

3.- METALES

02

Tipos y propiedades

1 Tipos de materiales metálicos

1. Hierro
2. Hierro aleado
3. Cobre
4. Zinc
5. Aluminio

2 Componentes del Hierro

El hierro químicamente puro Fe es un elemento cuyo peso atómico es de 55,84 y su peso específico oscila entre 7,84 y 8,14 y su punto de fusión es de 1539 °C. Tiene un aspecto blanco brillante, es blando y no endurece al templarlo. No tiene aplicación práctica.

El hierro se presenta en cuatro variedades alotrópicas: hierro α , hierro β , hierro γ y hierro δ .

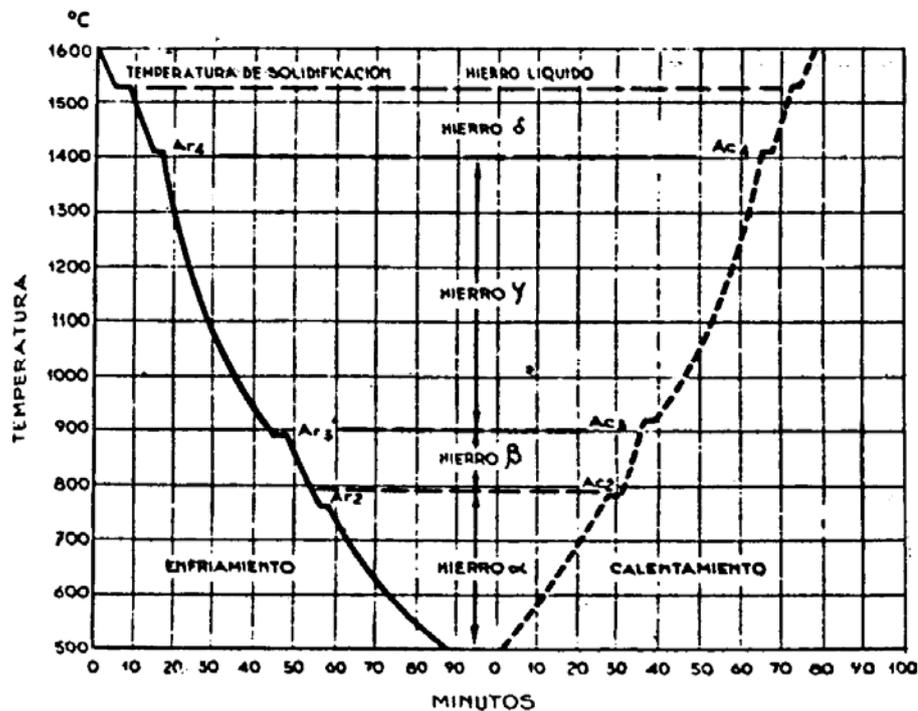
El hierro α es una variedad estable por debajo de los 768 °C. Es muy magnética y no disuelve el carbono o lo hace en proporciones muy pequeñas. Cristaliza en el sistema cúbico.

El hierro β es estable entre los 768 °C y los 910 °C y cristaliza en el sistema cúbico. No es magnético y tiene la propiedad de disolver el carbono en proporciones limitadas.

El hierro γ es una variedad no magnética que cristaliza en el sistema cúbico y es estable a temperaturas superiores a 910 °C. Puede disolver carbono en proporciones de hasta el 2 %.

El hierro δ es estable por encima de los 1400 °C cristalizando en el sistema cúbico. Es débilmente magnético.

Los puntos de transformación de las distintas variantes se observan en la curva de enfriamiento del hierro.



3 Componentes del hierro aleado

El hierro puro no tiene aplicación práctica. Son las aleaciones las que lo dotan de cualidades de interés.

3.1 La aleaciones de carbono

3.1.1 Cementita

Es la combinación de hierro y carbón. Proporciona un carburo Fe_3C , llamado cementita. En la figura que sigue se pueden comprobar las distintas proporciones en el diagrama hierro – carbono. Es el constituyente más duro de los productos siderúrgicos. Su dureza es de 68 Rockwell C aunque no llega a rayar el cuarzo. Cristaliza en paralelepípedos ortorrómbicos. En los productos siderúrgicos el carbono se presenta normalmente en forma de cementita aunque a veces, como ocurre en las fundiciones grises, se desdobra quedando carbono libre como grafito.

3.1.2 Austenita

Es una solución sólida de cementita en hierro γ . Tiene la misma estructura que el hierro puro pero es más dura que éste. Dado que enfriada lentamente por debajo de la temperatura crítica A_3 se transforma rápidamente en sus constituyentes, es necesario un enfriamiento rápido para obtener estructuras austeníticas. La austenita es blanda (300 brinnell), dúctil, tenaz y poco magnética. Su resistencia a tracción está en torno a los 1000

N/mm². Tiene un alargamiento en torno al 20 %, es muy densa y resistente al desgaste. Presenta grandes cristales de forma poliédrica.

3.1.3 Ferritas α y β .

Son soluciones de los hierros respectivos con carbono

3.1.4 Ledeburita.

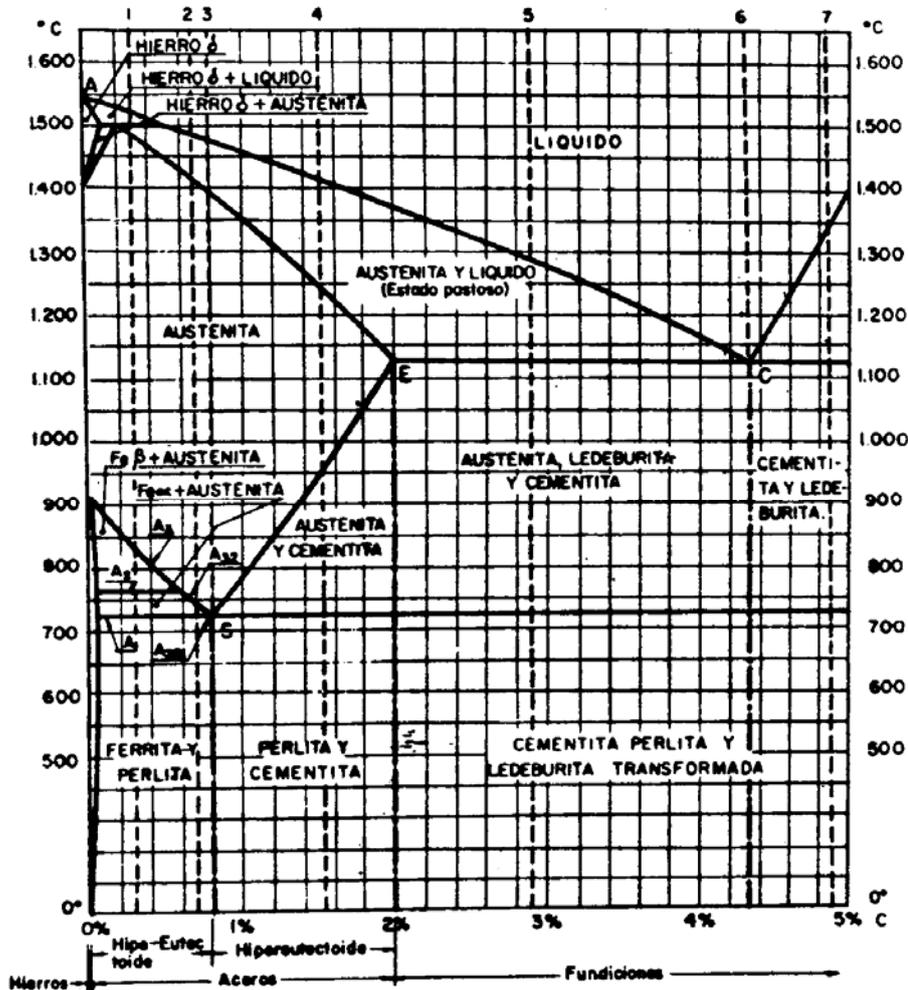
Aleación de hierro con el 4,3 % de carbono. Tiene el punto de fusión más bajo de todas las aleaciones con carbono (1130 °C). Es una mezcla de cristales de austenita y cementita.

3.1.5 Perlita.

Es el estado final de una aleación de 0,8 % de carbono. Es una mezcla de ferrita y cementita. Sus cristales forman capas sucesivas de hierro α y cementita. Su dureza (200 – 300 brinnell) depende de la velocidad de enfriamiento.

3.1.6 Martensita.

Es un constituyente propio de los aceros. Está formado por una solución sólida, sobresaturada, de carbono en hierro α . El porcentaje de carbono varía hasta el 1%. Es el constituyente más duro después de la cementita. Su dureza varía con la cantidad de carbono entre 50 y 68 Rockwell C. Es frágil y su resistencia oscila entre 1700 N/mm² cuando tiene poco carbono. (con un alargamiento del 2,5 %) y 2500 N/mm² en las más carburada (con un alargamiento del 0,5 %). Cristaliza en el sistema tetragonal, pero calentada a baja temperatura (inferior a 250 °C) se transforma en cristales del sistema cúbico.



3.2 Transformaciones de las aleaciones de hierro y carbono

El proceso de aparición es el siguiente: Se parte de una aleación hierro carbono en estado líquido. Ver el gráfico:

3.2.1 Transformación 1

Al enfriar, cuando se llega a la línea *líquido* empiezan a aparecer cristales de hierro δ y, un poco más tarde, austenita hasta la línea sólida. Fase en la que sólo hay austenita sólida. Al llegar al punto crítico A_3 empieza a segregarse ferrita β a costa de la austenita. Como el % de carbono que puede disolver la ferrita es inferior al que tenía la austenita, ésta va enriqueciéndose en carbono. Al llegar al punto crítico A_2 , la ferrita β se transforma en ferrita α y, al seguir el enfriamiento, es este último componente el que se va segregando de la austenita que sigue enriqueciéndose de carbono, variando su composición según la línea 3.2. A la temperatura del punto crítico A_1 la ferrita permanece en su estado y la austenita, cuya composición es la de la perlita, se transforma en este componente. El producto final es una mezcla de perlita y ferrita.

3.2.2 Transformación 2

Lo mismo que en el caso anterior, aunque a temperatura inferior, al llegar a la línea *líquido* empiezan a aparecer los cristales de austenita hasta que en la línea *sólido* es este el único componente. En el punto A_{32} aparece la ferrita α y en el A_1 la austenita que queda. Austenita que también tiene la composición de la perlita y se transforma totalmente en perlita. El producto final es una mezcla de ferrita y perlita.

3.2.3 Transformación 3

La Austenita formada, al llegar al punto crítico A_{32} se transforma totalmente en perlita, siendo ésta, por tanto, el único componente final.

3.2.4 Transformación 4

De la Austenita formada, al llegar a la línea SE empieza a segregarse cementita (llamada cementita secundaria) y, a la temperatura del punto crítico A_1 , la Austenita, que ha ido empobreciéndose en carbono, variando su composición según SE hasta tener la composición de la perlita, se transforma completamente en ésta, permaneciendo la cementita en el mismo estado. El producto final, es pues, una mezcla de perlita y cementita secundaria.

3.2.5 Transformación 5

Al llegar a línea *líquido*, empieza a solidificarse austenita cuyo contenido en carbono, indicado en cada momento por la línea *sólido*, es menor que el de líquido origen. El líquido restante, por tanto, se irá enriqueciendo en carbono variando su composición según la línea *líquido* hasta tener la composición eutéctica en el punto C, en el que el líquido solidifica totalmente en forma de ledeburita. Siguiendo el enfriamiento, la austenita, cuyo máximo contenido de carbono viene representado por línea SE, empieza a segregar cementita, empobreciéndose en carbono y acercándose según la línea ES a la composición de la perlita. A la temperatura A_1 la austenita se transforma en perlita con lo que el producto final es una mezcla de perlita, cementita secundaria y ledeburita, transformada esta última en perlita y cementita.

3.2.6 Transformación 6

Al llegar a la temperatura al punto C, el líquido solidifica con la composición de la ledeburita. Al seguir enfriando y llegar a la temperatura de A_1 la ledeburita se transforma en cementita y perlita, siendo estos los componentes finales.

3.2.7 Transformación 7

Cuando la temperatura baja y el punto representativo del estado alcanza la línea *líquido* se solidifica cementita mientras que el líquido, que se va empobreciendo en carbono, sigue la línea *líquido* hasta el punto C en el cual solidifica la ledeburita. Al enfriar, la cementita, llamada primaria en este caso, no sufre ninguna alteración. En la ledeburita, mezcla de austenita y cementita que conserva su composición original, la austenita, cuya capacidad de disolver carbono viene regulada por la línea SE, como vimos, va segregando cementita

secundaria. Al llegar a la temperatura de A_1 , la ledeburita se transforma en perlita procedente de la austenita. El producto final es una mezcla de perlita, cementita secundaria y cementita primaria.

3.2.8 Productos resultantes

3.2.8.1 Hierro

La principal aleación es con cantidades de carbono inferiores al 0,03 % que se obtiene en estado pastoso. A estas aleaciones las llamamos también hierro como al elemento.

3.2.8.2 Acero

Cuando la proporción de carbono se sitúa entre el 0,03 y el 2 % el producto resultante lo denominamos acero. Estas aleaciones se completan con pequeñas cantidades de manganeso, silicio, fósforo y azufre. Para controlar el exceso de carbono en la elaboración del acero se oxida la mezcla para que el se forme CO_2 que se escapa en forma de gas. Este proceso se denomina afino.

3.2.8.3 Fundición

Cuando la proporción de carbono es superior al 2 % el producto que se obtiene se denomina fundición. Las fundiciones se denominan ordinarias cuando sus componentes son exclusivamente el hierro y el carbono. Si llevan otros metales o metaloides se denominan fundiciones especiales.

- **Fundición gris** tiene un aspecto cristalino granular, de color gris oscuro. Contiene carbono segregado de la cementita en forma de grafito en escamas. Puede tornearse y limarse. Es menos frágil que la fundición blanca, permite el moldeo sin grandes defectos
- **Fundición blanca** es aquella en la que el carbonos está en forma de cementita. Es muy dura y extraordinariamente frágil. Es menos fluida que la función gris por lo que no está indicada para piezas de moldeo.
- **Fundición atruchada** es aquella que contiene silicio en proporciones intermedias entre la fundición blanca y gris. En ella se puede observar las manchas grises que justifican su nombre.
- **Fundición maleable** se obtiene a partir de la fundición blanca por descomposición de la cementita por contacto de los óxidos por recocido prolongado. Es muy maleable. El tipo blanco o europeo se obtiene en atmósfera oxidable. El tipo negro o americano se obtiene en atmósfera no oxidable.
- **Fundición perlítica** es la que se obtiene a partir de la maleable cuando el grafito se encuentra rodeado de una matriz perlítica. Tiene muy buenas condiciones mecánicas.
- **Hierro especular** es la fundición con un porcentaje de manganeso no superior al 30 %.
- **Fundiciones especiales** son resultado de la adición de manganeso en proporciones mayores del 30 % (ferromanganeso), silicio en una proporción del 8 % (ferrosilicio).

3.3 Aleaciones con otros elementos

3.3.1 Manganeso

El manganeso es el metal que con más frecuencia acompaña a los aceros, a los que comunica interesantes propiedades. Tiene mayor avidéz que el hierro por el oxígeno y el azufre, con lo que elimina la cantidad del primero que, combinada con el hierro en forma de subóxido, se aloja entre los cristales, principalmente en los aceros dulces haciéndoles perder en sus características de tenacidad y maleabilidad. La influencia del azufre que, combinado con el hierro, le perjudica en sus propiedades mecánicas y en su soldabilidad, puede verse disminuida si está combinado con el manganeso. La presencia de manganeso atenúa, aunque ligeramente, la velocidad de corrosión de los aceros.

3.3.2 Silicio

Al igual que con el manganeso, el silicio tiene más afinidad por el oxígeno que el hierro y, por tanto, se emplea como desoxidante.

3.3.3 Azufre

Da fragilidad en caliente y, a veces también en frío, a los productos siderúrgicos por lo que para la forja deben evitarse combustibles ricos en azufre. Dificulta la soldadura y disminuye la fluidez de las fundiciones. Se elimina en forma de escoria básica.

3.3.4 Fósforo

Es el elemento cuya presencia es más perniciosa. No se puede eliminar en el horno alto. Da fragilidad en frío a los aceros, disminuye el punto de fusión del hierro y da fluidez a las fundiciones. Se elimina en forma de escoria básica.

3.3.5 Cromo

La presencia del cromo en pequeñas proporciones aumenta la resistencia, la dureza y la ductilidad de los aceros. El acero inoxidable se consigue mediante la adición de cromo en proporciones superiores al 11 % generando una capa de óxido de cromo que es prácticamente inatacable por el medio ambiente. La rotura de esta capa provoca una nueva capa de óxido de cromo.

3.3.6 Estaño

Pequeñas proporciones de estaño en un acero los hacen insoldable y aumenta su fragilidad.

3.3.7 Níquel

El níquel en proporciones del orden del 6 % mejora la resistencia a la corrosión de los aceros al cromo o inoxidables.

4 Cobre y cobre aleado

El cobre se presenta, en general, en forma de sulfuros, carbonatos y óxidos. La principal materia prima para la obtención de cobre es la calcopirita que es un sulfuro de cobre y hierro que contiene un 19,5 % de cobre puro. En forma de óxidos se presenta como cuprita. Los carbonatos de cobre son la malaquita y azurita.

El cobre puro es un metal de color rojizo típico. Es muy maleable pero su ductilidad es inferior a la del hierro. Su resistencia a la tracción aumenta cuando se le lamina en frío o en un trefilado (1200 N/mm^2). El hilo de cobre no presenta fase de fluencia.

4.1 Latones

4.1.1 El latón

Es una aleación de cobre y zinc. La presencia de zinc aumenta considerablemente las propiedades mecánicas hasta proporciones del 45 %. Con proporciones mayores descendiendo bruscamente esta aportación a las características de la aleación. El latón sumergido en agua puede perder el zinc por disolución. Los tipos de latón son los siguientes:

4.1.2 Latón rojo

Tiene una alta proporción de cobre (hasta el 80 %)

4.1.3 Metal Muntz

Es resultado de una mezcla del 60 % de cobre y el 40 % de zinc. Laminado en caliente tiene una resistencia de 400 N/mm^2 . Laminado en frío tiene una resistencia de 550 N/mm^2 . Tiene un color amarillento.

4.1.4 Latón marino

Es el metal de Muntz corregido con un 1 % de estaño.

4.1.5 Latón amarillo

Tiene una proporción del 50 % de cobre. Se usa para fundiciones sin resistencia.

4.1.6 Metal blanco

Su proporción de cobre es inferior al 10 %. Tiene las características del zinc ligeramente mejoradas. Se emplea en ornamentación.

4.1.7 Latón blanco

Contiene un 40 % de cobre. Se utiliza para soldar. Molido se utiliza como abrasivo.

4.1.8 Latones especiales

Son aleaciones tripartitas con:

- Plomo, lo que las hace mecanizables aunque con menor resistencia y ductilidad
- Aluminio, lo que los hace más resistentes, en general, y al agua de salada en particular
- Manganeso, lo que los hace más resistentes a los esfuerzos de fatiga y al choque. Adicionalmente son más resistentes al agua de mar.
- Níquel, lo que le proporciona un aspecto semejante al de la plata. Es conocido como *alpaca*. Las proporciones son 60 % de cobre, 20 % de zinc y 20 % de níquel.

4.2 Bronce

El bronce es una aleación de cobre y estaño. La proporción del estaño no pasa del 20 o 25 %. Los tipos son los siguientes:

4.2.1 Bronce común

Tiene una proporción de estaño del 13 al 20 %. Se utiliza en la fabricación de maquinarias, engranajes, válvulas...

4.2.2 Bronce fosforoso

Con pequeñas proporciones de fósforo que aumentan considerablemente su dureza y resistencia, límite elástico y resistencia a la fatiga y a la corrosión. Se utiliza en construcciones marinas y submarinas. Tiene un bajo coeficiente de rozamiento por lo que se emplea en rodamientos.

4.2.3 Bronce de cañones

Tiene un contenido de bronce entre el 88 y el 92 %. Es el bronce más resistente.

4.2.4 Bronce al zinc

Con una proporción entre el 5 y el 50 % de cobre es muy utilizado en engranajes, segmentos para pistones...

4.2.5 Bronce al plomo

Con una adición del plomo entre el 10 y el 40 %, el bronce adquiere plasticidad lo que permite que los rodamientos contruidos con esta aleación se adapten a la forma de la superficie proporcionado una presión uniforme.

4.2.6 Bronce al silicio

El silicio proporciona propiedades parecidas a las que aporta el fósforo

4.3 Otras aleaciones del cobre

El cobre se alea frecuentemente con el berilio y el aluminio.

4.3.1 Cobre al berilio

Su adición al cobre produce el mismo efecto que el carbono añadido al hierro. Son aleaciones muy resistentes a esfuerzos de fatiga. Por templado aumentan su límite elástico, resistencia y dureza. Se emplea de cerrojos, engranjes, cojinetes...

4.3.2 Cobre al aluminio

En proporción inferior al 10 % aumenta la resistencia y el límite elástico del cobre. En cantidades superiores el efecto desaparece. El contenido hasta el 7,3 % de aluminio aumenta la ductilidad del cobre. Más allá el efecto disminuye. La aleación de cobre y aluminio aumenta su resistencia a la corrosión tanto en el agua dulce como en el agua salada, por ácido sulfúrico y otros compuestos químicos, por lo que se utiliza en bombas para estos líquidos. Son atacadas por compuestos amoniacales. Son resistentes al choque y al desgastes.

5 Zinc

El zinc se encuentra en la naturaleza en forma de carbonatos y sulfuros acompañado de cadmio y plomo. Los minerales utilizados para la obtención de zinc son la *Calamina* que es un carbonato de zinc y la blenda, que es un sulfuro de zinc.

El zinc puro o aleado con aluminio en una proporción del 3 al 10 % o con silicio en una proporción del 2 % es resistente a la corrosión. Su principal aleación es el *Zilloy* resultado de la aleación con cobre en una proporción ente 0,75 y 1,25 %. Tiene un punto de fusión muy bajo, lo que permite el moldeo de piezas difíciles.

El zinc es la base principal del galvanizado o cubrición de los metales susceptibles de corrosión con una capa de zinc que se cubre de una capa de óxido protectora. El galvanizado se consigue electrolíticamente o por inmersión. Otro sistema de protección a base de zinc es la sherardización, que se consigue por inmersión durante varias horas a la temperatura de 350 °C.

6 Aluminio

Este metal se encuentra en las tierras arcillosas, en la mica y los feldespatos. El mineral base para la obtención del aluminio es la bauxita, un óxido de aluminio hidratado. Los tratamientos que recibe son el cromatación, obtenida por tratamiento de ácido crómico que proporciona una capa protectora. La fosfatación tiene el mismo efecto. El tratamiento más eficaz es el anodizado. Con este tratamiento se refuerza la capa protectora de óxido de aluminio. Tiene que estar sellado mediante la hidratación el óxido de aluminio por inmersión en agua. El anodizado permite colorear la superficie del aluminio.

El aluminio puro tiene poca aplicación en construcción. Por eso se presenta en distintas aleaciones:

Aleado con cobre aumenta la resistencia. El porcentaje está entre el 4 y el 8 % y está acompañado de pequeñas cantidades de silicio y de zinc.

Aleado con el magnesio en un 10 % mejora las propiedades mecánicas. Estas aleaciones son más ligeras que el propio aluminio.

Aleado con el silicio tiene una gran fluidez, siendo utilizado para fundiciones. El silicio contenido está ente el 5 y el 14 %.

Aleado con el cobre, el magnesio y el manganeso en proporciones del 4 %, 0,8 % y 0,8 respectivamente proporciona el conocido *Duraluminio*. Templado y revenido tiene una resistencia del orden de 400 N/mm^2 con un alargamiento del 20 % con gran resistencia a la corrosión y a la fatiga. Se emplea en aviación.

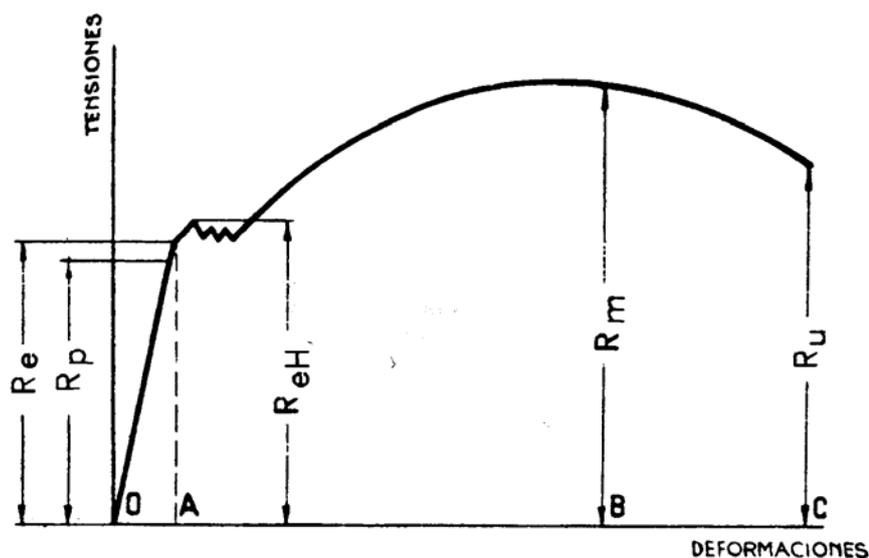
6. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los materiales, en general, y de los materiales metálicos, en particular, dependen, en primer lugar de sus componentes elementales (los átomos), su modo de constituir moléculas y de organizarse entre ellas, así como de la estructura cristalina del material. También tiene influencia las condiciones ambientales a que está sometido y su historia tensional previa.

6.1 Resistencia

6.1.1. Resistencia a la tracción

Los materiales metálicos, en general, tiene una alta resistencia a la tracción muy superior a la de los materiales pétreos. El proceso de tensión – deformación de un material metálico suele tener el aspecto de la figura que sigue.



por la acción de la corrosión por ejemplo, frente a esa misma carga repetida cíclicamente el material se rompe. Las cargas cíclicas pueden ser alternativas (tracción – compresión) o intermitentes (tracción o compresión cambiando de intensidad). El número de ciclos que resiste un metal depende, sobre todo, de la amplitud de la carga (semidiferencia entre los valores máximo y mínimo). Existe una amplitud mínima por debajo de la cual el material no se rompe aunque el número de ciclos sea muy alto.

6.2 Deformabilidad

Es la capacidad de deformarse antes de la rotura. Tiene varios modos de manifestarse:

6.2.1 La elasticidad

Es la capacidad del metal de deformarse sin que se rompan los enlaces atómicos, volviendo a su estado inicial tan pronto cesan las acciones exteriores. Los metales tienen una elasticidad intermedia entre los materiales pétreos y los elastómeros. La elasticidad se modifica con la historia térmica del metal de que se trate.

6.2.2 La plasticidad

Expresa la capacidad del metal para sufrir deformaciones que permanecen tras la eliminación o reducción de la acción exterior. La plasticidad favorece la propiedad de la ductilidad o capacidad de estirarse en hilos.

6.2.3 La acritud

Es la manifestación del aumento de resistencia de un metal cuando entra en el periodo plástico. De este modo se produce la limitación de la fase plástica. Se debe al cambio de la estructura del metal ante la deformación.

6.2.4 La fragilidad

es la propiedad de deformarse muy poco antes de la rotura. Un material es tanto más frágil cuanto menor es la relación entre su tensión de rotura y su límite elástico. Es la propiedad inversa de la plasticidad. Fragilidad no supone debilidad. Un acero templado resiste cargas de 2000 N/mm² pero es frágil como el cristal.

6.2.5 Tenacidad

Es el trabajo desarrollado por un metal que bajo el efecto de una tensión se deforma y se rompe. Hoy en días se utiliza la ductilidad como sinónimo de la tenacidad.

6.3 Dureza

Es la propiedad de resistir la deformación superficial. Se defina la dureza la rayado, a la penetración, la dureza elástica, que define la reacción de la superficie ante el impacto y la dureza al corte.

Para la medición de la dureza se dan distintos métodos en función del tipo de dureza que se examina:

6.3.1 Dureza Mohs

Se utiliza para determinar la dureza al rayado. Es un método comparativo en el que cada material es situado en una escala de minerales de mayor o menor dureza relativa:

1. Talco
2. Yeso
3. Calcita
4. Fluorita
5. Apatito
6. Feldespato
7. Cuarzo
8. Topacio
9. Corindón
10. Diamante

Cada uno de esos materiales puede rayar a los que le preceden. Si un material tiene una dureza 6,5 quiere decir que raya al feldespato y es rayado por el cuarzo.

6.3.2 Brinell

Este procedimiento consiste en aplicar sobre la superficie cuya dureza se pretende evaluar una bola de acero de 10 mm de diámetro, sobre la que se ejerce durante 30 segundos una fuerza determinada, midiendo la huella que ha dejado. La dureza Brinell la indica la fórmula:

$$HB = \frac{P}{A}$$

En la que P indica la carga aplicada en kilogramos y A es el área de la superficie en mm^2 del casquete esférico de la huella. Si la dureza del material hace pensar que se pueden producir deformaciones elásticas en la misma se puede sustituir por una bola de wolframio. Con ella se llegan a medir valores de 650 BRINELL. Para durezas mayores no es aconsejable este método.

6.3.3 Rockwel

Mide la dureza a la penetración mediante una punta de forma cónica o esférica. La huella es pequeña y no altera la superficie del elemento ensayado. La punta es de acero extraduro o de diamante. La escala más habitual es la ROCKWELL C en la que la punta es un cono que recibe una carga de 150 kilos. La dureza se mide por la profundidad de penetración medida en unidades de 0,002 mm. Si designamos e como la penetración. La durezas se indica como 100-e.

6.3.4 Vickers

Cuando el material es muy delgado la dureza ROCKWELL puede producir penetraciones excesivas. En estos casos se emplea el método VIKERS en el que las cargas son menores (entre 1 kg y 150 kg) y la punta es una pirámide cuadrangular. La carga se aplica durante 15 segundos. La dureza viene indicada por la expresión:

$$HV = \frac{P}{A}$$

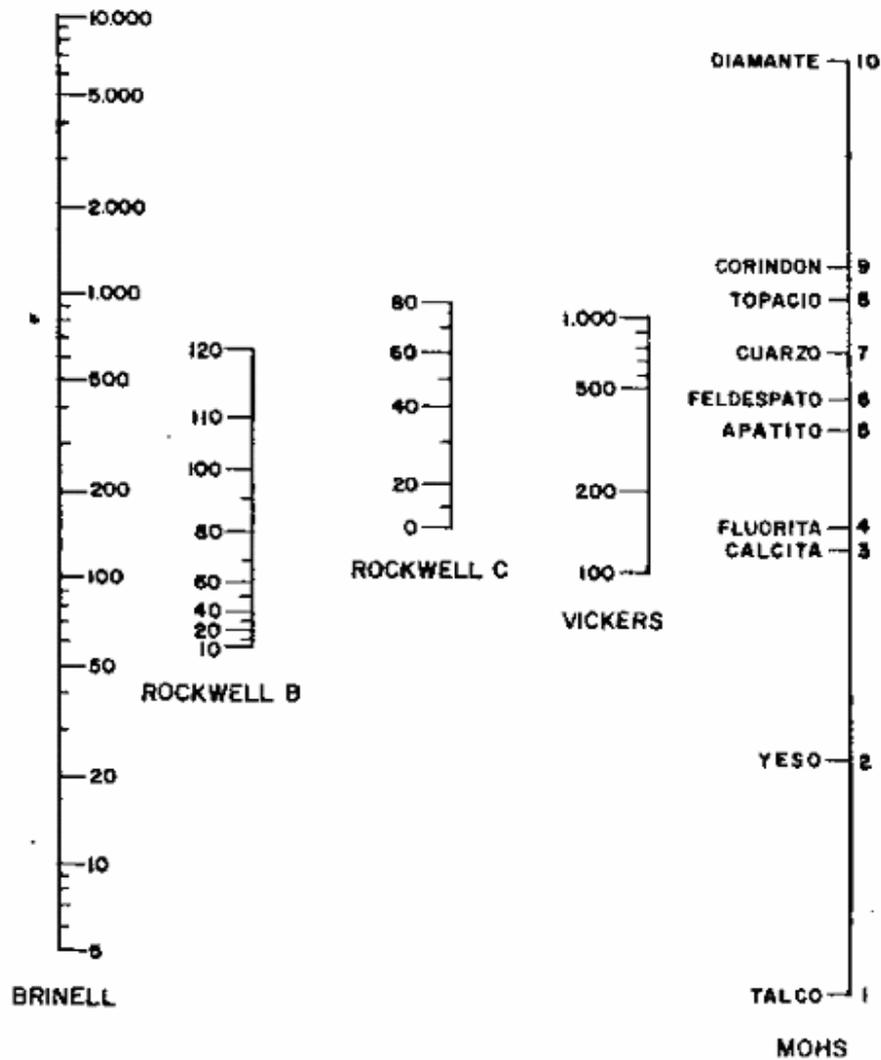
El área se determina a partir del valor de la diagonal d de la huella producida por la punta:

$$A = \frac{(d/\sqrt{2})^2}{\operatorname{sen} \frac{136^\circ}{2}}$$

6.3.5 Shore

Es un procedimiento para medir la dureza elástica que consisten en dejar caer desde una altura determinada una bola de acero sobre la superficie ensayada y medir la altura que alcanza el rebote.

En la figura que sigue se puede comprobar la relación que existe entre los distintos métodos de medir la dureza.



7 Propiedades eléctricas

Eléctricamente, los metales se caracterizan por la libertad con la que los electrones se mueven en su masa. Un cristal metálico está compuesto iones positivos agrupados geoméricamente, que forman un campo eléctrico en el que se mueve un gas electrónico. En la practica los metales tienen una alta conductividad eléctrica. Lo que no impide que tengan también una cierta resistividad al paso de los electrones que se expresa así:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

en la que:

l es la longitud del conductor
 s es la sección del conductor
 ρ es la resistividad eléctrica

La resistividad es igual a la resistencia de un conductor de sección y superficie unidad.

$$\rho = R \frac{l}{s}$$

8 Propiedades térmicas

Desde el punto de vista de su utilización en la construcción son dos las propiedades térmicas de interés en los metales: la conductividad térmica y su coeficiente de dilatación. La cantidad de calor que traspasa un metal es:

$$Q = K(T_1 - T_2) \frac{S}{e} t$$

Siendo:

- Q el calor transmitido
- T₁ la temperatura de la cara caliente
- T₂ la temperatura de la cara fría
- S es la superficie del elemento
- e es el espesor de elemento
- t es el tiempo
- K es la conductividad.

La conductividad es la cantidad de calor que atraviesa un elemento de superficie y espesor unidad cuando la diferencia de temperatura es de 1°C y en el proceso se emplea la unidad de tiempo. Se expresa en Kcal.mm².°C.h.

El coeficiente de dilatación lineal (superficial o volumétrica) mide la variación de la unidad de longitud (superficie o volumen) de un cuerpo cuando su temperatura aumenta un grado centígrado. La fórmula de la dilatación lineal (superficial o volumétrica) de un cuerpo es la siguiente:

$$l_f = l_i(1 + \alpha t)$$

Siendo:

- l_f la longitud (superficie o volumen) final
- l_i la longitud (superficie o volumen) inicial
- t la diferencia entre la temperatura final e inicial
- α el coeficiente de dilatación lineal (superficial o volumétrico)

El coeficiente de dilatación volumétrica y el de dilatación superficial son el triple y el doble, respectivamente, del lineal.

9 Propiedades químicas

Los metales no suelen presentarse en estado puro en la naturaleza, de ahí que una vez depurados sean inestables. Inestabilidad que se manifiesta en su tendencia a combinarse con el oxígeno u otros elementos para dar lugar a compuestos más estables. La oxidación es un fenómeno poco importante porque contribuye a formar una capa de óxido que suele

paralizar la posterior combinación del metal. Sin embargo la corrosión provocada por las acciones de distintos agentes químicos sobre la superficie de los metales pueden llegar a tener gran importancia dado que la corrosión profundiza en la masa de los materiales.