

La mayor parte son producidos por los tres primeros métodos.

Procesos.- Los polvos se mezclan en tambores giratorios o molinos de bolas, para uniformar el tamaño y el mezclado de los diferentes componentes. El polvo así obtenido se somete en moldes a la acción de una presión de 15 Tons/cm², generalmente a la temperatura ordinaria y solo algunas veces a elevada temperatura. Las piezas obtenidas se someten a un tratamiento térmico de "Sintetización" en hornos con atmósfera controlada o al vacío, con el objeto de difundir un componente en otro, de disminuir las impurezas y de la eliminación o absorción de gases. Si se quieren hacer piezas porosas se incorporan en la Mezcla sales o metales volátiles que desaparecen en éste último paso.

Propiedades.- Las piezas obtenidas son mucho más duras que las obtenidas por cualquier otro procedimiento, presentando sin embargo mayor ligereza, debido a la porosidad que presentan; ésta es la causa también de que la resistencia sea menor que la de piezas vaciadas o forjadas de la misma aleación, a pesar de lo cual, son de gran importancia en aplicaciones especiales. Se pueden obtener materiales poco porosos, semiporosos o porosos. Las piezas porosas, después de la sintetización, se introducen en aceite, pudiendo absorber hasta un 35% de su volumen y sirven para piezas que requieran lubricación.

Las piezas pueden obtenerse con dimensiones muy precisas, con una exactitud de 0.12 mm. A pesar de tener manipulación costosa (preparación de los polvos, dados, etc), la duración de las operaciones y el número de éstas, es menor que para los procesos ordinarios, requieren maquinaria menos complicada, dando piezas más baratas, sobre todo tratándose de piezas pequeñas (la economía aumenta conforme disminuye el tamaño de la pieza).

Usos.- Para herramientas de corte resistentes al desgaste, de metales de alto punto de fusión (tungsteno, molibdeno, tántalo) o de sus carburos, solos o en matriz de Cobalto o Níquel; para cojinetes, chumaceras, etc, de metales porosos conteniendo o no grafito. Para piezas de lubricación de bronce, porosas o semi-porosas; por su economía, para piezas pequeñas, tales como magnetos, contactos, partes de radio, abanicos, etc. En la obtención de formas compactas y en la producción de piezas de repuesto para maquinaria. Modernamente se emplea para la obtención de Pseudo-aleaciones, también se está empleando ya para la obtención de lámina de cobre en forma industrial.

V. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS O DE ACABADO.- Principalmente las piezas vaciadas, pero también las soldadas, se someten a procesos de acabado. En el caso de las primeras, una vez que se han sacado del molde, se sacuden en aparatos especiales cuando son pequeñas o se les tumba la tierra adherida mediante cinceles accionados por pistolas de aire. Las piezas ya limpias se someten a operaciones de desbarbado o rebabeado, quitándoles las partes salientes ó rebabas y las coladas, si son grandes, con mazo y si son pequeñas, con las mismas pistolas antes mencionadas. A veces se cortan en cortadoras de disco y tratándose de piezas de acero, con soplete o con Arco. Las piezas chicas una vez rebabeadas se someten a un tamboreado con trozos de acero Níquel o Acero endurecido para pulirlas o se limpian con arena ó municiones a presión, para acabar de quitar toda la arena residual.

C A P I T U L O V

METALES NO FERROSOS Y SUS ALEACIONES.

GENERALIDADES.- No todos los metales son de importancia industrial sino solamente unos 30 (son 70 los conocidos) y de estos pueden -- considerarse tres clases: Metales de importancia primaria, Metales de importancia secundaria y Metales para aleaciones. Entre los primeros se encuentran: el Hierro, Cobre, Zinc, Plomo, Estaño, Aluminio, Magnesio y Níquel. Entre los segundos están el Bismuto, Antimonio, Cadmio, Titanio, Berilio y Tántalo y entre los elementos para aleaciones: Cromo, Cobalto, Vanadio, Tungsteno, Molibdeno y Zirconio. En la última década ha aumentado notablemente la importancia del Tántalo, Titanio, Zirconio y últimamente del Berilio. Este último en la fabricación de aviones supersónicos, aparatos espaciales, cohetes y reactores nucleares.

DEFINICION Y PROPIEDADES.- Los metales, como ya se dijo anteriormente (véase Pág. 9, Cap. II), son elementos de carácter electropositivo que se depositan en el electrodo negativo en la Electrólisis. Tienen tendencia a reaccionar con elementos negativos formando sales (Cloruros, sulfuros, carbonatos, etc.) y con el oxígeno formando óxidos comunmente básicos, que reaccionan con el agua dando bases, por lo que es raro encontrarlos en la naturaleza al estado libre (Metales Nativos), hallándose en forma de dichos compuestos. Aparte de las propiedades mencionadas, poseen color característico, oscuro al estado de fin a división y variable al estado coloidal. Su tenacidad es generalmente mayor que la de los no metales. Tienen dureza, densidad y punto de fusión variables, pero generalmente elevados.

Para su estudio los metales se consideran divididos en dos tipos: I.- Metales no ferrosos, II.- Metales ferrosos (Cap. VI). Los metales no-ferrosos cambian sus propiedades con el trabajo mecánico, siendo menos afectados por los tratamientos térmicos que los ferrosos. Algunos son mas resistentes que éstos a la corrosión, -- porque los óxidos formados inicialmente forman una cubierta protectora, por esto los sustituyen en lugares en donde pueden ser afectados rápidamente por la corrosión y en donde se requiera ligereza-buena conductividad eléctrica o térmica, mejor apariencia, etc. -- Tienen una resistencia y un módulo de elasticidad menores que los-ferrosos.

C U A D R O II

Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P. Fus. °C	Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P Fus. °C
Aluminio	Al	2.76	660	Magnesio	Mg	1.75	650
Antimonio	Sb	6.76	630	Manganeso	Mn	7.43	1245
Berilio	Be	1.82	1,280	Molibdeno	Mo	10.20	2625
Bismuto	Bi	9.82	271	Níquel	Ni	8.90	1455

Cadmio	Cd	8.65	321	Tántalo	Ta	16.60	2,996
Cobre	Cu	8.90	1,083	Titanio	Ti	4.54	1,820
Cobalto	Co	8.90	1,495	Tungsteno	W	19.30	3,410
Cromo	Cr	7.19	1,890	Vanadio	V	6.0	1,735
Hierro	Fe	7.87	1,539	Zinc	Zn	7.33	419.46
Estaño	Sn	7.30	231.9	Zirconio	Zr	6.50	

A L U M I N I O .

MINERALES.- Aunque es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, tiene solo dos minerales aprovechables, la Bauxita y la Criolita. La Bauxita es una mezcla de hidróxido de Hierro y Aluminio, con 50%-60% de Alúmina (Al_2O_3), de color variable con el contenido de Hierro. La Criolita o fluoruro de sodio y aluminio ($3NaF \cdot AlF_3$), se emplea como solvente de la Bauxita en la metalurgia del Aluminio, pero es muy cara, por lo que se prepara mejor artificialmente.

OBTENCION.- El único método de importancia comercial es el electrolítico. Consiste en someter a electrólisis una solución de Alúmina en Criolita fundida, a la cual se agregan diversas sales con fines variados (fluoruros de calcio y aluminio y cloruro de sodio), reponiéndolas conforme se gastan 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 en autoclaves con solución de hidróxido de sodio, formando aluminato de sodio, al cual, después de filtrado, se le añade hidróxido de Aluminio fresco, precipitándose en forma de hidróxido, el cual se filtra y se calcina, dando la alúmina. En este proceso 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 gran pureza, hasta de 99.5%.

PROPIEDADES.- Metal blanco brillante, semejante a la plata cuando puro, pero con un ligero matiz azulado el comercial. Se distingue por su gran ligereza (2.7 grs/cc.) y su comparativamente alta resistencia, la cual varía con los tratamientos mecánicos, de 800 Kgs/cm² para el vaciado, a 1,800 o 3,500 Kgs/cm² para el laminado. Se endurece con el trabajo en frío. Otras propiedades de importancia son: su alta conductividad eléctrica y térmica, su resistencia a la corrosión atmosférica y su habilidad para alearse con otros metales, formando gran número de aleaciones útiles. La resistencia a la corrosión se debe a la formación de una capa de óxido de aluminio con el oxígeno del aire, sobre todo en caliente, que lo protege contra una mayor oxidación y contra el ataque de algunos áci-

dos y álcalis. En algunas aleaciones de aluminio se produce ésta película artificialmente, sujetando la aleación a la acción de una corriente eléctrica, esta operación se conoce con el nombre de "Anodizado", la película formada le da, no solamente protección contra sustancias corrosivas, sino que puede colorearse y pulirse, dando una bonita apariencia. Su resistencia a la corrosión disminuye con la presencia de impurezas. Funde a 658°C.; si se calienta pierde su resistencia y se disgrega al sacudirlo, transformándose en una masa pastosa granular; en piezas delgadas o en polvo, arde con llama brillante, formando óxido de Aluminio. No es atacado por el vapor de agua, pero sí por el agua cargada de sales, particularmente de Hierro y con especial energía en presencia de vestigios de otros metales (Hg, Cu, Fe, etc.), por la formación de un elemento galvánico. Al aire húmedo forma hidróxido de Aluminio, sobre todo en caliente, es prácticamente inafectado por el ácido sulfúrico diluido, pero el concentrado lo disuelve fácilmente. El ácido nítrico lo afecta muy poco, tanto diluido como concentrado, en cambio se ataca fácilmente por el ácido clorhídrico, con desprendimiento de hidrógeno. Es fácilmente atacado por los álcalis. Es un energético reductor, se puede soldar con Flux de cloruro de Zinc.

USOS.- Después del hierro 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, automoviles, aparatos químicos, etc. Modernamente para fabricación de piezas estructurales. Grandes cantidades se emplean para la fabricación de utensilios de cocina. Por su buena conductividad eléctrica y al estado puro, se emplea como sustituto del cobre, especialmente para alambres, varillas, conductores de la corriente eléctrica, etc. rotores de motores y algo en lámina para equipo eléctrico. Para la fabricación de tuberías. En soldadura para el proceso aluminotérmico de la termita; en polvo finamente dividido se usa para pinturas protectoras contra la corrosión y en litografía, para preparación de explosivos y en pirotécnia. Se está empleando para proteger el Hierro y el Acero por inmersión, después de reducir la pieza con Hidrógeno (Alplate), se emplea en gran número de aleaciones, muchas de ellas de importancia comercial. En forma de granalla se emplea como desoxidante del acero.

ALEACIONES DE ALUMINIO.- El aluminio puro es relativamente suave y débil y no es muy bien adaptado para propósitos estructurales y para piezas vaciadas, por lo cual es forzoso añadirle otros metales. Los elementos de aleación más comunes son: Cobre, Manganeso, Silicio y Magnesio, en menor proporción se usan también, el hierro, níquel, zinc, cromo y titanio. Una característica muy importante de las aleaciones de aluminio la constituye su gran ligereza, por lo cual han tenido una gran aplicación para las industrias automovilísticas y aerodinámicas. La resistencia necesaria se obtiene por la adición de cobre o zinc. Presentan además alta conductividad térmica y eléctrica y tienen apariencia agradable.

A.- Aleaciones Aluminio-Zinc.- Son las más baratas de las aleaciones ligeras. Las mejores (las más dúctiles y maleables) contienen menos de 15% de Zinc, se pueden usar contenidos hasta de 25%, para piezas que permitan cierto grado de fragilidad. Se emplean para piezas vaciadas, son fáciles de hacer y más duras y más fusibles que el Aluminio, conservando su ligereza.

B.- Aleaciones Aluminio-Cobre.- El cobre aumenta la resistencia y la dureza, pero causa una pérdida rápida de ductilidad. Se usa en proporción no mayor de 8%, para partes de autos y aviones, cajas de transmisión, lavadoras, pistones, etc. Algunas contienen algo de fierro o estaño (0.5 a 2%), este último se agrega para pistones; también suele sustituirse el cobre por algo de zinc (9 á 27% de zinc y 3 á 5% de cobre).

C.- Aleaciones Aluminio-Silicio.- Son semejantes a las anteriores, contienen de 5 á 12% de Silicio, presentan una disminución en el punto de fusión, pues forman aleaciones eutécticas, por lo cual son muy apropiadas por su fluidez para piezas vaciadas, especialmente cuando se requieren finos detalles o impresiones agudas. Tienen mayor resistencia a la tensión y a la corrosión que las de Cobre.

D.- Duraluminio.- Aleaciones de Aluminio con 3.5 a 4.5% de Cobre, con Manganeso y Silicio en proporciones de 0.5 a 1% de c/u., empleadas principalmente para piezas forjadas, sus propiedades varían con los tratamientos térmicos, se emplean para construcción de aviones y en general bajo condiciones en que se requieran piezas con la ligereza del Aluminio y la resistencia del Acero de bajo carbón.

C O B R E .

MINERALES.- Es uno de los pocos metales que pueden hallarse al estado libre o nativo, encontrándose en cantidades notables sobre todo en las rocas ígneas y en muchas sedimentarias, en Chile, Bolivia, Austria, Siberia, Montes Urales y en Estados Unidos. Puede encontrarse también al estado de óxido rojo o cuprita (Cu_2O), óxido negro o melaconita (CuO), carbonato verde o malaquita ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), de sulfuro o calcocita (Cu_2S) y de sulfuro de cobre y fierro ($FeCuS_2$).

OBTENCION.- Los minerales de cobre tienen generalmente un porcentaje muy bajo de metal (10 á 15%), por lo cual son primero concentrados, variando los métodos seguidos con la clase de mineral. El cobre nativo se tritura y se separa por flotación, antes de fundirlo en hornos de Reverbero o Manga, para vaciarlo en ánodos y someterlo a electrolisis. Los óxidos pueden fundirse con carbón y caliza (pirometalurgia) en hornos de cuba, mezclarse con los sulfuros, o disolverse directamente con ácido sulfúrico para someterlos a electrolisis.

Los sulfuros se concentran por flotación, se tuestan en un horno de reverbero de soleras múltiples, eliminándose el arsénico y el antimonio y oxidándose las 3/4 partes del Azufre. El mineral tostado se funde en hornos de Manga (mineral grueso), o de reverbero (fino), formándose la "Mata Negra" con 50% de cobre y que es una mezcla de sulfuros de hierro y de cobre.

La mata se lleva a convertidores horizontales, en donde se trata con aire en dos pasos de una hora c/u. En el primero, parte del sulfuro de cobre se transforma en óxido, el cual oxida al sulfuro de hierro, reaccionando el óxido formado, con la sílice, para dar escoria de silicato de hierro, que se elimina. En el segundo, el resto del sulfuro de cobre o "Mata Blanca" se oxida con el aire y el óxido de cobre presente, dando cobre libre, el cual, al ser vaciado y solidificarse, queda con gran cantidad de ampollas, por el escape del anhídrido sulfuroso, por lo que se le llama "cobre ampollado".

Este cobre se refina fundiendolo en hornos de reverbero, con madera verde como reductor o por el método electrolítico, en el cual, el cobre bruto, usado como ánodo, se disuelve lentamente en la solución sulfúrica de sulfato de cobre y se deposita en el cátodo de cobre puro. En las impurezas que quedan en los lodos anódicos pueden aprovecharse la plata, el oro, el platino, el bismuto, etc.

PROPIEDADES.- Metal comparativamente suave y dúctil, de átomos centrados, color rojo, densidad 8.9 y punto de fusión $1,083^\circ C$. A temperaturas cercanas a su punto de fusión se vuelve muy frágil, pulverizándose fácilmente; es muy dúctil, pudiendo estirarse en hilos de 0.03 mm. Es el mejor conductor del calor y la electricidad de los metales baratos, dependiendo su conductividad del grado de pureza, La presencia de cantidades pequeñísimas de impurezas la bajan notablemente, de aquí que se requiera el uso de Cobre electrolítico. Tiene gran resistencia a la corrosión atmosférica, al agua de mar y al ataque de gran cantidad de reactivos químicos. Al aire húmedo y en presencia del anhídrido carbónico del aire, se cubre de una capa de carbonato básico, de color verde. Su resistencia a la tensión varía notablemente según el tratamiento a que se haya sujeto; laminado en caliente tiene 500-550 Kgs/cm², con un alargamiento de 50%, mientras que tratado en frío presenta más de 1,400-Kgs/cm², con un alargamiento de 30%.

USOS.- Se emplea principalmente para propósitos eléctricos, en forma de alambre, corchas, electrodos, piezas de motores, etc, una cuarta parte en la obtención de aleaciones (bronces, latones) y una pequeña parte en lámina para techos o en tubos para condensadores, evaporadores, etc. por su gran resistencia a la corrosión y su buena conductividad térmica. Para recubrir otros metales mas oxidables (Cobrizado) ya sea solo o como base para el cromado y niquelado en la fabricación de piezas para automóviles. (15%) para te las metálicas.

A L E A C I O N E S D E C O B R E

A.- Latones.- Aleaciones Cobre-Zinc, los más valiosos contienen 60 á 90% de Cobre y 10 á 40% de Zinc; hasta 35% de Zinc, forman una solución sólida de cristales centrados en las caras; con más de 35% en caliente y 39% en frío, el diagrama de equilibrio se vuelve complejo, por lo cual estas aleaciones no se usan. Son de color generalmente amarillo, resistentes a la corrosión, dúctiles y maleables. Se emplean para lámina, alambres, tubos para condensadores y calderas y artículos vaciados (válvulas, poleas, etc.).

B.- Bronces.- Aleaciones Cobre y Estaño, con menos de 16% de este último forman una solución sólida, los más comunes en la práctica contienen de 8 á 10% de Estaño; con más de 16% presentan diagrama mas complejo que los Latones, por formación de varias soluciones sólidas y un compuesto químico, por lo cual estas aleaciones no se usan en la práctica. Su dureza y resistencia mecánica aumentan con la proporción de Estaño, en cambio, la ductilidad disminuye con un contenido del mismo mayor de 5%. A menudo se añade Zinc (2-4%) para aumentar la ductilidad, la resistencia y la fluidez. Aleado con el plomo forma metales para cojinetes y chumaceras. Los bronces tienen una enorme cantidad de aplicaciones, modificando sus propiedades con la adición de otros elementos, como: Fósforo, Manganeso, Níquel, etc, recibiendo los nombres de Bronces Fosfora-