

MATERIALES METÁLICOS

Propiedades generales de los metales

La diferencia fundamental entre los metales y los no metales radica en que los átomos de los metales tienen muy pocos electrones en sus orbitales exteriores, que ceden con facilidad.

Los sólidos metálicos ceden electrones periféricos a una nube electrónica: se produce una unión entre átomos que comparten electrones de la nube, sin que un electrón esté ligado a átomos concretos: es la nube electrónica (negativa) la que cohesionará a los átomos cargados positivamente.

Los electrones de la nube poseen una gran movilidad, hecho que explica la buena conductividad térmica y eléctrica de los metales.

Otra propiedad de los metales es la capacidad de deformación antes de la rotura. Al sobrepasarse su capacidad elástica no se produce la rotura: sus átomos pueden deslizarse unos sobre otros, produciéndose una deformación plástica.

Los metales pueden formar aleaciones. Estas pueden ser de dos tipos: soluciones sólidas de sustitución o soluciones sólidas de inserción. En el primer caso, algunos de los átomos de la red cristalina del metal son sustituidos por átomos de otro elemento. En el segundo algunos átomos extraños se insertan en los espacios interatómicos del metal disolvente.

Minerales metálicos

Los primeros metales utilizados por el hombre son aquellos que se encuentran en la corteza terrestre en **estado nativo**: cobre, oro, plata. Eran materiales muy apreciados por su estabilidad y posibilidades de conformación, y se les consideraba objetos preciosos.

Los materiales en estado nativo son escasos. Casi siempre los metales se encuentran formando combinaciones con otros elementos: óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos, principalmente. La **metalurgia** es la rama de la tecnología que estudia los métodos de extracción de los metales de los minerales en los que se encuentran. A continuación se citan las principales **menas** metálicas:

Hierro:

Siderita (CO_3Fe). País Vasco y Teruel.
Magnetita (Fe_3O_4)
Hematitas (Fe_2O_3)
Limonita ($\text{FeO}\cdot\text{OH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$)
Pirita (S_2Fe)

Cobre:

Cuprita (Cu_2O)
Calcopirita (S_2CuFe)
Calcosina (Cu_2S). Mena importante de Cu. Río Tinto.

Zinc:

Esfalerita (ZnS) (Blenda de zinc). Asturias, Santander, País Vasco y Navarra..
Cincita (ZnO). Blanco de zinc

El zinc se utiliza en la galvanización del hierro, para obtener latón (aleación de cobre y zinc) y como electrodo de pilas. El óxido de zinc se usa para fabricar pinturas, y el cloruro de zinc para conservar la madera

Plomo:

Galena (SPb). Mena de plomo y plata. Linares y La Carolina. El Pb se emplea en la fabricación de acumuladores eléctricos, pantallas... En forma de óxido se utiliza

para fabricar vidrio y en forma de carbonato en pinturas. Es un ingrediente de los materiales para soldaduras blandas.

Aluminio:

Bauxita (Mezcla de óxidos de aluminio). Cataluña.

Estaño:

Casiterita (SnO_2). Orense. El Sn se usa para estañar el hierro (hojalata), como componente para hilo de soldar y para fabricar bronce (aleación de cobre y estaño).

Titanio:

Ilmenita (TiO_3Fe). El bióxido de titanio se utiliza en pinturas, reemplazando al Pb. Debido a su buena relación resistencia/peso es un material adecuado para la construcción de estructuras (aviación, museo Gugenheim).

Cromo:

Cromita ($\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$). El Cr se emplea para dar al acero dureza, tenacidad y resistencia a los ataques químicos. El *nicrom*, aleación de Cr y Ni, se emplea como resistencia en los aparatos de calefacción. Se puede utilizar como recubrimiento del Fe (cromado). Con él se fabrican ladrillos refractarios.

Clasificación de los materiales metálicos

Los materiales metálicos se clasifican atendiendo a su importancia industrial en ferrosos y no ferrosos.

Ferrosos:

Hierro forjado

Fundiciones:

Blancas

Grisas

Atruchadas

Aceros¹:

Bajo contenido en carbono (0,1% a 0,3%)

Medio contenido en carbono (0,3% a 0,77%)

Alto contenido en carbono (0,77% a 2,11%)

Aceros inoxidables

Conglomerados férricos (pulvimetalurgia).

No ferrosos:

Cobre y sus aleaciones:

Bronce (Cu, Sn, desde un 5% hasta un 30%). P (bueno para elementos sometidos a fricción) y Si (lo hace mejor conductor).

Latón (Cu, Zn entre un 30 y un 55%). Resiste bien la corrosión. Mn (se puede moldear y forjar) y Fe-Mn (muy tenaz y resistente a la corrosión. Hélices de barco).

Cuproaluminio. Resistentes a la tracción, a la corrosión y muy tenaces.

Cuproniquel (entre un 40 y un 50% de Ni). Contactos eléctricos

Aluminio

Normalmente se usa aleado (Cu, Mg, Cr, Si y Sn).

¹ Algunos autores (J.A. Pero-Sanz) distinguen los aceros hipoeutectoides, con contenidos en carbono menores de 0,77% e hipereutectoides, con contenidos hasta 2,11%. Los hipoeutectoides con contenido menor de 0,0218% tienen una estructura micrográfica formada por granos de ferrita con cementita intergranular. Los comprendidos entre 0,0218% y 0,77% tienen granos de perlita rodeados con granos de ferrita. Los aceros con más de 0,77% tienen los granos de perlita rodeados por cementita. Estas estructuras corresponderían al acero recocido y normalizado. Las propiedades del acero se las confiere la estructura micrográfica y la proporción de componentes presentes en esta estructura. V.g., la ferrita es maleable y blanda, mientras que la cementita es dura y frágil. Esto hace que los aceros hipereutectoides sean más duros y menos tenaces que los hipoeutectoides. Sin embargo se pueden conseguir aceros hipereutectoides tenaces con un tratamiento térmico de globulización de la cementita, que elimina su continuidad estructural.

Hierro forjado

Hacia el año 700 se reducía el óxido por el fuego con combustión deficitaria en oxígeno. Esta se realizaba en un horno o chimenea que se cargaba con capas alternas de mineral de hierro y carbón vegetal. No se lograba la total fundición del hierro, obteniéndose una masa pastosa que tenía que ser conformada a través de golpes: el producto final era un material de color negro mate, resistente a la oxidación ambiental conocido como **hierro forjado**.

A partir de 1300 se empezó a utilizar técnicas de obtención de hierro precursoras de las utilizadas en los altos hornos actuales. Al aumentar el tamaño de los hornos e introducir más cantidad de aire para la fusión se consiguió un producto fundido, el **hierro colado**. Este se utilizaba para obtener piezas por moldeo, pero el producto era muy frágil, no pudiendo competir con el hierro forjado. Estos productos tienen una cantidad de carbono excesiva, no pudiéndose obtener las **estructuras micrográficas**² propias del acero.

Acero

El arrabio (lingote obtenido en el alto horno, sin refinar) tiene una gran cantidad de carbono (entre 1,76% y 6,67%) y se utiliza para preparar fundiciones o como materia prima para la obtención de aceros. El proceso de obtención de acero baja la concentración de carbono del arrabio.

En 1708 Abraham Darby comenzó a utilizar el **coque**³ como combustible, obteniendo mayor temperatura y una fluidez mayor en el hierro fundido. Henry Cort patentó en 1784 el método de **pudelado**, con el que conseguía eliminar carbono del hierro fundido. El proceso consiste en remover en un horno de reverbero el hierro fundido, con lo que se facilita la eliminación del carbono por combustión. La masa se va haciendo más pastosa, ya que al **eliminar carbono** aumenta la temperatura de fusión. Antes de solidificar se cortaba en tochos, que eran extraídos del horno y forjados. Este material se conoce con el nombre de **acero**.

En 1856 Henry **Bessemer presentó el convertidor** (páginas 150-153). Consiste en un recipiente basculante con un tubo de ventilación en la parte inferior: una vez cargado el material fundido **se inyectaba aire en su masa, que quemaba el carbono** eliminándolo y aumentando la temperatura interna, con lo que se mantenía la fluidez de la fundición. El método produce acero "sin gastar combustible". Actualmente se utiliza el **convertidor LD** (horno de oxígeno básico) en el que se **insufla oxígeno a presión sobre la superficie que elimina el C en exceso**.

Posteriormente se desarrollaron **los hornos Martín-Siemens, y los hornos eléctricos de arco y de inducción**. Estos últimos permiten un mejor control del proceso, facilitando enormemente la mejora de los productos obtenidos.

Los aceros se clasifican por la cantidad de carbono y por los elementos aleados distintos del carbono. Al aumentar moderadamente el contenido en carbono de un acero aumentan las propiedades resistentes, debido a la mayor cantidad de **cementita**⁴ que contiene. Los aceros con alto contenido en carbono son muy duros y frágiles.

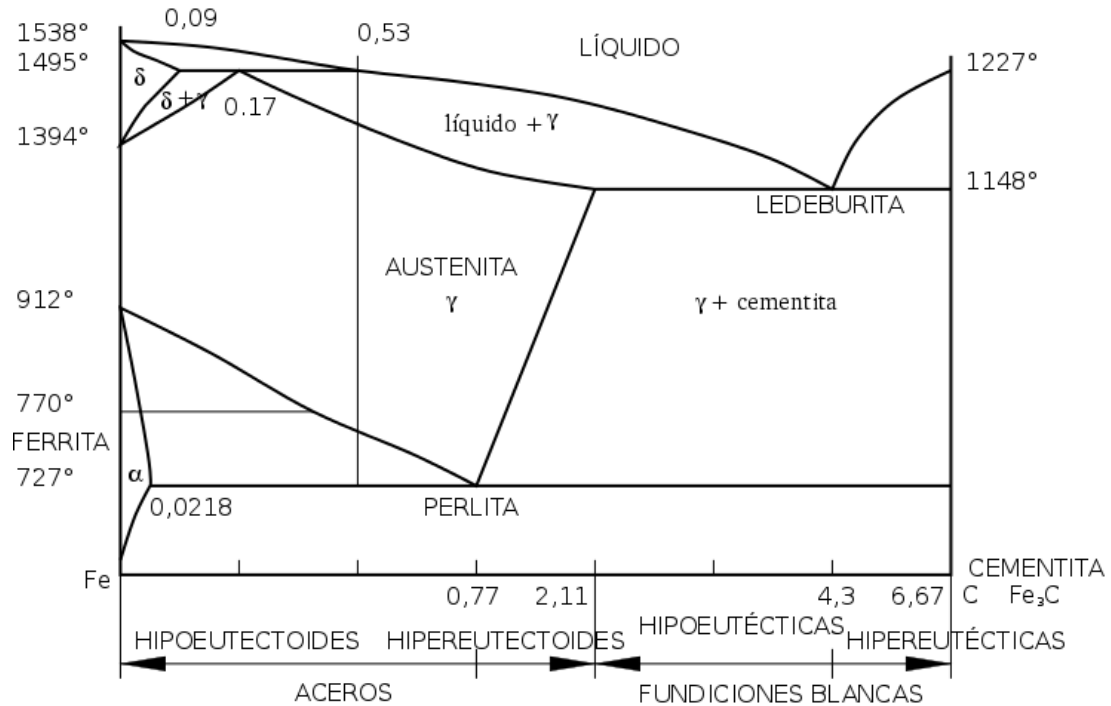
Según el contenido en carbono podemos distinguir los siguientes aceros:

² El acero está formado por agregación de granos. La forma, tamaño y composición de los granos depende de los elementos aleantes presentes, del proceso de enfriamiento y de los tratamientos térmicos posteriores. Todos estos factores influirán en las características finales del acero.

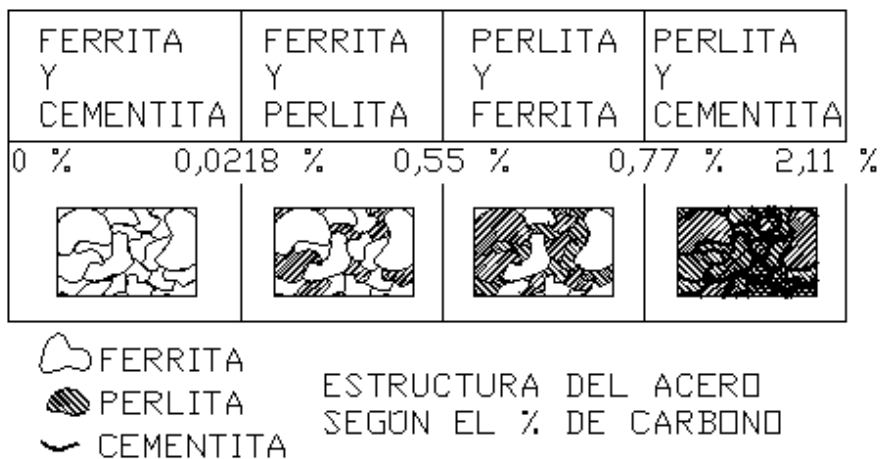
³ Se obtiene por destilación seca de la hulla.

⁴ La cementita es un compuesto químico Fe_3C , muy duro y frágil.

Aceros hipereutectoides (%C entre 0,77 y 2,11): la estructura micrográfica está constituida por granos de **perlita**⁵ rodeados por una red más o menos continua de cementita. Estos aceros rompen sin apenas deformación debido al carácter duro y frágil de la cementita. Pueden mejorarse las características mecánicas mediante un tratamiento térmico de globulización de la cementita, que rompe la continuidad de la matriz.



Aceros hipoeutectoides de menos de 0,0218% C: en la juntas de los granos de ferrita precipita la cementita en forma de gusanos (cementita vermicular o terciaria).



Aceros hipoeutectoides de más de 0,0218% C (hasta 0,77%): si el contenido en C es mayor de 0,55% los granos de ferrita libre enmarcan a las colonias de perlita. Con contenidos menores de 0,55% los granos de ferrita y perlita de los aceros forjados o laminados en caliente suelen aparecer entremezclados. La ferrita puede aparecer en forma de agujas Widmanstätten. Estos aceros presentan alargamiento en frío antes de romper, ya que la ferrita es blanda y deformable.

⁵ Los granos de perlita están formados por láminas de cementita y ferrita alternadas. La ferrita es una mezcla de hierro con muy poco contenido de carbono (menos de 0.0218%), por lo que es muy maleable.

La deformabilidad en frío es inversamente proporcional al contenido en carbono, ya que cuanto mayor es este, menor es la proporción de ferrita. Los aceros de menos de 0,3% de C pueden ser deformados en frío con relativa facilidad.

Fundiciones (página 148)

Se obtiene directamente a partir del arrabio con contenido en carbono entre 2,11 y 6,67%. El carbono de la fundición puede encontrarse libre, en forma de grafito, o formando un compuesto con el hierro denominado cementita (Fe_3C). En el primer caso obtenemos **fundiciones grises**, y en el segundo **blancas**.

Las fundiciones grises se obtienen añadiendo elementos gratificantes (Si). Se utilizan para bancadas de máquinas, contrapesos... Se pueden mecanizar fácilmente. Tienen baja resistencia a la tracción y son frágiles.

Las fundiciones blancas tienen un bajo punto de fusión y buena colabilidad con poco rechupe, por lo que son aptas para el moldeo.

Se puede comparar su estructura micrográfica a una esponja de cementita con sus vacíos rellenos de perlita. Debido a las propiedades de la cementita las fundiciones blancas son poco tenaces, presentan poco alargamiento y son **resistentes al desgaste**.

Aceros aleados (página 129)

Los aceros se mejoran aleándolos con otros elementos en porcentajes adecuados:

Aceros al cromo (entre el 12 y 15%)

Le confiere elevada resistencia a la corrosión, que combinado con el C le confiere gran resistencia.

Aceros al cromo-níquel (18% de Cr, 10% de Ni)

Es el acero inoxidable por excelencia. Elástico y deformable a temperatura ambiente (puede forjarse, embutirse).

Aceros refractarios (con más Cr y Ni que los anteriores y titanio, manganeso...).

Son duros y resistentes a la oxidación a alta temperatura. Se fabrican álabes de turbinas, válvulas de motores.

Aceros de corte rápido (volframio, Cr, vanadio y molibdeno)

Mantienen sus buenas cualidades mecánicas a alta temperatura. Se utilizan para fabricar útiles de corte de máquinas herramientas.