EL ALUMINIO. SU HISTORIA Y APLICACIONES

Luis Pardillo Vela 13/04/2023

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre y el tercero del global de los elementos de la Tierra, un 8,2% del total. El 1º es el O con 46,1% y el 2º el Si con 28,2%, y el 4º el Fe 5,63%. El precio de un elemento químico en principio podemos decir o pensar que está ligado con su abundancia, y es cierto, pero igualmente depende de otros factores muy decisivos, como el coste de obtención, su utilidad, su demanda y oferta, y otros menores como la estabilidad química, su belleza por brillo y color en particular los empleados en joyería. A la memoria nos viene como metal caro el oro, pero los hay que pueden ser más caros, dependiendo de los altibajos en el mercado, como el Rh, Ir, Pd, Re y Pt, pero hubo una época, entre 1855 y antes de 1890 en que el aluminio fue más caro que el oro, tal es así que Napoleón III usaba cubertería de aluminio para sus invitados más importantes, el resto se tenía que conformar con la cubertería de oro (*). El colmo de su locura por el aluminio fue el sonajero que encargó para su hijo, era todo de aluminio con incrustaciones de oro y gemas. Pero también el monumento a Washington mereció que su cúspide se coronara en 1884 con una pirámide de 2,8 kg de aluminio, la pieza más grande moldeada de aluminio hasta entonces.

(*) *Debo indicar que en lo referente a la vajilla de napoleón puede ser una leyenda popularizada por S. Venetsky en un artículo sin fuentes que apareció por primera vez en julio de 1969 en la revista rusa Metallurgist. Sí es cierto, y se conserva, que Napoleón III encargó para su hijo un sonajero de aluminio. Isaac Asimov también comenta en su libro "INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA" que Napoleón III se permitió el lujo de tener una cubertería de aluminio, e hizo fabricar para su hijo un sonajero del mismo metal (también comenta el aluminio en la cúspide del monumento a Washington).*

¿Pero por qué era tan caro siendo tan abundante? **Veamos algo de su historia:**

1808 – Humphrey Davy predijo su existencia en el "alumbre", una sal muy usada pero de composición desconocida, y le da el nombre de "aluminium"

1821 – Pierre Berthier descubre en la región francesa de Les Baux un mineral que llamó Bauxita.

1825 – El físico danés Hans Christian Oersted, logró aislar por electrólisis unas primeras muestras de aluminio, aunque bastante impuras. El aislamiento casi puro fue conseguido dos años después por Friedrich Wöhler.

1855 – Henry Sainte-Claire Deville obtiene y exhibe el primer lingote de aluminio puro al 97% durante la Exposición Universal de París junto a las joyas de la corona francesa. Su producción era tan costosa que el aluminio se consideraba un metal muy valioso. Napoleón III lo contrató con un sueldo excepcional para que dedicara todos sus esfuerzos a la producción de aluminio para la casa imperial.

1886 – Charles Martin Hall y Paul Héroult descubren por separado y casi simultáneamente un proceso de electrólisis para obtener aluminio a partir de la alúmina de forma económicamente viable.

1889 – Karl Josef Bayer halla un procedimiento económico para extraer alúmina a partir de la bauxita. Como consecuencia, los precios del aluminio comienzan a bajar drásticamente y aparecen las primeras aplicaciones y producción en masa.

Si en 1882, la producción anual apenas alcanzaba las 2 toneladas, ya en 1900 alcanzó las 6700 t, en 1939 las 700.000 t, y ya en 2022 llega a 70 millones, siendo en el metal más producido en la actualidad después del hierro (como acero).

Veamos que propiedades físico-químicas tiene el aluminio que lo hacen que sea tan versátil y utilizado y en ocasiones imprescindible para multitud de aplicaciones industriales o de construcción.

BAJA DENSIDAD. Tiene una densidad que es de un tercio del hierro o del cobre.

Su ligereza y resistencia permite, entre muchas cosas, fabricar estructuras para todo tipo de vehículos que por su menor peso ahorran combustible.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y ELÉCTRICA. El aluminio es un buen conductor eléctrico, no tanto como el cobre, pero sí más económico, y su conductividad térmica es tres veces mayor que la del hierro pero la mitad que la del cobre. De ahí que se use en la fabricación de cables de electricidad para determinados usos y muy utilizado para la fabricación de calderería por su elevada conductividad térmica, aunque no es válido para cocinas de inducción al ser un metal no ferromagnético, pero si para cualquier otro tipo de cocina, incluida la vitrocerámica.

MALEABLE. Es decir, puede ser laminado por procesos mecánicos de compresión sin romperse. El espesor de las láminas de aluminio puede llegar a 0,006 mm, pero el empleado para cubrir alimentos es generalmente 0,2 mm. Por cierto, la cara mate y brillante del papel de aluminio son iguales, no tienen propiedades diferentes, son consecuencia del proceso de producción que es a doble lámina, y al separarlas, las dos caras que estaban pasando por los rodillos resultan más brillantes que las que estaban en contacto una con la otra.

DUCTILIDAD. Esta es la capacidad de los materiales de ser deformados en frío sin romperlos. El aluminio es muy dúctil, algo que permite en la fase final del diseño darle forma de varillas, alambres, tubos y variados perfiles.

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN. El aluminio puede utilizarse en condiciones ambientales severas, como la exposición al sol, a la lluvia y a temperaturas bajas o altas, ya que no se corroe fácilmente gracias a su elevada *resistencia a la oxidación*. Esto lo hace ideal para estructuras que deben erigirse en el mar o en cualquier ambiente de condiciones climáticas extremas. ¡Pero lo de su resistencia a la oxidación hay que aclararlo! El aluminio es muy reactivo y se oxida *muy pero que muy* rápido, exageradamente más rápido que el hierro, pero al contrario que el hierro, que crea un óxido poroso por el cual seguirá entrando aire y humedad que continuará con la oxidación, el aluminio crea una finísima capa de óxido que lo hace impermeable al aire y la humedad por lo que impide que continúe la oxidación.

RECICLABILIDAD. El aluminio es uno de los materiales más reciclables y hablaremos de ello al final.

OBTENCIÓN DEL ALUMINIO. Ya se comentó que el aluminio es el 3er elemento más abundante de la corteza terrestre con un 8,2% del total, solo detrás del oxígeno y silicio. Se encuentra en una gran cantidad de aluminosilicatos como feldespato, arcillas o puzolanas, también se encuentra en la bauxita (óxidos hidratados de aluminio) y en la

alúmina (óxido de aluminio) que puede ser el esmeril o el corindón y éste último con dos variedades, **el rubí y el zafiro**.
Pues bien, para obtener el aluminio se sigue empleando el método más eficaz que patentaron Hall y Héroult en 1886 (ambos de forma independiente) que consistía en la electrólisis de la alúmina, **óxido de aluminio**. Pero la alúmina no es fácil de obtener directamente de la naturaleza en grandes cantidades.
Para ello hay que tratar químicamente la bauxita, una roca sedimentaria compuesta por óxidos de aluminio hidratados y en menor cantidad otros óxidos y se encuentra mayoritariamente en regiones tropicales y subtropicales como Australia, Guinea, China, Vietnam, Jamaica o China. El tratamiento más eficaz es el proceso Bayer, patentado en 1889 por el austriaco Karl Josef Bayer (hijo del fundador de la farmacéutica Bayer) con el que se obtiene alúmina a partir de la bauxita usando una disolución caliente de sosa cáustica (hidróxido de sodio), que reacciona con el óxido de aluminio, pero no con los otros que permanecen en estado sólido. Una vez separada la solución de alúmina es cuando se aplica la electrólisis mediante el método Hall-Heroult, obteniéndose ya el aluminio puro.
Hay que señalar que el hierro, si bien se produce principalmente para alearlo con carbono y obtener el acero, también se usa en su estado casi puro (como el hierro forjado), pero el aluminio prácticamente no se usa en su estado puro porque sus cualidades no resultan interesantes para su uso. Por eso, a nivel popular, llamamos aluminio a cualquiera de sus aleaciones. Las aleaciones se clasifican mediante un sistema numérico que las ordena por series de millares (serie 1000, serie 2000, serie 3000…). Cada serie se considera una familia de aleación que contiene un elemento (o más) en común. Así la serie 1000 contiene mínimo 99% de Al (la de mayor pureza), la serie 2000 contiene como principal aleante Cu, la 3000 Mn, la 4000 Si, la 5000 Mg, 6000 Si y Mg 7000 Zn y 8000 otros aleantes. Generalmente la proporción de aluminio en sus aleaciones es superior al 90%, aunque en algunos casos puede bajar del 90%.
Hay una gran cantidad de aleaciones, pero las más utilizadas son unas 50, con propiedades y aplicaciones muy diferentes. **Por poner unos ejemplos**, el aluminio 8011 es el usado para el típico papel de aluminio para los bocadillos, pero para los blíster de medicamento es el 8079; en automoción, electrodomésticos y artillería se usa principalmente el 2011; en ingeniería aeronáutica y aeroespacial el 7075 (aunque también se usan otras); para puertas y marcos de ventana se usa el 6063 T4, T5 y T6 (Tx son distintos tratamientos térmicos); para las latas de refrescos se usa el 3104, pero para la tapa se usa el 5052 y la anilla 5182 (aunque la tapa puede usar también la 5182). Por cierto, el interior de la lata tiene una capa de barniz, denominado “barniz sanitario”, que forma un plástico que evita el contacto de líquidos ácidos que puedan atacar al aluminio y pasar este al contenido del bote, como tomates o bebidas ácidas.
Volviendo a las aleaciones del aluminio, hemos visto que son múltiples las posibles aleaciones del aluminio y de tratamientos de fabricación que dan como resultado final una gama variadísima de propiedades. Esto hace que experimentar para obtener una aleación con determinadas características mediante el método tradicional de ensayo-

error es un proceso largo y muy costoso. Actualmente se hace uso de sistemas de inteligencia artificial para predecir las mejores proporciones, anticipando así las posibles características de la aleación final antes de fabricarla y ponerla a prueba.

ALUMINIO LACADO Y ALUMINIO ANODIZADO.

El aluminio lacado permite añadir cualquier gama cromática al acabado de puertas o ventanas. Para conseguir este resultado, se opta por la técnica del lacado en polvo. Una vez desengrasado y limpio el aluminio, se aplica pintura en polvo y cargada positivamente sobre el aluminio cargado negativamente, luego se calienta en un horno para que se funda logrando así una capa uniforme de pintura.

El proceso de anodizado es un tratamiento superficial del aluminio que consiste en la formación de una **capa de óxido de aluminio** de forma controlada, mediante un proceso electrolítico en medio ácido, con ello se consigue una protección que dependerá en gran medida del espesor de esta capa de óxido. Como ejemplo, para ambientes interiores y suaves una capa de 5-7 µm es suficiente, para ambientes exteriores y duros unos 15 µm y para ambientes marinos y extremos 20 µm. Durante el proceso se puede colorear la capa de óxido formada mediante el uso de tintes u óxidos metálicos.

El aluminio anodizado da mayor protección y los colores son de aspecto metálico.

La superficie del aluminio lacado o anodizado no conduce la corriente eléctrica.

USOS DEL ALUMINIO EN POLVO. Se utiliza en la producción de muchos tipos de explosivos y fuegos artificiales (con efecto de chispas blanco-plateadas) y forma parte de combustibles sólidos para cohetes. También se usa en pinturas y tintas de impresión. Ya comenté que el aluminio tiene una fuerte tendencia a oxidarse, de forma que si el Al en polvo se mezcla con óxido de hierro (o de otro metal) produce una reacción, conocida como reacción de la termita, en la que **el Al se oxida a Al_2O_3 y reduce el Fe_2O_3 a Fe**, pero la reacción es tan fuertemente exotérmica que alcanza la temperatura de fusión del hierro, por lo que se emplea para soldaduras, por ejemplo de railes, haciendo la reacción sobre la unión de dos railes, así el Fe formado se funde y rellenará y soldará la unión.

ALUMINOSIS. Se denomina así a la lesión del hormigón debido al uso de cemento con alta concentración de alúmina que fraguaba más rápidamente que los cementos tradicionales, por lo que se llegó a utilizar mucho. Pero este cemento expuesto a temperaturas y humedades altas iba cambiando lentamente su estructura cristalina adquiriendo una mayor porosidad, con lo que con el tiempo perdia resistencia mecánica. Se empleó entre los años 50 y 80 del siglo XX.

RECICLADO DEL ALUMINIO. La obtención del aluminio implica la extracción de la bauxita de las minas, la obtención de alúmina a partir de la bauxita (proceso Bayer) y la electrólisis de la alúmina mediante el proceso Hall-Heroult. Se calcula que para conseguir una tonelada de aluminio se necesita extraer y procesar unas cuatro toneladas de bauxita. Esto comporta la generación de muchos residuos tóxicos, entre ellos barro cáustico, que contamina gravemente el medio, y también gran emisión de CO_2 durante la electrólisis que a su vez acarrea un elevadísimo consumo energético.

Una tonelada de aluminio reciclado ahorra la extracción de 4 t de bauxita, evita la emisión de 9 t de CO_2 del proceso de electrólisis y solo consume en el reciclado un 5% de la energía necesaria para obtener esa cantidad de Al en el proceso a partir de bauxita.