

ASIGNATURA: CIENCIA DE LOS MATERIALES

AÑO: 3ero CURSO DIURNO INGENIERÍA MECÁNICA.

PLAN DE ESTUDIO: E
CONTENIDOS BÁSICOS



TEMA II: Materiales empleados en la industria metal - mecánica moderna.

TEMÁTICA 2.4. Aleaciones no ferrosas. El Aluminio y sus aleaciones. El Cobre y sus aleaciones. Materiales Antifricción.

OBJETIVOS:

1. Caracterizar al aluminio y sus aleaciones de uso más común en la industrial mecánica y de construcción de maquinarias.
2. Diferenciar el campo de empleo del aluminio y sus aleaciones en dependencia de sus características de composición química.
3. Caracterizar al cobre y sus aleaciones de uso más común en la industrial mecánica y de construcción de maquinarias.
4. Diferenciar el campo de empleo del cobre y sus aleaciones en dependencia de sus características de composición química.
5. Caracterizar las aleaciones antifricción de uso más común en la industrial mecánica y de construcción de maquinarias.
6. Diferenciar el campo de empleo de las aleaciones antifricción en dependencia de sus características de composición química.

DESARROLLO

Materiales metálicos. Aluminio

El Aluminio es un metal moderno, con algo más de 100 años de vida, e interviene de alguna forma en todas las realizaciones y actividades de la humanidad. Precisamente aquellas que se consideran más avanzadas técnicamente. El futuro se vislumbra también con una gran expansión de su producción, basándonos en las ventajas que ofrece su consumo.

El aluminio es un metal plateado muy ligero. Su masa atómica es 26,9815; tiene un punto de fusión de 660 °C, un punto de ebullición de 2.467 °C y una densidad relativa de 2,7. Es un metal muy electropositivo y extremadamente reactivo. Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva. Por esta razón, los materiales hechos de aluminio no se oxidan. El metal reduce muchos compuestos metálicos a sus metales básicos. Por ejemplo, al calentar termita (una mezcla de óxido de hierro en polvo y aluminio), el aluminio extrae rápidamente el oxígeno del hierro; el calor de la reacción es suficiente para fundir el hierro.).

Entre los compuestos más importantes están el óxido, el hidróxido, el sulfato y el sulfato mixto. El óxido de aluminio es anfótero, es decir, presenta a la vez propiedades ácidas y básicas. El cloruro de aluminio anhidro es importante en la industria petrolífera. Muchas gemas (el rubí y el zafiro, por ejemplo) consisten principalmente en óxido de aluminio cristalino.

Clasificación

Existen muchos tipos de aluminio distintos que se comercializa en el mercado de la recuperación, pero se pueden agrupar básicamente en cuatro:

Los productos laminados: Planchas de construcción, planchas de imprentas, papel de aluminio, partes de carrocerías de vehículos.

Los extrusionados: Perfiles para ventanas, piezas para vehículos.

Los aluminios moldeados ya sea por gravedad o por inyección: Piezas para motores, manubrios de las puertas, etc.

Los trefilados: Para la fabricación de cables y otros usos.

La industria también clasifica el aluminio en primario, cuando se extrae de su mineral bauxita, y de segunda fusión, cuando su materia prima básica son las chatarras y recortes de aluminio provenientes de aluminio ya usado y de recortes de fabricación.

A la hora de comercializar con el aluminio, hay que tener en cuenta los factores que influyen en su precio. El más cotizado será siempre el material más puro, como es el caso del aluminio cable, que contiene un 99,7% de pureza, por lo que se puede destinar para cualquier otro uso. Es decir, cuanto más puro es el material, más salidas puede obtener. El precio está condicionado, además, por los diferentes materiales aleados que contiene la chatarra.

También una parte del aluminio recuperado, en efecto, puede tener revestimientos, lacados, etc., con lo que su precio es más bajo por el efecto de las mermas y por los sofisticados sistemas de filtrado de humos que encarecen el reciclado. También hay que tener en cuenta que el aluminio está sujeto a la cotización de la Bolsa de Metales de Londres o LME y del dólar diariamente.

Este hecho condiciona también el proceso del reciclaje, ya que cuando los precios caen se recupera menos material. En cualquier caso, gracias a que cotiza en Bolsa (LME), el del aluminio es un mercado abierto, por lo que los precios son los mismos en cualquier parte del mundo. Eso sí, la ley de la oferta y la demanda, como en cualquier otro sector, es la que dicta las pautas en cada momento.

Influencia de los T.T y T.M en las Prop. Mec.

Deformación en frío: La resistencia a la tracción, el límite elástico 0,2% y la dureza aumentan por deformación en frío, mientras que el alargamiento a la rotura y la estricción a la rotura, disminuyen. Se reconoce en ella que el límite elástico 0,2% sube con la deformación en frío más fuertemente que la resistencia a la tracción, aproximándose cada vez más a esta de modo que se llega casi a una rotura por fragilidad sin deformación, lo que supone que la deformación en frío tiene sus limitaciones. El comportamiento en cuanto al aumento de resistencia por deformación en frío depende de la composición. También juegan un papel importante el estado de la estructura antes de la deformación y el tipo de deformación, la velocidad y la temperatura de trabajo.

Mediante la deformación en frío se pueden modificar también otras características como la conductividad eléctrica, que disminuye muy poco. La influencia de una deformación en frío sobre la resistencia a la corrosión es escasa.

Ablandamiento: Mediante recocido a elevadas temperaturas se elimina la acritud en los metales deformados en frío, lo que supone, que el aumento de la resistencia conseguida con la deformación en frío, se puede aminorar en mayor o menor medida. Una eliminación total de la acritud hasta conseguir el estado inicial se produce cuando el recocido se realiza a temperaturas por encima del umbral de la recrystalización. A temperaturas por debajo de este umbral aparece solamente una eliminación parcial del ablandamiento (regeneración). Bajo estas circunstancias se supone que comienza la recrystalización a unos 240 °C. El curso exacto de la curva de ablandamiento depende, además del material, muy fuertemente del nivel de la deformación en frío sufrida. Otras magnitudes que influyen son: el tiempo de recocido, la velocidad de calentamiento y el estado de la estructura antes de la conformación, es decir, los tratamientos térmicos y mecánicos sufridos, a los que se le puede añadir el procedimiento de fundición que se haya seguido en el material de partida.

Recocido de ablandamiento, estabilización: El recocido de ablandamiento sirve para transformar materiales a un estado de resistencia muy baja y alto alargamiento. Se realiza de ordinario para facilitar trabajos de conformación o para hacerlos posible. En los materiales endurecidos en frío, el recocido de ablandamiento consiste en un recocido de recristalización, habiendo de tenerse en cuenta el tamaño de grano, la duración del recocido, el nivel del grado de deformación en frío y los recocidos intermedios.

Normalizado: El normalizado sirve para la eliminación de tensiones propias, que pueden surgir debido a un rápido enfriamiento de las piezas al colarlas, por enfriamiento rápido después del proceso de endurecimiento o por trabajo mecánico. Debido a las tensiones propias, pueden producirse deformaciones en las piezas.

Las temperaturas a aplicar en el normalizado térmico son relativamente bajas, ya que de otro modo hay que contar con una merma de la resistencia mecánica no tolerable.

El tratamiento de normalizado es tanto más activo cuando más alta es la temperatura y más largo el tiempo de recocido, aunque deben tenerse en cuenta las posibles modificaciones permanentes de las propiedades del material. El normalizado debe realizarse siempre antes de mecanizar la pieza o al menos antes de la última operación, debido a que está ligada a una deformación permanente.

Recocido total, homogeneización: Con los recocidos totales se pretende conseguir una eliminación de las tensiones propias del producto fundido, un equilibrio de los granos segregados y una disolución de los constituyentes estructurales eutécticos en los bordes de los mismos. Además el recocido total sirve con frecuencia para conseguir una disgregación regular de elementos disueltos en estado de sobresaturación, especialmente Mn y Fe, que influyen sobre el comportamiento en la recristalización y en la confortabilidad en caliente. Finalmente en las aleaciones endurecibles se consigue disolver los elementos de aleación que provocan el endurecimiento. Estos se depositan de nuevo, en el siguiente enfriamiento, que no suele ser rápido. Además si se realiza correctamente el proceso, la distribución tiene lugar de tal forma que, mediante un temple posterior, la disolución tiene lugar de forma rápida y total.

El recocido total puede colaborar, por lo tanto, a la disminución de las fuerzas necesarias para la conformación en caliente, a una tendencia hacia el ablandamiento uniforme y recocido de ablandamiento y a un mejoramiento de la conformabilidad en frío.

Endurecimiento por precipitación Envejecimiento: Es el tratamiento térmico más importante que se aplica a las aleaciones de aluminio. Este tratamiento eleva notablemente la resistencia mecánica de las aleaciones de aluminio endurecibles por tratamiento térmico.

El endurecimiento por precipitación tiene lugar, fundamentalmente en tres fases:

1. Por calentamiento a temperatura elevada se disuelven en la solución sólida de aluminio la mayor parte de los componentes de la aleación, que provocan el endurecimiento (recocido de disolución).
2. Por enfriamiento rápido, la solución sólida, enriquecida en estos componentes de la aleación se transforma, en primer lugar, en un estado sobresaturado (temple).
3. Por permanencia, a la temperatura ambiente o a una temperatura más elevada, se producen precipitaciones de la solución sólida sobresaturada, que provocan un aumento de la resistencia a la tracción, del límite elástico 0,2% y de la dureza (envejecimiento o maduración).

Obtención.

El mineral del cual se puede obtener aluminio comercial se llama BAUXITA, la cual regularmente puede ser encontrada en minas de depósito abierto, para lograr uniformidad en el material se tritura y con agua a presión se lava para eliminar otros materiales y sustancias orgánicas. Posteriormente el material se refina para obtener a la alúmina, lo que ya es un material comercial de aluminio con el que se pueden obtener lingotes por medio del proceso de fundición.

En cuanto a la bauxita: Existen numerosos depósitos de bauxita principalmente en la zona tropical y subtropical del mundo y también en Europa. Forman estratos o bolsas que se encuentran generalmente a 12 metros o más abajo del suelo o de una cubierta de vegetación. La clase de bauxita comercial debe de contener al menos 40% de óxido de aluminio. La bauxita es generalmente extraída por una mina de tiro abierto. La cubierta se quita, se remueve la bauxita y se transporta a la refinería. Una vez que la extracción haya sido terminada, la capa del suelo y la vegetación se reemplazan. En Brasil y Australia, por ejemplo, hay programas de plantación y conservación que ayudan a la vegetación a regenerarse por sí misma.

Dos de tres toneladas de bauxita son requeridas para producir una tonelada de alúmina dependiendo de la clase de bauxita.

En cuanto a la alúmina: La bauxita es refinada en alúmina usando el proceso Bayer.

La bauxita se lava y se disuelve en sosa cáustica (hidróxido de sodio) a una presión y temperatura alta. El resultado es un licor que contiene una solución de aluminato de sodio y residuos de bauxita sin disolver que contienen hierro, silicio y titanio. Estos residuos se hunden gradualmente hasta el fondo del tanque y son removidos. Son comúnmente conocidos como "barro rojo".

La solución clara de aluminato de sodio es bombeada a un tanque muy grande llamado precipitador. Las partículas finas de alúmina son agregadas para despepear la precipitación de partículas de alúmina puras mientras que el licor se enfría. Las partículas se hunden hasta el fondo del tanque y son removidas y luego se pasan a un calcinador rotador o fluidizador a 1100°C para apartar el agua que está combinada. El resultado es un polvo blanco, alúmina pura. La sosa cáustica se regresa al principio del proceso y se vuelve a utilizar.

Dos toneladas de alúmina se requieren para producir una tonelada de aluminio.

Propiedades

Ligero, resistente: El aluminio es un metal muy ligero con un peso específico de 2,7 g/cm³ un tercio el peso del acero. Su resistencia puede adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación.

Muy resistente a la corrosión: El aluminio genera de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión. Los diferentes tipos de tratamiento de revestimiento pueden mejorar aún más esta propiedad. Resulta especialmente útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación.

Excelente conductor de la electricidad: El aluminio es un excelente conductor del calor y la electricidad y, en relación con su peso, es casi dos veces mejor que el cobre.

Buenas propiedades de reflexión: El aluminio es un buen reflector tanto de la luz como del calor. Esta característica, junto con su bajo peso, hacen de él, el material ideal para reflectores, por ejemplo, de la instalación de tubos fluorescente, bombillas o mantas de rescate.

Muy dúctil: El aluminio es dúctil y tiene una densidad y un punto de fusión bajos. Esta situación de fundido, puede procesarse de diferentes maneras. Su ductilidad permite que los productos de aluminio se fabriquen en una fase muy próxima al diseño final del producto.

Completamente impermeable e inocuo: La lámina de aluminio, incluso cuando se lamina a un grosor de 0,007 mm. Sigue siendo completamente impermeable y no permite que las sustancias pierdan ni el más mínimo aroma o sabor. Además, el metal no es tóxico, ni desprende olor o sabor.

Totalmente reciclable: El aluminio es cien por cien reciclable sin merma de sus cualidades. El refundido del aluminio necesita poca energía. El proceso de reciclado requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial.

Propiedades mecánicas

Dureza: La mayoría de las veces se da en los materiales de aluminio la dureza Brinell, a causa de la sencillez de su determinación. Los valores de la dureza Brinell se extienden desde HB=15 para aluminio purísimo blando hasta casi HB=110 para AlZnMgCu 1,5 endurecido térmicamente, es decir, aleación 7075. Los valores de la dureza determinados por otros métodos, como el Vickers o el de Knoop, apenas tienen significado práctico en este metal. De vez en cuando se utiliza la micro dureza, una variante del método Vickers, para determinar la dureza de capas anodizadas.

Resistencia en el ensayo de tracción: Los importantísimos valores característicos que se obtienen en el ensayo de tracción para juzgar las propiedades resistentes de los materiales

metálicos en general, son aplicables a los materiales de aluminio. Generalmente estos valores son el límite elástico 0,2%, la resistencia máxima a la tracción, el alargamiento a la rotura, así como la estricción de ruptura.

En general, la resistencia aumenta con el aumento en elementos de aleación. Los dominios de la resistencia en cada aleación surgen, ante todo, como consecuencia de los aumentos de resistencia que se consiguen por deformación en frío o endurecimiento por tratamiento térmico

Al aumentar la resistencia, aumenta el límite 0,2% más deprisa que la resistencia a la tracción, independientemente del mecanismo que motive el aumento de la resistencia. Este aumento se nota especialmente cuando el aumento de resistencia tiene lugar por deformación en frío. En general no se desean altas relaciones entre los límites elásticos (límite 0,2% y resistencia máxima) ya que expresan un comportamiento relativamente quebradizo del material, razón fundamental por la que no se puede aumentar de forma arbitraria la resistencia de un material metálico.

Resistencia a la compresión, a la flexión, al corte y a la torsión: En los materiales aluminicos se puede admitir que el valor del límite de aplastamiento 0,2% (parámetro de la resistencia a la compresión) es igual al valor del límite elástico 0,2% de tracción. La resistencia a la compresión o el límite de aplastamiento 0,2% tienen importancia principalmente en las piezas sometidas a compresión tales como cojinetes de fricción.

La resistencia a la flexión en las aleaciones de aluminio se tiene en cuenta para las de fundición, en aquellos casos en que, al realizar el ensayo de tracción no es posible determinar el límite elástico con suficiente exactitud a causa de su pequeño valor.

La resistencia al cizallamiento es importante para el cálculo de la fuerza necesaria para el corte y para determinadas construcciones. No existen valores normalizados. Generalmente está entre el 55 y 80 % de la resistencia a la tracción.

Casi nunca se determina la resistencia a la torsión, si se considera una distribución lineal de tensiones, puede considerársela igual a la resistencia al cizallamiento.

Propiedades resistentes a temperaturas elevadas: Al aumentar la temperatura, disminuyen la resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza, en tanto que, en general, aumenta el alargamiento de rotura y la estricción de rotura. El factor tiempo juega un papel esencial en la determinación de valores de resistencia para altas temperaturas. Esta influencia se exterioriza de dos maneras:

Cambios de estado: Bajo la influencia de temperaturas elevadas se pueden producir modificaciones permanentes en la estructura de los materiales que han experimentado endurecimiento por deformación en frío, estas traen consigo una disminución de la resistencia mecánica.

Procesos de fluencia: A temperaturas elevadas el material puede experimentar deformaciones lentas bajo la acción de cargas en reposo, aumentando la velocidad en el cambio de forma con el incremento de la temperatura y de la tensión. Al mismo tiempo pueden surgir tensiones por debajo de la resistencia a la tracción o del límite elástico 0,2%.

Características de resistencia a bajas temperaturas: El comportamiento de los metales a bajas temperaturas depende fundamentalmente de la estructura de su red cristalina. El aluminio con su red FCC (o CCC) tiene la misma estructura que el cobre, el níquel o los aceros austeníticos, por eso no se presentan nunca en las aleaciones de aluminio a temperaturas bajas las complicaciones (rápido descenso de la resiliencia, entre otras) que tienen lugar en los metales BCC, sobretodo en los aceros ferríticos.

Resistencia a la fatiga: La fatiga depende de una serie de factores. Además de la composición, estado y procedimiento de obtención del material, hay que considerar la clase y frecuencia de las solicitaciones y, especialmente, la configuración de los elementos constructivos (distribución de fuerzas, tensiones máximas, superficie). La denominación "resistencia a la fatiga" se utiliza como concepto genérico para todos los casos de solicitud alternativas.

Para el aluminio el límite de ciclos de carga está fijado en 10. Los ensayos se hacen casi siempre con 5 10 ciclos. Los resultados de los ensayos de fatiga alternativa presentan siempre una dispersión que no se disminuye aunque se utilicen métodos más precisos de medición. Se deben, principalmente, a contingencias casuales que intervienen al originarse la primera fisura y prosiguen en las fases iniciales de su expansión.

Influencia del material: La resistencia a la fatiga se aumenta mediante la formación de soluciones cristalinas, la conformación en frío y el endurecimiento. En las aleaciones de aluminio para laminación y forja existe una clara diferencia entre las no endurecibles y las endurecibles.

Influencia de la sollicitación: Al juzgar los valores de la resistencia a la fatiga se ha de tener en cuenta el tipo de sollicitación (tracción, compresión, flexión alternativa o rotativa)y, ante todo, la posición de la tensión media o la relación de tensiones respectivamente. Además, se ha de observar atentamente si se da la amplitud de resistencia a la fatiga o a la máxima tensión superior.

Además de los anteriores factores, también influyen en la resistencia a la fatiga, los máximos de tensión o efectos de entalladura, el estado superficial y del ambiente, la soldadura y la temperatura.

Mecánica de la rotura. Tenacidad: El comportamiento en cuanto a la resistencia a la rotura de un material es importante. En los elementos de construcción se presupone que existen siempre fisuras de un determinado tamaño y que se dimensionan los elementos de tal modo que estas fisuras no sobrepasan una magnitud crítica, dentro de un período de vida previsto y sobre todo, que no aumenten de modo inestable. La carga puede ser monótona estática u oscilante. También se puede tener en cuenta la carga de fluencia (método más apropiado para los materiales de aluminio) o las grietas de corrosión bajo tensión.

El valor característico utilizado con más frecuencia es el de la tenacidad a las fisuras K , definido para el estado de tensiones uniforme como la concentración de tensiones crítica en la punta de la fisura, que ocasiona la continuación del crecimiento de la misma. Los valores altos de K significan alta tenacidad, siendo favorables, cuando también son elevados los valores de resistencia a la tracción y el límite elástico.

Entre los valores de resistencia habituales obtenidos del ensayo de tracción y la tenacidad a las fisuras no existe, en general, ninguna dependencia. Desde el punto de vista cualitativo, la tenacidad a las fisuras desciende al aumentar la resistencia. El objetivo de la investigación de los materiales es desarrollar los que tengan más resistencia y al mismo tiempo mayor tenacidad a la rotura.

Resistencia al desgaste: La resistencia a la abrasión o al desgaste de los materiales de aluminio es particularmente baja en el rozamiento en seco. No existe relación entre dureza y resistencia mecánica por un lado y resistencia a la abrasión por el otro.

Los materiales de aluminio sometidos a rozamiento, en determinadas circunstancias de funcionamiento, muestran un comportamiento aceptable como prueban las numerosas aplicaciones que tienen en cojinetes de fricción y émbolos. Debe mencionarse también que el desgaste se puede reducir drásticamente por un tratamiento superficial apropiado.

ALEACIONES DE ALUMINIO:

El aluminio y sus aleaciones se caracterizan por la relativamente baja densidad (2,7 g/cc), elevadas conductividades eléctricas y térmicas y resistencia a la corrosión en algunos medios, incluyendo el atmosférico. A muchas de estas aleaciones se les puede dar forma diferente con facilidad debido a su alta ductilidad; esto es evidente en el aluminio puro que se puede convertir en papel y enrollar. El aluminio tiene una estructura cúbica centrada en las caras y es dúctil incluso a temperatura ambiente. La principal limitación del aluminio es la baja temperatura de fusión 660°C que restringe su campo de aplicación.

La resistencia mecánica del aluminio se logra por acritud o por aleación; sin embargo ambos procesos disminuyen la resistencia a la corrosión. Los principales elementos de aleación son el cobre, magnesio, silicio, manganeso y zinc.

Algunas de las aplicaciones más comunes de las aleaciones de aluminio son: partes estructurales de los aviones, latas para bebidas refrescantes, partes de la carrocería de los autobuses y de los automóviles (culatas, pistones, y colectores de escape)

Actualmente se presta mucha atención a las aleaciones de aluminio y de otros metales de baja densidad (Mg,Ti) como materiales utilizados en los transportes, debido al efecto de ahorro de combustible.

Una importante característica de estos materiales es la resistencia específica, cuantificada como la relación entre resistencia a la tracción y densidad. Aunque una aleación de estos metales tenga una resistencia a la tracción inferior a la de un material más denso (acero), para un peso determinado puede aguantar una carga mucho mayor.

Endurecimiento por precipitación (envejecimiento): El proceso del endurecimiento se usa para aumentar la solidez de muchas aleaciones de aluminio y otros metales. El objeto del endurecimiento por precipitación es crear, en una aleación tratada térmicamente, una densa y fina dispersión de partículas precipitadas en una matriz de metal deformable. Las partículas precipitadas actúan como obstáculos al movimiento de las dislocaciones, y de ese modo consolidan la aleación tratada térmicamente.

Al envejecimiento de la aleación a temperatura ambiente se le denomina envejecimiento natural, mientras que el envejecimiento a elevadas temperaturas se denomina envejecimiento artificial.

Aleaciones de aluminio forjado: Las aleaciones de aluminio en formas usuales para forja son clasificadas de acuerdo con los elementos aleantes principales que contenga la aleación. Para identificar las aleaciones de aluminio forjado se utiliza una designación numérica de cuatro dígitos. Las aleaciones de Aluminio para forja pueden ser divididas en dos grupos:

- Aleaciones no tratables térmicamente.
- Aleaciones tratables térmicamente.

Las aleaciones de aluminio no tratables térmica-mente no pueden ser endurecidas por precipitación y solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia.

Algunas aleaciones de aluminio para forja tratables térmicamente pueden ser endurecidas por precipitación con tratamientos térmicos.

Estudio de la aleación intermetálica aluminio-níquel: La aleación intermetálica de aluminio y níquel (Ni_3Al) ofrece también perspectivas de operación a altas temperaturas y con buen rendimiento termodinámico.

El interés de ese producto deriva de su estructura cristalina, ordenada y extensa. Los átomos de ambos componentes metálicos, níquel y aluminio, no se mezclan aleatoriamente. Aparece un orden propio, en el que dos subredes, una constelación de átomos de aluminio, se imbrican mutuamente. Se obtiene así un material de alta estabilidad, resistente a la corrosión y oxidación, y de gran fortaleza mecánica a altas temperaturas. De hecho, su punto de deformación aumenta con la temperatura. Lo que ha impedido una aplicación más amplia del aluminio de níquel es que la forma comercial policristalina de la aleación presenta escasa ductilidad. Entre los granos cristalinos aparecen fracturas antes de que éstos se deformen y sanen el defecto. Trabajos recientes demuestran que un control cuidadoso de las

Proporciones de níquel y aluminio, y la adición de pequeñas cantidades de boro, en un proceso de micro aleación, aumentan la cohesión de los granos, hasta el extremo de que las roturas, si se producen, lo harán en el interior de los propios granos. Por otra parte, esos trabajos muestran que la sustitución de aluminio por hafnio vigoriza intensamente la fuerza de la aleación y coloca el punto de resistencia máxima a una temperatura de 850°C.

Aleaciones de aluminio para fundición: Las aleaciones de aluminio son fundidas principalmente por tres procesos: fundición de arena, molde permanente y fundición en coquilla.

Fundición de arena: Es el más sencillo y versátil de los procesos de fundición del aluminio. Es normalmente elegido para la producción de:

- Cantidades pequeñas de piezas fundidas idénticas.
- Piezas fundidas complejas con núcleos complicados.
- Grandes piezas fundidas
- Piezas fundidas para la construcción.

La mayor parte de estas aleaciones están basadas en sistemas de aluminio-cobre o aluminio-silicio, con adiciones para mejorar las características de fundición o de servicio. Entre las aleaciones aluminio-cobre, la que contiene 8% de cobre ha sido usada por mucho tiempo como la aleación para fines generales, aunque las adiciones de silicio y hierro, mejoran las características de la fundición por que la hacen menos quebradiza en caliente; la adición de zinc, mejora su maquinabilidad.

Las aleaciones con 12% de cobre son ligeramente más resistentes que las de 8%, pero considerablemente menos tenaces. Las aleaciones de aluminio-silicio son de gran aplicación por sus excelentes cualidades para la fundición y su resistencia a la corrosión; no son quebradizas en caliente y es fácil obtener con ellas fundiciones sólidas en secciones gruesas o delgadas, la más comúnmente utilizada es la que contiene 5% de silicio, se solidifica normalmente con una gruesa estructura hipereutéctica que se modifica antes de fundirse por la adición de una pequeña cantidad de sodio para darle una estructura fina eutéctica de mayor resistencia mecánica y tenacidad, el contenido de hierro debe ser bajo para evitar la fragilidad. Las aleaciones de aluminio-magnesio son superiores a casi todas las otras aleaciones de fundición de aluminio en cuanto a resistencia, corrosión y maquinabilidad; además de excelentes condiciones de resistencia mecánica y ductilidad.

Fundición con molde permanente: Se vierte el metal fundido en un molde metálico permanente bajo gravedad y bajo presión centrífuga solamente. Las piezas fundidas así tienen una estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas fundidas con moldes de arena, debido a que la velocidad de enfriamiento es más rápida. Además, las piezas fundidas en molde permanente

poseen generalmente menores contracciones y porosidad que las piezas fundidas en arena. Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño, y para piezas complejas puede resultar difícil o imposible.

El empleo mayor se encuentra en los émbolos para motores de combustión; es conveniente que sean ligeros, de baja dilatación térmica y de buenas propiedades a temperaturas elevadas.

- es posible la obtención de superficies suaves
- el proceso puede ser automatizado.



Composiciones de aleaciones de aluminio para fundición Las aleaciones de aluminio para fundición han sido desarrolladas habida cuenta de que proporcionan calidades de fundición idóneas, como fluidez y capacidad de alimentación, así como valores optimizados para propiedades como resistencia a la tensión, ductilidad y resistencia a la corrosión. Difieren bastante de las aleaciones para forja.

Designaciones de las aleaciones de aluminio: Se designan con un número de 4 dígitos de acuerdo con el sistema adoptado por la Aluminium Association. El primer dígito indica el tipo de aleación, de acuerdo con el elemento principal. El segundo indica las aleaciones específicas en la aleación, los dos últimos indican la aleación específica de aluminio o la pureza de éste. La designación del temple indica el tratamiento que ha recibido la aleación para llegar a su condición y propiedades actuales. El temple se indica con las letras: O (recocidas), F (tal como fue fabricada), H (trabajada en frío) o T. Las aleaciones de aluminio forjado se dividen en dos clases: endurecidas y reforzadas solo con trabajo en frío y las que deben sus propiedades mejoradas al tratamiento térmico. Las aleaciones más importantes endurecibles al trabajarlas son el aluminio comercialmente puro (1100) o la aleación con 1.25% de manganeso (3003); las cuales pueden endurecerse con trabajo en frío, pero no se someten a tratamiento térmico. Las aleaciones del tipo duraluminio son de alta resistencia mecánica, se trabajan con facilidad en caliente. Se debe someter a trabajo en frío prolongado después de transcurridas unas cuantas horas del temple por inmersión, donde la resistencia a la corrosión es máxima. La mayoría de las aleaciones tratables térmicamente son menos resistentes a la corrosión. Muchas de las aleaciones susceptibles de tratamiento térmico se encuentran en forma de lámina o con un recubrimiento de aluminio de gran pureza o de aleación resistente a la corrosión en cada lado; estos productos se conocen como aleaciones alclad con excelente resistencia a la corrosión. Un nuevo tipo de producto de aluminio forjado, denominado APM, tienen resistencia mecánica a temperaturas elevadas, estabilidad y resistencia al escurrimiento plástico, superiores a las de cualquier aleación conocida de aluminio. Es un cuerpo compacto de polvo fino de aluminio de alta pureza con óxido de aluminio.

Tratamiento térmico: El recocido intermedio para aliviar los esfuerzos producidos por el trabajo en frío, se hace a una temperatura de 343°C a 400° c. Las aleaciones tratables térmicamente se trabajan mejor en frío cuando se encuentran en el estado de templadas por inmersión después del tratamiento térmico (400 a 427°C calentamiento- 260°C enfriamiento). Las aleaciones tratables

térmicamente deben sufrir un tratamiento térmico: uno a temperatura elevada y otro a temperatura baja, la cual puede darse espontáneamente a la temperatura ambiente en algunas aleaciones y se conoce como envejecimiento natural, pero en otras aleaciones tiene que efectuarse a una temperatura un tanto elevada; envejecimiento artificial.

Maquinaria: El aluminio puro y las aleaciones de aluminio-manganeso son duros para maquinar, a no ser que se empleen herramientas especiales con mayor ángulo de salida que el acostumbrado para el acero. Las herramientas duras de carburo cementado son esenciales para el aluminio-silicio. Las aleaciones que contienen cobre y las forjadas tratadas térmicamente tienen buena maquinabilidad.

Industrias Aeronáuticas - Náuticas: Estructuras, tanques de combustible plataformas, cascos y cubiertas, mástiles, accesorios.

Industria del Transporte: Cisternas, chasis, carrocerías, partes.

Petroquímica y Petrolera: Tanques y recipientes, intercambiadores y reactores, silos de almacenaje de polvos, membranas internas flotantes.

Arquitectura y Construcción: Estructuras, parasoles, marquesinas, techos y cubiertas, barandas, andamios.

Industrias de la Alimentación: Bandejas y carros, envases y latas, contenedores y pallets, pisos especiales y estanterías.

Laboratorios Farmacéuticos: Packaging, pallets y contenedores, plataformas y estructuras, bandejas, carros, estanterías.

Artículos de Consumo Máquinas y Equipos: Herrajes, carcazas, menaje, electrodomésticos, antenas y radares, equipos para lisiados y deportivos, tubos de riego, accesorios y cañerías, partes de autos.

Industria Energética: Conductores de corriente AT, MT, BT, anillos para efluvios, tableros y shelters, transformadores, ductos de barras.

Materiales metálicos. Cobre (Caracterización)

Cobre, de símbolo Cu, es uno de los metales de mayor uso, de apariencia metálica y color pardo rojizo. El cobre es uno de los elementos de transición de la tabla periódica, y su número atómico es 29. Su punto de fusión es de 1.083 °C, mientras que su punto de ebullición es de unos 2.567 °C, y tiene una densidad de 8,9 g/cm³. Su masa atómica es 63,546.

Obtención del cobre:

El cobre ocupa el lugar 25 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Frecuentemente se encuentra agregado con otros metales como el oro, plata, bismuto y plomo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas, aunque se han hallado masas compactas de hasta 420 toneladas. El cobre se encuentra por todo el mundo en la lava basáltica, localizándose el mayor depósito conocido en la cordillera de los Andes en Chile, bajo la forma de pórfido. Este país posee aproximadamente el 25% de las reservas mundiales conocidas de cobre y a comienzos de 1980 se convirtió en el primer país productor de este metal. Los principales yacimientos se localizan en Chuquicamata, Andina, El Salvador y El Teniente.

Los yacimientos de cobre contienen generalmente concentraciones muy bajas del metal. Ésta es la causa de que muchas de las distintas fases de producción tengan por objeto la eliminación de impurezas. La mena de cobre se tritura y muele antes de ser introducida en una cámara de flotación, en la que el cobre se concentra en la superficie, mientras los fragmentos sobrantes se hunden. Después, el concentrado, que se denomina carga, se introduce en un horno de reverbero que separa más impurezas. Durante el proceso de fundición, se extraen los gases de desecho, y el material forma en el fondo del horno un charco de hierro y cobre fundidos, llamado mata. La capa anaranjada de metal impuro en la superficie de la mata es escoria, que se drena y extrae mientras la mata de cobre sigue su proceso en un convertidor. El cobre fundido del convertidor es moldeado, y debe ser refinado una vez más por electrólisis antes de utilizarse para la fabricación de productos como cables eléctricos y herramientas.

El cobre se obtiene fundamentalmente de un mineral llamado CALCOPIRITA el que contiene grandes cantidades de cobre, azufre y hierro.

La calcopirita es mezclada con cal y materiales silicos, los que son pulverizados por medio de molinos de quijadas y transferidos a unas tinajas estratificadoras.

En las tinajas estratificadoras el mineral es extraído al flotar con la espuma producto de la agitación. La espuma se forma al mezclar agua con aceite y agitarlos enérgicamente.

El mineral extraído se pasa por un horno de tostado para eliminar el azufre. Los polvos de los gases producto del horno de tostado son capturados y procesados para obtener plata, antimonio y sulfuros.

Los concentrados del horno de tostado son derretidos en un horno de reverbero, en este horno se elimina el hierro en forma de escoria.

El material derretido del horno de reverbero, que se conoce como ganga, es introducido a un horno parecido al convertidos Bessemer, del cual sus gases son utilizados para obtener ácido sulfúrico y el producto de su vaciado es cobre conocido como cobre Blister, el que tiene 98% de pureza y que puede ser refinado todavía más por métodos electrolíticos.

Proceso de producción del cobre:

A escalada industrial, el proceso de producción del cobre se realiza a partir de minerales sulfurados, por ejemplo, la calcopirita, la que viene contaminada con un poco de cal, sulfuro de hierro y, a veces sílice. Lo primero que se realiza es un método de concentración de la calcopirita. Para esto se recurre a la flotación. **¿En qué consiste la flotación?** Consiste en hacer flotar los materiales fuera de una cuba de flotación y pone el mineral de calcopirita y se deja que decanten los minerales de sílice hasta el fondo que pueden contaminar la calcopirita. El hecho de que no decanten hasta el fondo los minerales de sulfuro de cobre y sulfuro de hierro, se debe a que estos minerales son hidrofóbicos. Como la cuba de flotación está llena de agua, tienden a escapar a la superficie. En este momento se le agrega un agente tensoactivo a la cuba para que estos minerales salgan en forma de espuma desde la cuba. En este momento, si se realiza una flotación selectiva, puede extraerse un sulfuro de molibdeno también, el cual mediante un proceso de tostación (Se calienta el mineral hasta formar un óxido, el cual se reduce con hidrógeno gas hasta formar el mineral), permite obtener el molibdeno.

Una vez que se ha obtenido los minerales sulfurados de Cobre y Hierro, se lleva esta mezcla a un horno de reverberos. En este horno se agrega un buen fundente cal.

¿Por qué se agrega cal? Porque la mezcla de minerales aún puede tener mucha sílice, y la cal permite sacar la sílice en forma de silicato de calcio, también llamado "Escoria". Una vez que se realiza este proceso, se lleva la mezcla de sulfuro de hierro y sulfuro de cobre que ahora están puros, a un horno llamado "Horno de Bessner", el cual permite convertir en óxidos a los minerales de cobre y en menor grado a los de hierro al hacer circular oxígeno gaseoso por la parte baja del horno. Los minerales de hierro, en su mayoría se transforman en silicatos dentro del mismo horno, esto claro si se agrega sílice al horno.

¿Por qué el cobre no sufre esta reacción? Por la baja afinidad el cobre por la sílice. De esta forma se obtiene un óxido de cobre en estado puro. Luego, este óxido se trata en un "Horno de Ánodo" donde se reduce con metano (CH_4) y forma un cobre que aún está impuro con carbón y otros minerales que no se pudieron eliminar durante el proceso (Platino, Plata, Oro y Cobalto). Este es el llamado "Proceso Flash" el que combina el horno de Reverbero con horno de Bessner, haciendo circular oxígeno por la parte baja a altas presiones y forman de manera inmediata el óxido, sin tener que realizar esto en hornos separados. El paso final del proceso de producción del cobre es llevar el mineral aún impuro a una celda de concentración utilizando un cátodo de cobre

fino. Cuando el cobre impuro se pone en el ánodo, este se reduce y se destruye. Esta destrucción permite liberar al cobre de las impurezas que venían con él, las cuales se depositan como "Barros anódicos" y permiten recuperar estos minerales posteriormente por otros procesos, por ejemplo, mediante electrólisis. Luego, el cobre oxidado, se reduce en el cátodo y se deposita sobre el cobre fino obteniéndose un cobre de extremada pureza llamado en muchas ocasiones "Cobre Blixter", el que tiene una pureza de un 99,9999%.

Las aleaciones de cobre, mucho más duras que el metal puro, presentan una mayor resistencia y por ello no pueden utilizarse en aplicaciones eléctricas, no obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones más importantes son el latón, una aleación con cinc, y el bronce, una aleación con estaño. A menudo, tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. ambos se emplean en grandes cantidades; también se usa el cobre en aleaciones con oro, plata y níquel, y es un componente importante en aleaciones como el monel, el bronce de cañón y la plata alemana o alpaca.

El cobre forma dos series de compuestos químicos: de cobre (I), en la que el cobre tiene una valencia de 1, y de cobre (II), en la que su valencia es 2. Los compuestos de cobre (I) apenas tienen importancia en la industria y se convierten fácilmente en compuestos de cobre (II) al oxidarse por la simple exposición al aire. Los compuestos de cobre (II) son estables, algunas disoluciones de cobre tienen la propiedad de disolver la celulosa, por lo cual se usan grandes cantidades de cobre en la fabricación de rayón. También se emplea el cobre en muchos pigmentos, en insecticidas como el verde de Schweinfurt, o en fungicidas como la mezcla de Burdeos, aunque para estos fines está siendo sustituido ampliamente por productos orgánicos sintéticos.

Para tener buena conductividad térmica o eléctrica se debe usar cobre comercialmente puro; si se requiere mayor resistencia mecánica combinada con alta conductividad, se utilizan aleaciones que contienen zirconio u otros elementos. La aleación de cobre más barata es el latón con alto contenido de zinc y por lo común es el que se utiliza salvo cuando se requiere alta resistencia a la corrosión sometido a esfuerzo o a las propiedades mecánicas especiales de otras aleaciones. Cuando se desean buenas propiedades para trabajo en frío, tal como en operaciones de estirado profundo, o formado, se utiliza cuando debe realizarse mucho maquinado, en particular en el trabajo con máquinas automáticas para hacer tornillos.

Los bronce al estaño se utilizan para obtener una alta resistencia con buena ductilidad.

Las aleaciones de cobre con aluminio silicio o níquel son buenas por su resistencia a la corrosión.

Los cobres débilmente aleados: Son aquellos que poseen bajo contenido de elementos de adición (menos del 1%) y se utilizan cuando alguna de las propiedades de los cobres propiamente dicha es insuficiente. Como por ejemplo cuando se requiere mejor:

- Resistencia mecánica a temperaturas relativamente elevadas.
- Resistencia a la corrosión
- Soldabilidad
- Resistencia al reblandecimiento
- Maquinabilidad



Las composiciones de cobres débilmente aleados son:

- Cobre desoxidado con fósforo, con arsénico
- Cobre tenaz con plata
- Cobre exento de oxígeno con plata
- Cobre con azufre
- Cobre con telurio

Aplicaciones de algunas aleaciones:

Cobre desoxidado con fósforo:

- Tubos y placas tubulares para condensadores que trabajen con agua dulce y pura.
- Construcción de elementos de máquinas eléctricas rotativas.

Cobre exento de oxígeno con plata:

- En electrónica para uniones vidrio-metal.
- Delgas de colectores.

Cobre con azufre:

- Piezas conductoras de corriente obtenidas por torneado.
- Remaches, tuercas, tornillos.

Cobre con telurio:

- Terminales de transformadores y de disyuntores.
- Contactos y conexiones diversas.

Aleaciones con gran contenido en cobre: Estas aleaciones se utilizan cuando no es indispensable una conductividad eléctrica muy elevada pero se requiere de un material con otras propiedades como las siguientes:

- Resistencia a la tracción
- Dureza
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a la oxidación

Son aleaciones con alto contenido de cobre las siguientes:

- a) Cobre-Cadmio y Cobre-Cadmio-Estaño.
- b) Cobre-Cromo.
- c) Cobre-Berilio y Cobre-Berilio-Cobalto.
- d) Cobre-Níquel-Silicio.
- e) Cobre-Silicio- Manganeseo

Aplicaciones de algunas aleaciones:

Cobre-cadmio-estaño:

- Líneas telefónicas
- Conductores de líneas de ferrocarriles eléctricos.

La aleación cobre-cadmio proporciona la conducción eléctrica, resistencia a la abrasión necesarias para el transporte de alta velocidad.

Cobre-bronce-alpaca:

- Moneda.



Cobre-berilio-cobalto

- Herramientas de cuproberilio para trabajos en presencia de materiales explosivos.
- Matrices para plásticos

Fabricación: Se obtienen en el estado de recocido y pueden soportar gran cantidad de trabajo en frío y se les puede dar la forma deseada por embutido profundo, rebordeado, rechazado, doblado y operaciones similares. El latón endurecido por trabajo en frío se ablanda a aproximadamente 593°C.

Soldadura, generalmente por el método oxiacetilénico, con un suministro suficiente de calor para vencer su alta conductividad térmica. Puede soldarse por arco eléctrico, con la aplicación de la soldadura por arco metálico protegido y por arco metálico o de tungsteno con protección gaseosa. Todas las aleaciones de cobre, excepto las que tienen aluminio, pueden soldarse con soldadura blanda o de plata.

Maquinado, se realiza con facilidad con los métodos usuales y las herramientas estándar destinadas para el acero, pero con velocidades más altas. Para fines de maquinado, las aleaciones de cobre pueden dividirse en tres grupos:

- Grupo A: de estructura homogénea que son tenaces y dúctiles y forman una viruta larga y continua.
- Grupo B: exentas de plomo de estructura duplex, forman una viruta larga pero frágil.
- Grupo C: con adición de 0.5 a 3.0% de plomo.

Las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico y al agrietamiento.

Resistencia a la corrosión: Todas las aleaciones de cobre son altamente resistentes al ataque atmosférico, pero para la exposición a la intemperie son preferibles las que contienen más de 80% de cobre (o el cobre mismo) a causa de su resistencia al agrietamiento por esfuerzos introducidos en la elaboración.

El bronce es una aleación de cobre y estaño empleada por primera vez en Mesopotámica hacia el 3000 a. C. La fabricación del cobre implica el conocimiento de técnicas para fundir los metales. La cantidad de estaño hace variar la dureza de la aleación. Con un 5 % de estaño el bronce puede trabajarse en frío y con el 15 % o más de estaño el material es más duro y apto para la fabricación de figuras. Además, el bronce funde a una temperatura menor que el cobre, lo que facilita su metalurgia. Los sumerios emplearon el bronce para elaborar estatuas. Dependiendo de los porcentajes del estaño, se obtienen bronce de distintas propiedades. Con un bronce de 5-10% de estaño se genera un producto de máxima dureza (usado en el pasado para la fabricación de

espadas y cañones). El bronce que contiene entre 17-20% de estaño tiene alta calidad de sonido, ideal para la elaboración de campanas, y sobre un 27%, una óptima propiedad de pulido y reflexión (utilizado en la Antigüedad para la fabricación de espejos) En la actualidad, las aleaciones de bronce se usan en la fabricación de bujes, cojinetes y descansos, entre otras piezas de maquinaria pesada, y como resortes en aplicaciones eléctricas.

Latón: (cobre-zinc)

El latón es blando, fácil de torneear, grabar y fundir. Es altamente resistente al ambiente salino, por lo cual se emplea para accesorios en la construcción de barcos. Existe una gran variedad de aleaciones de latón. Las más comunes contienen 30-45% de zinc, y se aplican en todo tipo de objetos domésticos: tornillos, tuercas, candados, ceniceros y candelabros. Tanto el cobre, el bronce y latón son aptos para los diversos tratamientos de dorado y plateado.

El latón es el mejor material para la manufactura de muchos componentes debido a sus características únicas. Buena resistencia y el ser muy dúctil se combinan con su resistencia a la corrosión y su fácil manejo en las máquinas y herramientas. El latonado establece los estándares mediante los cuales la manufactura de otros materiales es medida y también está disponible en una muy amplia variedad de productos y tamaños para lograr el maquinado mínimo de las dimensiones finales.

Como varilla o barra, el latón es fácilmente disponible para manufacturas y para almacenado. Para piezas largas frecuentemente es de gran valor, considerando la adquisición de medidas especiales de perfiles extruidos diseñados para minimizar los costos de producción subsecuentes. La manufactura de varillas de latón se puede hacer de una gran variedad de perfiles y tamaños con un mínimo de materias primas comparado con otros materiales.

El costo de troqueles para extrusiones especiales puede ser muy barato cuando es para volúmenes de producción grandes y las extrusiones de cavidad pueden salvar las operaciones de barrenado excesivo. Como en las extrusiones, el costo de troqueles para estampado caliente es mucho menor que el de las técnicas de moldeado para inyección usadas para algunos materiales. El latón, teniendo varias combinaciones de resistencia y ductilidad, resistencia a la corrosión, maquinado, conductividad y muchos otros atributos es ampliamente usado en la manufactura de componentes y productos terminados. Los materiales alternativos se pueden considerar, pero es necesario recordar que el criterio principal a ser evaluado, es aquel que tiene que ver en general con la duración y el costo relacionado con él, más que con el costo primario de la materia prima. Las propiedades del latón dependen principalmente de la proporción de zinc que presente, así como la adición de pequeñas cantidades de otros metales esto es conveniente para darle distintos usos.

Aplicaciones del cobre:

Gracias a su elevada conductividad del calor y de la electricidad, uno de los principales campos de aplicación del cobre es la fabricación de recipientes como calderas, serpentines y alambiques (industria química).

Su ductilidad lo hace especialmente indicado para la fabricación de cables eléctricos y bobinados; permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, a partir de 0,025 mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4.200 kg/cm². Puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general: generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones. A lo largo de la historia, el cobre se ha utilizado para acuñar monedas y confeccionar útiles de cocina, tinajas y objetos ornamentales. En un tiempo era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera para proteger el casco ante posibles colisiones. El cobre se puede galvanizar fácilmente como tal o como base para otros metales. Con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos (reproducción de caracteres de impresión).

Aplicaciones del cobre en el área automotriz:

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza. Debido a su extraordinaria conductividad, sólo superada por la plata, el uso más extendido del cobre se da en la industria eléctrica. Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, a partir de 0,025 mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4.200 Kg./cm². Puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general: generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones.

A lo largo de la historia, el cobre se ha utilizado para acuñar monedas y confeccionar útiles de cocina, tinajas y objetos ornamentales. En un tiempo era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera para proteger el casco ante posibles colisiones. El cobre se puede galvanizar fácilmente como tal o como base para otros metales. Con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos (reproducción de caracteres de impresión).

La metalurgia del cobre varía según la composición de la mena. El cobre en bruto se tritura, se lava y se prepara en barras. Los óxidos y carbonatos se reducen con carbono. Las menas más importantes, las formadas por sulfuros, no contienen más de un 12% de cobre, llegando en ocasiones tan sólo al 1%, y han de triturarse y concentrarse por flotación. Los concentrados se funden en un horno de reverbero que produce cobre metálico en bruto con una pureza aproximada

del 98%. Este cobre en bruto se purifica por electrólisis, obteniéndose barras con una pureza que supera el 99,9 por ciento.

El cobre puro es blando, pero puede endurecerse posteriormente. Las aleaciones de cobre, mucho más duras que el metal puro, presentan una mayor resistencia y por ello no pueden utilizarse en aplicaciones eléctricas. No obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones más importantes son el latón, una aleación con cinc, y el bronce, una aleación con estaño. A menudo, tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. Ambos se emplean en grandes cantidades. También se usa el cobre en aleaciones con oro, plata y níquel, y es un componente importante en aleaciones como el monel, el bronce de cañón y la plata alemana o alpaca.

El cobre ha sido desde siempre el metal elegido para radiadores de coches y camiones, aunque el aluminio ha asumido una significativa cuota de mercado en el equipamiento original de radiadores en los últimos 20 años. En los años 70 la industria del automóvil comenzó un cambio del cobre/latón al aluminio para los radiadores de coches y camiones porque era más ligero y la percepción de un mercado estable le dio a este metal una ventaja comparativa. Hoy en día el cobre está presente en el 39 % del total de radiadores en el mercado.

Aleaciones para cojinetes de deslizamiento.

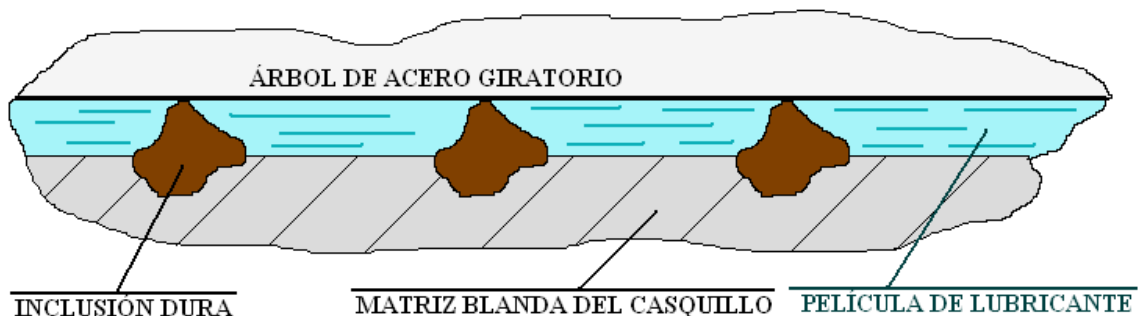
- **Condiciones que se les imponen a las aleaciones para cojinetes.**

Se llaman aleaciones para cojinetes o metales patentes aquellas que se emplean para fabricar los casquillos de los cojinetes de deslizamiento. Con este fin se emplean el hierro fundido, el bronce y las aleaciones fusibles en base a plomo, estaño, zinc, o aluminio, llamadas Babbit. A pesar del amplio uso de los cojinetes de rodadura de bolas o rodillo, los cojinetes de deslizamiento también se utilizan mucho.

Un metal para casquillos debe tener las propiedades siguientes:

1. El coeficiente de rozamiento con la superficie del acero debe ser pequeño.
2. Las dos superficies que rozan deben desgastarse poco.
3. Este material debe soportar presiones suficientemente altas.

La primera y segunda condiciones se cumplen cuando las superficies del árbol y el casquillo están separadas por una película de lubricante. Si la estructura del casquillo no es homogénea y está formada por inclusiones duras y una matriz blanda, al cabo de un corto plazo de funcionamiento (ajuste), en la superficie del casquillo se forma un micro relieve, las inclusiones duras sobresalen y entre el árbol y el casquillo se crea un espacio en el cual se mantiene el lubricante (Principio de Sharpey).



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRINCIPIO DE SHARPEY

Estas estructuras la tienen las aleaciones de estaño y las de plomo. Pero estas aleaciones debido a su baja resistencia mecánica, no pueden soportar grandes presiones, y a causa de su baja temperatura de fusión, calentamientos relativamente pequeños.

En la construcción de máquinas modernas, para los casquillos de los cojinetes se emplean los hierros fundidos, bronce y Babbit, llamadas de esa manera en honor al ingeniero inglés I.

Babbitt que las descubrió a mediados del siglo XIX.

Los casquillos de fundición se fabrican de fundición gris perlítica. Este es el material para casquillos más barato; puede soportar presiones relativamente grandes, pero como el coeficiente de rozamiento del par Acero – Fundición, es mayor que el del par Bronce - Acero ó Babbitt – Acero, los casquillos de hierro fundido no deben aplicarse en motores rápidos. En nuestro país un ejemplo de aplicación de cojinetes de Hierro Fundido lo constituyen los cojinetes de los guijos de los molinos de caña, de los tandem de molienda de los centrales azucareros.

Los bronce se fabrican bronce la estaño o al plomo, algunos de los cuales fueron abordados en el capítulo anterior. En virtud de que la estructura del bronce no es homogénea (en el bronce al estaño la solución sólida α es la matriz blanda y la eutectoide $\alpha + \delta$ constituye las inclusiones duras), el lubricante se mantiene bien en la superficie del casquillo. Los bronce tienen gran resistencia mecánica. Las condiciones anteriores permiten utilizar los casquillos de bronce en cojinetes de responsabilidad que trabajen en condiciones duras (grandes presiones y revoluciones por minuto).

Si se utilizan aleaciones para cojinetes muy blandas y fusibles, los muñones del árbol se desgastan menos. Los metales Babbitt tienen además un coeficiente de rozamiento con el acero mínimo y retienen el lubricante. Por esto, junto a las fundiciones y los bronce, en la industria constructora de maquinaria se emplean mucho para hacer los casquillos de los cojinetes las aleaciones fusibles a base de estaño, plomo, zinc, y aluminio.

- **Aleaciones fusibles para cojinetes (Babbitt).**

Como aleaciones fusibles para cojinetes se utilizan las de los sistemas Pb – Sb, Sn. - Sb y Pb – Sn – Sb así como las aleaciones Babbitt a base de zinc (con adiciones de cobre y aluminio) y a base de aluminio (con adiciones de cobre, níquel y antimonio). La dureza del plomo es de 3 HB, la del antimonio es de 30 HB. La eutéctica está constituida por el 13% de Sb y el 87% de Pb y su dureza es de 7 a 8 HB aproximadamente. Es evidente que las aleaciones hipoeutécticas, es decir, las de estructura eutéctica + plomo, son demasiado blandas, y las mejores son las de aleaciones hipereutécticas, que contienen el 16 – 18% de Sb. La matriz blanda es la eutéctica, y las relaciones duras, los cristales de antimonio, cuya cantidad constituye alrededor del 5% del volumen total de la aleación.

En el sistema Sn – Sb el estaño tiene poca dureza (alrededor de 5 HB). La composición óptima será la de la aleación formada por el 13% de Sb y el 87% de Sn, cuya estructura tiene dos fases $\alpha + \beta'$, siendo α una solución sólida a base de estaño (matriz blanda) β' una solución sólida a base del compuesto inter metálico SnSb (inclusiones duras).

La aleación estaño – plomo – antimonio para cojinetes tiene como matriz blanda la solución sólida a base de plomo, y de inclusiones duras en base al compuesto SnSb. Estas aleaciones suelen contener ciertas adiciones de cobre, el cual por una parte disminuye la segregación debida a la densidad y, por otra, forma el compuesto Cu_3Sn , que desempeñan el papel de inclusiones duras.

La estructura típica de la aleación Babbitt estaño – antimonio – cobre, se compone de solución sólida α y las inclusiones duras de dos tipos; el compuesto cúbico SnSb de mayor tamaño y otras menores del compuesto Cu_3Sn . Si la aleación se calienta se formarán inclusiones más gruesas debido a la coalescencia y empeorará la calidad del Babbitt.

La aleaciones plomo – estaño – antimonio, además de estaño, antimonio, y cobre contienen adiciones de otros componentes. El arsénico mejora la fluidez, mejorando la colada de los casquillos. El níquel, eleva la dureza, con lo que disminuye el desgaste. El cadmio influye de un modo parecido. El papel del telurio y el arsénico de formar las inclusiones de pequeño tamaño (TePb y AsPb) elevan la resistencia al desgaste de las aleaciones Babbitt.

La aleaciones estaño - antimonio son las mejores. La matriz de estaño es tenaz y plástica, y su tendencia a la rotura por fatiga es menor. En segundo lugar está las de estaño - plomo – antimonio cuya matriz blanda es de plomo. Las aleaciones de estaño – plomo – antimonio son mucho más baratas que las de estaño plomo y su calidad no es mucho peor. La de plomo antimonio es la de inferior calidad, porque su matriz es una eutéctica de plasticidad insuficiente.

La escasez de estaño y de plomo obliga a buscar y utilizar aleaciones de matriz menos limitada (zinc, aluminio). Las aleaciones de zinc desmerecen a las Babbitt en base a estaño en plasticidad, coeficiente de rozamiento y coeficiente de dilatación lineal y equivalen aproximadamente a las de Babbitt de plomo.

Existe también una serie de aleaciones de aluminio que se utilizan para cojinetes. Son éstas aleaciones bifásicas de alta aleación en las cuáles la solución sólida a base de aluminio es la matriz blanda y el compuesto química de, las inclusiones duras. Las aleaciones de aluminio para cojinetes poseen altas características (coeficiente de rozamiento bajo y resistencia al desgaste elevada). Pero sus cualidades tecnológicas son peores que las de Babbitt ordinarias. Su mayor dureza es más bien un inconveniente que una ventaja, ya que el acabado de los casquillos debe ser más fino y el muñón del carbol poseer mayor dureza. Si estas condiciones no se cumplen el desgaste se acelera. El alto coeficiente de dilatación lineal de las aleaciones de Babbitt de aluminio impone un ajuste más cuidadoso y con mayores huelgos. Las aleaciones Babbitt de aluminio se emplean en sustitución de las de estaño y plomo, así como del bronce al plomo.

En las tablas que a continuación se muestran se indica la composición química típica de las aleaciones Babbitt más utilizadas en la industria.

➤ **Babbits en base a plomo, antimonio y estaño.**

Composición química %				Estructura		Propiedades Mecánicas				
Sn	Sb	Cu	Pb	Matriz Blanda	Inclusiones duras	Densidad g/cm ³	Tf °C	σ_b MPa	δ %	Coefficiente de rozamiento (con lubricación)
Matriz	10 a 12	5,5 a 6,5		Sn	SnSb, Cu ₃ Sn	7,4	380	90	6	0,005
Matriz	7,2 a 8,2	2,5 a 3,5		Sn	Cu ₃ Sn	7,3	342	90	9	0,005
5 a 6	14 a 16	2,5 a 3	Matriz	Pb	SnSb, Cu ₃ Sn	9,6	460	70	0,5	0,005
9 a 11	14 a 16	0,7 a 1,1	Matriz	Pb	SnSb	9,6	420	80	2	0,009
9 a	13	1,5	M	Pb	SnSb, As ₂	9,5	400	70	1	0,006



11	A 15	A 2,0	atr iz							
15 A 17	15 A 17	1,5 A 2,0	M atr iz	Pb	SnSb, Cu ₃ Sn	9,3	410	80	0,5	0,006
		16 a 18	M atr iz	Eutéctica Pb + Sb	Sb	10,1	410	40	0,5	0,007



➤ **Babbits en base a aluminio.**

Composición química						Estructura	Propiedades Mecánicas				
%											
Estructura											
Sb	Pb	Mg	Ni	Cu	Si	Inclusiones duras	Densidad g/cm³	Tf °C	σ _b MPa	σ _{0,2} %	Coefficiente de rozamiento (con lubricación)
5 a 6	4 a 5	0,5 a 0,7				AlSb	3,1	750	80	14	0,008
3,5 a 5		0,5 a 0,7				AlSb	2,8	750	90	29	0,008
			2,7 a 3,4			Al ₃ Ni	2,8	650	140	23	0,009
				7,5 a 9,5	1,5 a 2,5	CuAl ₂	2,8	632	160	1	0,008

CONCLUSIONES.

1. Existen muchos tipos de aluminio distintos que se comercializa en el mercado de la recuperación, pero se pueden agrupar básicamente en cuatro:
2. Los productos laminados: Planchas de construcción, planchas de imprentas, papel de aluminio, partes de carrocerías de vehículos.
3. Los extrusionados: Perfiles para ventanas, piezas para vehículos.
4. Los aluminios moldeados ya sea por gravedad o por inyección: Piezas para motores, manubrios de las puertas, etc.
5. Los trefilados: Para la fabricación de cables y otros usos.
6. Las aleaciones de Aluminio para forja pueden ser divididas en dos grupos: - Aleaciones no tratables térmicamente, Aleaciones tratables térmicamente.
7. Las aleaciones de aluminio no tratables térmica-mente no pueden ser endurecidas por precipitación y solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia.
8. Las aleaciones de aluminio son fundidas principalmente por tres procesos: fundición de arena, molde permanente y fundición en coquilla.
9. Las composiciones de cobres débilmente aleados son: Cobre desoxidado con fósforo, con arsénico, Cobre tenaz con plata, Cobre exento de oxígeno con plata, Cobre con azufre, Cobre con telurio.
10. En la actualidad, las aleaciones de bronce se usan en la fabricación de bujes, cojinetes y descansos, entre otras piezas de maquinaria pesada, y como resortes en aplicaciones eléctricas.
11. Los latones más comunes contienen 30-45% de zinc, y se aplican en todo tipo de objetos domésticos: tornillos, tuercas, candados, ceniceros y candelabros. Tanto el cobre, el bronce y latón son aptos para los diversos tratamientos de dorado y plateado.
12. Para que un material cumpla con los requisitos para ser empleado en bujes debe cumplir con el principio de Sharpey.
13. Los hierros fundidos se emplean para bujes que soporten grandes cargas a grandes velocidades, los bronce en bujes de gran carga y elevada velocidad, y los metales Babbitt en bujes de alta velocidad donde no se generen altas temperaturas.
14. Los BIT pueden ser fabricados en base a Pb, Sb, Sn, Zn, y Al.
15. Cada uno de los diferentes sistemas de composición química que componen los metales Babbitt se seleccionarán tomando en consideración las características de explotación del cojinete de deslizamiento.

Bibliografía.

CALLISTER, WILLIAM D. Materials Science and Engineering. An Introduction. Fifth Edition. Department of Metallurgical Engineering. University of Utah. John Wiley & Sons, Inc., 1999. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7

CALLISTER, WILLIAM D. Ciencia e Ingeniería de Materiales. Una Introducción. Quinta Edición. Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Universidad de Utah. John Wiley & Son, Inc, 1999. 8195 pp. ISBN 0-471-32013-7

GULIAEV, A P. Metalografía. Tomos I y II. Editorial Mir. Moscú. 1983. p 186 188.

KOZLOV, Y. Ciencia de los Materiales – 1 ed -. Editorial MIR. Moscú. 1986. p 76 – 78.

LAJTIN, Y. Metalografía y tratamiento térmico de los metales – 1 ed -. Editorial MIR. Moscú. 1973. p 359 – 360.