

laminar, radial o arriñonada, de color pardo, a veces negro pero casi siempre blanquecino o amarillo rojizo. Otros minerales son: el Carbonato o Calamina ( $ZnCO_3$ ), llamado también Gemina, Smithsonita o Espato de Zinc, en masas compactas arriñonadas. gris amarillentas, pardas, rojizas y hasta verdes. El silicato de Zinc, o Willenita la Frankinita (mineral de Hierro, Manganeso y Zinc) y la Zincita u óxido de Zinc ( $ZnO$ ).

**OBTENCION.**- Los minerales de Zinc son previamente sometidos a tostación o calcinación para obtener el Oxido de Zinc, el anhídrido sulfuroso desprendido en la tostación se emplea para obtener ácido sulfúrico. Los minerales no sulfurosos después de sometidos a tostación se someten a separación magnética, por la formación de ferritos de Zinc. El tratamiento metalúrgico puede ser por los tres métodos generales, es decir, por hidrometalurgia, Pirometalurgia y electrometalurgia. En el Método electrolítico el mineral tostado es lixiviado con ácido sulfúrico (obtenido del anhídrido sulfuroso desprendido) para obtener una solución de sulfato de Zinc, que se somete a electrólisis en cubas electrolíticas con ánodos de carbón, plomo u óxidos metálicos y cátodos de Zinc o Aluminio. En el caso de la solución de ferrita de Zinc, el Hierro, junto con el Arsénico, Antimonio y Silicio se precipita neutralizando con óxido de Zinc.

En el proceso pirometalúrgico el óxido de Zinc se reduce en presencia de un exceso de carbón, porque la reacción es reversible y el Zinc es separado por destilación ( $907^{\circ}C.$ ), calentando a  $1,100^{\circ}C.$ ; la operación se hace en retortas o en hornos de mufla, para evitar la reacción del Zinc con el Oxígeno o el Anhídrido carbónico, condensando los vapores por encima de  $420^{\circ}C.$  puede obtenerse Zinc líquido y abajo de esta temperatura se obtiene polvo de Zinc. El Zinc resultante está impurificado con Cadmio y plomo y se le llama "Spelte" pudiendo purificarse por cuidadosa redestilación en retortas o licuación en hornos de reverbero, en este caso las inclusiones oxidadas o no aleadas se van a la superficie, mientras que las aleaciones de plomo, hierro y cadmio, con el zinc, se van al fondo.

En el proceso electrotérmico la reducción se hace con cok en un horno eléctrico, actuando la carga como resistencia. El horno es un cilindro vertical de gran altura (11 m.) con tres electrodos arriba y tres abajo y la carga en medio, se calienta hasta  $1,200^{\circ}C.$ , formándose Zinc y óxido de carbón, los cuales pasan a un condensador de gres con Zinc líquido, condensándose los vapores de Zinc. Para este proceso el mineral tostado se somete a "Sintetización" calentándolo a  $1,600^{\circ}C.$ , en hornos de gas con una fuerte corriente de aire, removiendo de este modo parte de las impurezas (Cadmio y Plomo), antes de pasar al horno eléctrico.

**PROPIEDADES.**- Metal de color gris azulado, de brillo metálico intenso, fractura cristalina en forma de hojas exagonales, a  $160^{\circ}C.$  produce por flexión un ruido débil, semejante al "grito del estaño". Funde a  $420^{\circ}C.$ , su densidad es 7.14, su dureza es mayor que la del cobre, disminuyendo con adición de estaño y aumentando con otras impurezas, es algo frágil a temperatura ordinaria, pero a  $100-150^{\circ}C.$ , es dúctil y maleable, a  $200^{\circ}C.$ , se vuelve quebradizo y se puede pulverizar, su resistencia a la tensión es de 380 Kgs./cm<sup>2</sup>, pudiendo aumentar a 2,000 cuando se lamina. Al aire húmedo forma carbonato básico, perdiendo su lustre; a  $500^{\circ}C.$  se enciende con llama amarillo verdosa, dando Oxido de Zinc, al agua pura no se altera, pero si, en presencia de  $CO_2$  y amoníaco, en forma de polvo descompone al agua formando hidrógeno y al aire húmedo puede encenderse espontáneamente, es prácticamente soluble en todos los ácidos.

**USOS.**-Se emplea para proteger el fierro contra la corrosión, por medio del galvanizado, de lámina, tubos, alambres, etc., también se emplea para la obtención del latón y otras aleaciones, para piezas vaciadas (por su gran fluidez), para fabricación de pigmentos y en forma de cloruro para el galvanizado y como preservativo de la madera. Una parte, en lámina para techos, partes de máquinas, lavadoras, cubiertas de mesa y tuberías. Se emplea para base de metales pre-acabados, recubriéndolo con Cromo, Níquel, Cobre, etc. para fabricación de Artículos por estampado en 2 o 3 operaciones.

#### ALUMINIO.-

**ALUMINIO.**- Es uno de los elementos más abundantes, sus minerales más importantes son: la Bauxita y la Criolita. La Bauxita es una mezcla de hidróxido de Hierro y Aluminio con 40-50% de Alúmina, de color variable con el contenido de Hierro, usualmente formada por granulos embebidos en una masa de arcilla. Otros óxidos hidratados de Aluminio semejantes reciben nombres como Diasporo ( $Al_2O_3.H_2O$ ) e Hidrargirita ( $Al_2O_3.3H_2O$ ). En forma de óxido puro y cristalizado forma el "Corindón" que cuando es rojo se llama rubí y azul, Zafiro. La Criolita o Fluoruro de sodio y aluminio ( $3NaF.AlF_3$ ), se emplea como solvente de la Bauxita en la metalurgia del Aluminio, pero es muy cara y se prepara mejor artificialmente.

**OBTENCION.**- El único método de importancia comercial es el electrolítico. Consiste en someter a electrólisis la solución de Alúmina en criolita fundida, (a la cual se agregan diversas sales con fines variados (fluoruro de calcio, fluoruro de aluminio y cloruro de sodio), que se va añadiendo conforme se gasta en el proceso, La electrólisis se efectúa en cubas de hierro que actúan como cátodos, forradas interiormente de carbón y con ánodos de carbón suspendidos. La Alúmina empleada se prepara a partir de la Bauxita, la cual se muele y se digiere con solución de hidróxido de sodio en autoclaves, disolviéndose solamente el Aluminio en forma de aluminato de sodio y parte de la sílica, ésta última se precipita con adición de cal, antes del molido. El aluminato obtenido se filtra y se le añade hidróxido de Aluminio puro, precipitándose en forma de hidróxido, el cual se filtra y se calcina.

En la obtención del Aluminio se gastan enormes cantidades de energía eléctrica, por lo cual las plantas están colocadas en lugares donde aquella abunda, usualmente cerca de las caídas de agua o de plantas hidroeléctricas. El Aluminio obtenido tiene una pureza hasta de 99.5, pero puede refinarse aún más por medio de una nueva electrólisis (Método Hoopes).

**PROPIEDADES.**- Metal blanco brillante, semejante a la plata cuando puro, pero con un ligero matiz azulado el Aluminio comercial. Si se calienta a fusión y se deja enfriar lentamente, cristalizada en octaedros regulares, es sumamente ligero, con densidad de 2.7, lo cual lo hace sumamente útil. Es más duro que el Estaño y Zinc, pero más blando que el cobre, funde a  $658^{\circ}C.$ , si se calienta pierde su resistencia y se disgrega al sacudirlo poco antes de fundir, transformándose en una masa pastosa granular. Su resistencia y tenacidad aumentan con su pureza y abajo de  $98^{\circ}C.$  se vuelve frágil y quebradizo. Es muy dúctil y sumamente maleable (casi tanto como el oro), -- sus propiedades mecánicas son fuertemente influenciadas por los tratamientos térmicos o mecánicos, así, la resistencia a la tensión va



ría de 800 Kgs./cm.2 (15-25% de alargamiento en 2") para el vaciado, hasta 1,800 a 3,500 Kgs./cm.2 para el alambre. El trabajo en frío lo endurece excesivamente y debe ser templado repentinamente. Tiene una gran conductividad eléctrica y una gran ligereza y resistencia, en proporción a su peso. Cuando se calienta al aire se oxida fácilmente, formándose una capa de óxido de Aluminio que evita la continuación de la oxidación, en piezas delgadas o en polvo, arde con llama brillante, formando óxido de Aluminio. No es atacado por el vapor de agua, pero si por el agua cargada de sales, particularmente de Fierro y con especial energía en presencia de vestigios de otros metales (Hg, Cu, Fe, etc.) por la formación de un elemento galvánico. No es atacado por el ácido nítrico frío, sulfúrico diluido, y ácido clorhídrico cuando está puro, pero si en la forma comercial. Es un enérgico reductor, empleándose por esto en la obtención del acero, aleado con el fierro, se puede soldar con Flux de cloruro de Zinc.

USOS.- Después del fierro es uno de los metales más usados en la construcción, por su gran resistencia y ligereza, aleado con pequeñas cantidades de metales se utiliza para fabricación de lámina para techos, aviones, automóviles, aparatos químicos, etc., grandes cantidades se emplean para fabricación de utensilios de cocina. Al estado puro se emplea como sustituto del cobre, especialmente para alambres, varillas, etc., conductores de la corriente eléctrica, para conductores en los rotores de los motores y algo en láminas para equipo eléctrico. También para la fabricación de tuberías, para los procesos aluminotérmicos y la fabricación de bronce de Aluminio, en polvos finamente divididos para pinturas protectoras contra la corrosión y en litografía, para preparación de explosivos y en pirotecnia. Se está empleando para proteger el Fierro y Acero por inmersión, después de reducir la pieza con Hidrógeno (Alplate), para alambres, varillas y lámina. Recubierto con Cromo o con Níquel, forma metales pracalados para gran número de operaciones.

### ESTAÑO.-

MINERALES.- El único mineral de importancia es el Oxido de estaño, Cassiterita o piedra de estaño (SnO<sub>2</sub>), existente en arenas aluviales o en lodos en venas, en unas cuantas partes, sobre todo en los Estados Malayos, algunas islas Holandesas y en Bolivia. El mineral de depósitos aluviales es más rico y produce un metal más puro (Minerales asiáticos, Banca), esto es de importancia porque comercialmente la pureza del estaño depende de los yacimientos de que proviene.

OBTENCION.- La concentración previa del mineral es más importante que para otros metales. Los aluviales se concentran por lavados sucesivos, mientras que los de vena, que generalmente están impurificados con sulfuros, se someten después de quebrados y lavados al proceso de flotación y en muchos casos a tostación, para eliminar el azufre, arsénico y antimonio; los óxidos de cobre, bismuto y hierro se pueden eliminar lixivian-do el mineral tostado, con soluciones diluidas de ácido sulfúrico o clorhídrico o tostado con cloruro de sodio o carbonato de sodio.

El mineral ya concentrado se lleva a Altos hornos u hornos de reverbero, reduciendo con carbón y empleando fundentes apropiados. El estado fundido se puede refinar por oxidación emérgica, introdu---

ciendo madera verde en el baño o por métodos electrolíticos, usando un baño de ácido fluosilícico.

Gran cantidad de estaño puede recobrase de la escoria por métodos electrolíticos o químicos.

PROPIEDADES.- Se encuentra en dos formas alotrópicas,  $\alpha$  y  $\beta$ , -- cristalizadas respectivamente en el sistema cúbico y en el tetragonal. La forma  $\alpha$  o Estaño blanco es estable por encima de los 180°C., teniendo tendencia a cambiar a la forma  $\beta$ , (de color gris) cuando se enfría, aunque muy lentamente, aumenta a temperaturas abajo de 15°C. y es muy rápida a 48°C., por lo cual no puede emplearse en recipientes que se guarden a baja temperatura por largo tiempo. La transición aumenta con la presencia de material transformado (Peste de estaño). En presencia de pequeñas cantidades de impurezas se vuelve frágil por encima de 161°C., pudiendo convertirse en polvo. El estaño blanco es un metal blanco plateado, lustroso, extremadamente maleable, funde a 232°C. Es más duro, más dúctil y algo más resistente que el plomo, su resistencia y dureza disminuyen con algo de Arsénico o Antimonio. Su ductilidad depende de la temperatura de vaciado, su resistencia a la tensión varía de 175 a 350 Kgs./cm.2. Es pobre conductor del calor y la electricidad y cuando se dobla produce un sonido característico conocido como "Grito del Estaño", debido al deslizamiento de los cristales. Es sumamente resistente a la corrosión, empleándose para proteger lámina de fierro (estañado) en latas, botes, tubos, etc., aunque tiene la desventaja de que rompiéndose la placa ya no sirve, también se emplea para proteger otros metales. Por encima de su punto de fusión (231.8° C.) se oxida fácilmente, arriba de 1,500° C. se enciende y arde con llama blanca, Es atacado lentamente por los ácidos sulfúrico y clorhídrico diluidos en frío, con ácido nítrico concentrado forma nitratos insolubles hidrolizables con el agua.

USOS.- Se emplea para el estañado de lámina de Fierro (hoja de lata) y de lámina para techos (aleado con plomo). Para obtención de soldaduras, de metal Babbit y de bronce, algo en hacer alambres, tubos para pastas, metal blanco, reactivos químicos y lámina de estaño. Tiende a sustituirse, por su escasez cada vez mayor.

### NÍQUEL.-

OBTENCION.- El Níquel proviene casi enteramente de dos fuentes, del Distrito de Sudbury en Ontario Canadá y de la Isla de Nueva Caledonia, en Australia. En el primero se halla en forma de sulfuro, mezclado con cobre (3% de Ni y 2% de Cu) y fierro y en el segundo en forma de silicato (6.8% Ni). Para extraer el Níquel de los sulfuros se procede como en el caso del Cobre, concentrando y tostando el mineral y fundiéndolo con carbón y sulfato de sodio en un alto horno, la masa obtenida se separa en dos capas al soldificarse, la capa superior contiene sulfuro de cobre y sodio y la inferior parte del fierro que no se elimina en la escoria y algo de cobre. Se purifica por oxidación en un convertidor, para eliminar el hierro y por fusiones sucesivas, por electrolisis o por volatilización en forma de un compuesto orgánico de Níquel, para separarlo de las otras impurezas. Al tratar la "Mata" en el convertidor se obtiene óxido de Níquel, que puede ser reducido con carbón en tubos de fierro o en hornos de reverbero o reduciendo con Hidrógeno naciente (del gas de agua calentando a 300°C.).



**PROPIEDADES Y USOS.**- Es un metal blanco plateado, brillante, capaz de alcanzar un alto lustre, es casi tan duro como el acero suave y con algo de carbón es sumamente maleable, pero es menos dúctil que el acero suave, mejorando su ductilidad con la presencia de Magnesio. Es ferromagnético abajo de 360°C., funde a 1,452°C. y tiene una densidad de 8.85. Su resistencia a la tensión es de 700 Kgs./cm.2. cuando está laminado y templado y de 1,000 Kgs./cm.2 para alambre endurecido. Es muy resistente a la corrosión, comunicándole esta propiedad a los metales con los cuales forma aleaciones, se emplea por lo tanto para el niquelado de objetos de hierro, acero y otros metales y para la obtención de aleaciones.

**MAGNESIO.-**

**MINERALES.**- Es el séptimo metal más abundante en la costra terrestre, (2.1%). Los principales minerales son: Dolomita o carbonato de calcio y Magnesio (CaCO<sub>3</sub>.Mg CO<sub>3</sub>), Magnesita o carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>) y Carnalita o cloruro doble de Potasio y Magnesio (K Cl. MgCl<sub>2</sub>. 6H<sub>2</sub>O).

**OBTENCION.**- Se obtiene por los procesos del cloruro o del óxido. En el proceso del cloruro se somete a electrólisis una mezcla de cloruros de sodio, potasio y magnesio. El cloruro de magnesio usado se obtiene como subproducto de la purificación del cloruro de sodio. Los cloruros de sodio y de potasio se añaden para evitar su descomposición durante el calentamiento. La electrólisis se verifica en recipientes de hierro con cierre hermético, actuando las paredes como cátodo y con un ánodo de grafito dentro de un tubo de porcelana por el cual escapa el cloro. El Magnesio se deposita en el cátodo, elevándose a la superficie por su ligereza y eliminándose para refinarse fundiéndolo en el vacío o en presencia de fundentes (cloruro doble de sodio y magnesio) o destilándolo cuando se quiere muy puro. (1120°C).

**PROPIEDADES.**- Es el metal mas ligero usado en Ingeniería (e= 1.74 7/10 de la del Aluminio), más duro que el aluminio (DB=30. vaciado, y DB = 40, laminado). Se oxida rápidamente, en forma de polvo o cinta se enciende fácilmente al aire, dando gran cantidad de rayos ultravioleta, por lo que se usa en fotografía. En caliente es fuertemente reductor, usándose en este sentido en metalurgia (Ni). Es soluble en agua, ácidos y sales, pero no en álcalis, al aire húmedo se cubre de una capa protectora de hidróxido. Resiste menos a la corrosión que el aluminio, sobre todo cuando es impuro. Tiene un alto coeficiente de dilatación térmica y alta conductividad, enfriándose rápidamente, funde a 651°C. Puede ser soldado con técnicas especiales, es fácil de trabajar y alcanza un alto brillo. Tiene una resistencia semejante a la del aluminio (13,000 lbs/pulg.2), por lo cual lo sustituye en construcciones ligeras.

**USOS.**- Se emplea mucho en aleaciones con otros metales, excepto hierro y cromo (Al, Zn, Cd, Mn. y Cu.) usadas para construcciones ligeras (aviones, etc.), aleado con manganeso (2%) es resistente a la corrosión. En forma de polvo y mezclado con agentes oxidantes se emplea en fotografía (flash) y en pirotecnia.

**ALEACIONES.**

**GENERALIDADES.**- En la práctica moderna se requieren materiales metálicos que reúnan ciertas características que no se encuentran en los metales puros (aún cuando estos sufren modificaciones en su estructura cristalina que alteran sus propiedades mecánicas (alotropía) y que solamente pueden obtenerse por la influencia mutua de dos o más metales entre sí, en productos llamados "aleaciones". Una aleación se define como "una masa metálica coherente, producida por la asociación íntima de dos o más metales". Sin embargo en muchos casos se forman en un metal con un no metal, tales como: Carbón, Fósforo, Silicio, Boro, Azufre, etc., por ejemplo: Fierro-Carbón, y aun la introducción de algunos gases (nitrógeno, oxígeno, etc.) puede tener influencia marcada en las propiedades de un metal o aleación.

**ESTRUCTURA.**- Se considera que tanto los metales como las aleaciones están formadas por un agregado de granos o cristales de tamaño variable (.0001" a 1"), rodeados o cementados por delgadas películas de metal amorfo. La estructura de un metal o aleación puede observarse puliendo la superficie y tratándola con reactivos adecuados, se forman figuras características para cada aleación, que pueden ser observadas al microscopio y sirven para definir el tipo de aleación producido. Los compuestos de una aleación pueden quedar simplemente mezclados, como individuos químicos separados o existir combinados formando compuestos definidos, además, entre estos dos estados existen estados intermedios (soluciones sólidas), con dos o más formas distintas (frases).

**OBTENCION.**- En la obtención de aleaciones, el proceso más común es el de fusión de los constituyentes y vaciado en moldes, a veces se emplea el proceso de difusión, que consiste en someter el material metálico sólido a la acción de un material difusible (véase proceso de cementación), a temperaturas relativamente altas, por grandes períodos de tiempo. No debe creerse, sin embargo, que bastaría poner los elementos en la proporción indicada, para obtener una aleación definida, sino que tanto la determinación de la proporción conveniente, como la forma de proceder, dependen de varios factores que es necesario considerar. Con este objeto estudiaremos los tipos de aleaciones más comunes y las condiciones que regulan su equilibrio y formación.

**REGLA DE LAS FASES.**- Los cristales que forman una aleación pueden ser de una o varias clases, es decir, forman sistemas homogéneos o heterogéneos. Las partes diferentes entre sí, pero físicamente homogéneas se conocen con el nombre de "Fases", no importa si son sólidas, líquidas o gaseosas. La formación de estas fases alcanza un estado de equilibrio cuando no hay variación permanente (equilibrio real) o temporal (equilibrio falso), en el número final de fases. Hay una relación definida entre el número de fases en equilibrio, la temperatura y la concentración (variables) de los componentes, establecida por W. Gibbs con el nombre de Regla de las fases y que se representa para las aleaciones por la fórmula:

$$F - P = C - 1 \dots (7)$$

o sea: "El número de grados de Libertad (F), más el número de Fases