000 toneladas métricas y para el año 2018 en 127400 toneladas métricas de acuerdo con el *U.S. Geological*



Survey, lo que significa que la producción se ha triplicado, en menos de 20 años. En el año 2000 los principales países productores fueron República Democrática del Congo (RDC), Australia y Canada, con el 28.2%, 14.4% y 13.6% respectivamente, lo que representa el 56.2 % de la producción y con un precio fue \$13/kg US, para el año 2018, tan solo la RDC provee más del 60% de la producción mundial a un precio actual de \$32/kg US, lo que coloca a este país en una situación estratégica con respecto a la producción de este metal. Por otra parte, China es el primer productor a nivel mundial de cobalto refinado, el principal exportador de este metal a los Estados Unidos y el mayor consumidor mundial de cobalto destinando el 80% de este consumo a la industria de las baterías recargables. Con respecto a estas baterías las denominadas “*lithium ion batteries*” (LIBs), ampliamente utilizadas en teléfonos móviles, “*tablets*”, computadoras portátiles y gran variedad de dispositivos móviles pueden contener de un 5% a un 20% en peso de cobalto. La empresa Sony inicio su comercialización en 1991, utilizando el óxido de cobalto litio (LiCoO_2) como material del cátodo, en la actualidad se utilizan compuestos como: $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$, y estas LIBs llegan a tener una vida útil de alrededor de 2 años, si bien para la fabricación de las LIBs solamente se requieren algunos gramos de cobalto para cuando aumenten las ventas de los automóviles eléctricos “*electric vehicles*” (EVs) seguramente habrá un aumento en la demanda ya que las baterías de los autos requieren de 5 a 10 kg de cobalto. Tan relevante es el papel de este metal que, en mayo de 2018, el Departamento del Interior de los Estados Unidos, incluyó al cobalto en una lista de 35 minerales críticos y que servirá para explorar estrategias que aseguren el suministro y abastecimiento de estos minerales. A manera de conclusión y sin agotar el tema se puede decir que este elemento que causaba miedo a los antiguos mineros (*Kobold*) hoy tiene un papel preponderante en muchas aplicaciones de la vida cotidiana y que difícilmente podrá ser reemplazado por lo que puede ser denominado como uno de los metales más importantes del siglo XXI.

BIBLIOGRAFÍA

83 FR 23295 - Final List of Critical Minerals 2018., <https://www.govinfo.gov/app/details/FR-2018-05-18/2018-10667>, consultado 15-may-2019.

Britannica Online Encyclopedia, Article: Cobalt, <https://www.britannica.com/science/cobalt-chemical-element>, consultado 01-may-2019.

Cobalt Institute, <https://www.cobaltinstitute.org/>, consultado 08-may-2019.



Cobalt, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February 2019, pp. 50-51, https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/mcs-2019-cobal_0.pdf, consultado 30-abr-2019.

Gour, P.K, Upadhyay, S.N., Tiwari J.S., Ghosh, P.K., Bhattacharyya, N.B., Sen, S. P, (1977), Studies on comox catalyst-part 1, Journal of the Research Institute for Catalysis Hokkaido University., Vol. 25, No.2, pp. 91-98.

Gusenius, E.M., (1967), Beginnings of Greatness in Swedish Chemistry: Georg Brandt, (1694-1768), Transactions of the Kansas Academy of Science, Vol. 70, No. 4, Winter,1967, pp. 413-425.

Heiserman, D.L. (1992), Exploring chemical elements and their compounds, Tab Books, first edition, Bue Ridge Summit PA, USA.

Huang, B.; Pan, Z.; Su, X.; An, L. (2018), Recycling of lithium-ion batteries: Recent advances and perspectives. Journal of Power Sources, Vol. 399, pp. 274–286.

Infomine, <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/cobalt/6-month/> consultado 25-may-2019.

Marshall J.L. and Marshall, V.R., (2003), Rediscovery of the Elements, Riddarhyttan, Sweden, The Hexagon, Vol. 94, No. 1, Spring 2003, pp. 1-8.

Newton, D.E., Chemical Elements, (2011), 2nd Edition volume 1: A-F, Cengage Learning, Guangdong, Chine.

Quintero-Almanza, D., Gamiño-Arroyo, Z., Sánchez-Cadena, L.E., Gómez-Castro, F.I., Uribe-Ramírez, A.R., Aguilera-Alvarado, A.F., Ocampo-Carmona, L.M., (2019), Recovery of cobalt from spent lithium-ion mobile phone batteries using liquid–liquid extraction. Batteries, Vol. 5, 44.

Stwertka, A. (2012), A guide to the elements, Oxford University Press, New-York, USA.

Shedd, K.B., McCullough, E.A., Bleiwas, D.I., (2017), Global trends affecting the supply security of cobalt, Mining Engineering, Vol. 69(12), pp. 37-42.

Zheng, X.; Zhu, Z.; Lin, X.; Zhang, Y.; He, Y.; Cao, H.; Sun, Z. A., 2018, Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries. Engineering, Vol. 4, pp. 361–370.