



## LOS NUEVOS RETOS DE LA METALURGIA °

Andrés aguirre °°

**S**e denomina metalurgia al conjunto de actividades encaminadas a la obtención de metales útiles, a partir de sus fuentes (menas metálicas), así como la preparación de aleaciones entre ellos y sus tratamientos térmicos y mecánicos.

Al respecto y en primer lugar, los metales no suelen encontrarse, en la naturaleza en estado libre (elemental) o nativo. Solo la plata (Ag.), el oro (Au), el cobre (Cu), el mercurio (Hg) y los metales del grupo del platino, se encuentran en este estado) aunque casi todos se hallan también formando combinaciones. En la parte sólida de la corteza terrestre solo se encuentran compuestos estables e insolubles de los metales (óxidos, óxidos parcialmente hidratados, sulfuros, carbonatos, sulfatos y silicatos). Las sales solubles (cloruros, sulfatos y carbonatos) se encuentran en las aguas marinas o en depósitos subterráneos originados por la desecación de lagos o mares.

Después de la extracción, separación y procesamiento de esos metales, estos se pueden solidificar con dos o más metales o con algún elemento no metálico como el carbono; que es lo que se denomina aleación. Muy pocos metales se emplean en estado puro. Se utilizan como diferentes tipos de mezclas más o menos complejas.

Desde el punto de vista industrial, las aleaciones deben sujetarse a la condición de que sus compuestos sean solubles en estado líquido, y al producirse la solidificación alcancen la homogeneidad necesaria para los diversos usos. Las propiedades de las aleaciones dependen del tipo de ordenamiento de los átomos, Las aleaciones presentan diversas ventajas frente a los metales puros: mayor dureza y resistencia así como la temperatura de fusión siempre inferior, al menos a la

° Ponencia presentada en el Seminario de Química, en 1999

°° Estudiante del Departamento de Química de la U.P.N.

de uno de sus componentes, tienen aspecto parecido a los metales nobles y son más económicas que al menos un de sus componentes.

### Principales aleaciones

Nombre	Composición, propiedades, aplicaciones
Alnico	Ni 20%, Fe 63%, Al 12%, Co 5% Alta permeabilidad magnética. Imanes
Constantan	Ni 40% Cu 60% Pares termoelectrónicos
Plata alemana	Ni 22%, Zn 26%, Cu 52% Bisutería y cuchillería
Nicrom IV	Ni 80%, Cr 20% Baja conductividad eléctrica, hilo para resistencias
Nicrom	Ni 60, Cr 40% Hilo para resistencias
Metal de Espejos	Cu 67%, Sn 33% Reflectores
Latón	Cu 67%, Zn 33% Tubos, planchas, cartuchos
Duraluminio	Al 95.5 %, Cu 3%, Mn 1%, Mg. 0.5% Piezas de aeroplanos y automóviles
Bronce de aluminio	Cu 90%, Al 10% Duro. Equipos expuestos a líquidos corrosivos
Estelita	Co 55%, Cr 22%, W 17%, Fe 3.5%, C 1.5% Muy resistente a la corrosión
Platinita	Ni 46%, Fe 54%, C trazas. Coeficiente de dilatación muy bajo Hilos de entradas para lámparas elec.
Monel	Ni 72%, Cu 26.5%, Fe 1,5% Inoxidable Válvulas, chapas, y otros

## Nuevos metales

Las superaleaciones son materiales basados en mezclas con una distribución isotópica de átomos de diversos metales. Los átomos que constituyen dichas aleaciones están distribuidos en dos fases ( $\gamma$  y  $\gamma'$ ). Los cristales diminutos y normalmente cúbicos de la fase  $\gamma'$  se incrustan en una matriz formada por la fase  $\gamma$ . Esta fase es la responsable de la mayor dureza de las superaleaciones de Níquel.

La superaleación se fabrica fundiendo una pieza de níquel y agregando aluminio. El tamaño final de las partículas  $\gamma'$  se controla variando la velocidad de enfriamiento del material. La extrema fragilidad de la fase  $\gamma'$  se disminuye mediante la adición de pequeñas cantidades de Boro (un 0,02% de B es capaz de convertir la fase  $\gamma'$  de Aluminio y Níquel, de frágil en dúctil). Las superaleaciones de Ni presentan limitaciones a temperaturas muy elevadas, en estos casos se utilizan aleaciones de Cobalto.

Por otra parte las aleaciones de cobalto tienen menor resistencia que las superaleaciones de aluminio y níquel, utilizadas en grandes cantidades por la industria aeronáutica y espacial. Estas aleaciones están formadas por metales refractarios y carburos metálicos, y generalmente contienen elevadas cantidades de cromo, que aumenta la resistencia a la corrosión, son más fáciles de soldar que las superaleaciones y pueden romperse bajo esfuerzos térmicos.

En ciertas aplicaciones, como en las turbinas de los aviones, importa más el peso de cada componente que la elevada resistencia mecánica o la consistencia a elevadas temperaturas. Las aleaciones más elevadas para este supuesto son las de Titanio, ellas constan de dos fases, en el proceso de enfriamiento se solidifican en primer lugar los cristales de la fase B; a temperaturas más bajas cristaliza la fase A dentro de la matriz de la fase B. Estas aleaciones son menos densas que las de cobalto y que las superaleaciones de níquel, pero presentan el problema de que no resisten temperaturas moderadamente altas. Determinados materiales intermetálicos de titanio, aluminio, TiAl y  $Ti_3Al$  tiene menor densidad, mayor rigidez elástica y mayor capacidad para mantener sus propiedades a temperaturas superiores que las aleaciones convencionales de titanio.

## Nuevas Técnicas de Procesado de Metales.

Las técnicas modernas de procesado posibilitan que la metalurgia obtenga el máximo provecho de los nuevos conocimientos microestructurales, así:

Solidificación Direccional. Es una de las técnicas más modernas, en este tipo de solidificación, la mayor parte del molde se precalienta a temperaturas próximas al punto de fusión del metal, la sección inferior del molde se rodea con una placa de cobre enfriada con agua (plato frío). El molde se mantiene en una "zona caliente" cubierta por una campana aislante térmica. El metal líquido se cuela en el molde y empieza a solidificar en el plato frío, y los cristales formados en el fondo del molde crecen en largas columnas. Este tipo de solidificación se aplica en superaleaciones de Níquel y otras aleaciones como las eutécticas, que se forman añadiendo a la aleación líquida de níquel y aluminio, cierta cantidad de molibdeno y solidificando direccionalmente la mezcla.

La solidificación direccional produce álabes de turbina resistentes a la termofluencia, paulatina elongación del álabe debida a la fuerza centrífuga: a- en el moldeo habitual el metal fundido se cuela en un molde cerámico y se deja enfriar. El metal cristaliza simultáneamente en muchas zonas, y el resultado final es un álabe policristalino con los cristales orientados al azar. b - en la solidificación direccional, el molde se precalienta y se mantiene dentro de una campana de paredes refractarias. La parte inferior del molde está en contacto con una base de cobre refrigerada con agua. El metal fundido se vierte en el molde y este se retira lentamente de la campana. Los primeros cristales se nuclean cerca de la base refrigerada; luego crecen formando grandes columnas. Así, los límites de los granos de los álabes resultan paralelos a la fuerza centrífuga que obra sobre ellos al estar en servicio, con lo que dicha fuerza no rompe su cohesión; por tanto, los álabes resisten la termofluencia y no se fisuran, al girar los álabes aumentan su resistencia si desaparecen los límites de grano y se convierten en monocristales. c- una mejora al proceso anterior es diseñar un cuello de botella helicoidal en el molde para que cuando este abandone la campana refractaria, los cristales columnares empiezan a crecer pero solo uno cruzará el cuello de bote-



lla Este cristal crece ocupando la parte superior del molde y se obtiene un álabe monocristalino. Se ofrecen en el mercado los granos de la microestructura de los tres tipos de álaves.

Hechurado Superelástico. Ciertos metales son susceptibles de experimentar deformaciones del orden del mil por cien de su longitud inicial sin romperse. Estos materiales superelásticos pueden forjar en formas complejas, eliminando muchas etapas de mecanización y de acabado. Los materiales hechurados superelásticamente son menos costosos de mecanizar y exhiben una notable uniformidad química y microestructural.

Compactación Isostática. Este tipo de compactación en caliente permite construir un componente a partir de secciones de distintas aleaciones, también se utiliza para subsanar defectos en piezas premoldeadas.

Solidificación Rápida. Gracias a esta técnica, los metales fundidos se enfrían a velocidades de hasta diez grados por segundo, las aleaciones enfriadas rápidamente tienden a ser bastante homogéneas, pues los cristales no disponen de tiempo suficiente para nuclear y crecer. La solidificación rápida puede dar lugar a fases metaestables que ofrecen interesantes propiedades que empiezan a ser objeto de estudio, estas fases metaestables son fases cristalinas o semicristalinas dotadas de cierta estabilidad aunque menor que las de las fases de las aleaciones obtenidas por enfriamiento lento.

Existen diversos procedimientos para enfriar rápidamente las aleaciones, uno de los más sencillos consiste en rociar el metal líquido y proyectar las gotas contra una superficie fría; otro método es el de atomización, en virtud del cual se enfrían las gotas del metal líquido rociándolas en una atmósfera de gas inerte extremadamente frío; otra técnica de enfriamiento rápido utiliza láseres de elevada potencia, el haz se proyecta rápidamente sobre la superficie del material, formando finas capas de material fundido, estas capas se enfrían gracias a la masa del sólido que no ha sido afectada por el láser; es el proceso que se conoce como "vitrificado por láser".

#### *Aplicaciones*

Las superaleaciones son adecuadas en sistemas

destinados a convertir y generar energía, pues poseen gran resistencia mecánica a elevada temperatura y en medios agresivos, en este sentido cabe señalar que necesidades tecnológicas de las industrias aeronáutica y aeroespacial constituyen los factores de demanda principales de este tipo de materiales.

El hechurado superplástico se aplica en la industria luminotécnica y en la fabricación de estructuras de uso aerodinámico, por esta compactación isostática en caliente se obtienen aleaciones especiales que se utilizan para dispositivos quirúrgicos.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

GRAY, H. B. 1978 Electrones y enlaces químicos. Editorial Reverté. España

HAWLEY, G. 1998 Diccionario de química y de productos químicos. Editorial Omega.

BARROW, G. M. 1983 Química Física. Editorial Reverté. España.

## *Divulgación científica*

El siguiente texto es una versión de PPDQ, tomado de: [www.amug.org/~rwiley/Organic\\_Chemistry\\_Site/heterocyclic\\_compounds.htm](http://www.amug.org/~rwiley/Organic_Chemistry_Site/heterocyclic_compounds.htm)

Los compuestos heterocíclicos tienen uno o más de los átomos de carbono de un anillo sustituidos por otros átomos, por ejemplo, oxígeno, nitrógeno o azufre.

Estos se pueden clasificar en dos categorías:

Compuestos heterocíclicos no aromáticos: tales como epóxidos u otros éteres cíclicos o aminas.

Compuestos heterocíclicos aromáticos son compuestos en los que el anillo tiene un sistema de enlaces pi deslocalizados tal como sucede en el benceno.

Este tipo de sustancias incluye un gran número de compuestos naturales de gran importancia