

PRINCIPIOS DE DIAGRAMAS DE FASES

LOS METALES

Aunque en la actualidad se están descubriendo nuevos materiales cerámicos y plásticos que en algunas aplicaciones industriales sustituyen ventajosamente a los metales están muy lejos de sustituirlos plenamente. El principal inconveniente del uso de los metales está en el agotamiento de los yacimientos mineros, nuevas necesidades industriales y la oxidación por corrosión de los mismos por parte de ciertos agentes químicos y atmosféricos. Desde el punto de vista de su uso podemos clasificar los metales en puros y aleaciones.

Metales puros

El uso de los metales puros se centra en muy pocas aplicaciones, ya que aunque resultan difíciles de obtener tienen buena resistencia a la corrosión y alta conductividad eléctrica que los hacen aptos para ciertas aplicaciones muy concretas.

Estructura cristalina de los metales puros

Una de las características de los metales puros es que solidifican en una estructura cristalina determinada formada a partir de un núcleo. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento, en una pieza determinada se pueden formar más o menos núcleos dando lugar a granos cuyo tamaño determinará ciertas propiedades mecánicas.

ALEACIÓN

Es todo producto que resulte de la unión de dos o más elementos químicos, uno de los cuales ha de tener carácter metálico. Para que la unión de estos elementos se considere aleación tienen que cumplirse dos condiciones:

- Que los elementos componentes sean totalmente miscibles en estado líquido.
- Que el producto resultante tenga mayoría de enlaces metálicos, (carácter metálico).

Las aleaciones mejoran notablemente las propiedades mecánicas de los metales puros como pueden ser tenacidad, dureza, resistencia a la oxidación, etc; sin embargo se empeoran propiedades como conductividad eléctrica y térmica.

Elementos que constituyen las aleaciones

En las aleaciones, para que se produzca una solución sólida estable, es necesario que los elementos que la constituyen formen parte de la misma red cristalina.

2 Problemas y Cuestiones de Tecnología Industrial

Para una aleación de dos elementos que poseen la misma estructura cristalina, se denomina **solvente** al elemento que entra en mayor proporción, y **soluto** al que lo hace en menor proporción. Cuando los elementos poseen distinta estructura cristalina, se denomina **solvente** al elemento que proporciona la estructura final de la aleación.

Tal y como se ha dicho, los metales puros solidifican formando una estructura cristalina determinada, por lo tanto los átomos que introducimos han de formar parte de esa estructura cristalina, distinguiéndose dos tipos de soluciones:

Solución sólida por sustitución: en este caso, el disolvente y soluto tienen una estructura cristalina similar, por lo que un átomo de soluto ocupa la posición de otro átomo de disolvente en la estructura cristalina final.

Solución sólida por inserción: ocurre cuando los átomos de soluto son muy pequeños y ocupan los huecos intersticiales del disolvente. Esto provoca un aumento de la resistencia de la aleación, ya que se hace más difícil la deformación del producto final.

Diagramas de equilibrio o de fases

Desde el punto de vista estructural, una **fase** de un material, es una parte homogénea del mismo que difiere de las demás en su composición, estado o estructura. Al conjunto de las representaciones de los estados posibles se denomina **diagrama de fases**.

Regla de las fases de Gibbs

La ecuación o regla de Gibbs nos permite calcular el número de fases que pueden existir en equilibrio en cualquier sistema.

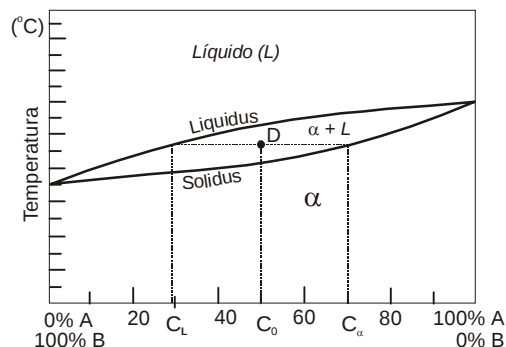
$$f + N = C + 2$$

f = Es el número de fases presentes en el punto de análisis.

N = Grados de libertad, es decir, el número de variables (presión, temperatura o composición en sistemas con más de un componente) que se pueden modificar sin que varíen las fases del sistema.

C = Es el número de componentes del sistema.

Diagramas de equilibrio en las aleaciones



Si se trata de una aleación de dos metales (A y B), se representa la temperatura en ordenadas y la composición en abscisas. En los diagramas de fases las disoluciones sólidas se suelen representar por las primeras letras del alfabeto griego.

Línea de líquidus: es la línea superior del diagrama; representa el inicio de la solidificación y marca la transición entre la fase **líquida** y la fase **líquida + sólida**.

Línea de sólidus: es la línea inferior del diagrama; representa la transición entre la fase **líquida + sólido** y la fase **sólida**.

Regla de la palanca

En el diagrama anterior, el punto D se encuentra en un estado bifásico en el que coexisten una fase sólida α y otra líquida L. La composición química del sólido y líquido puede determinarse por la **regla de la horizontal**, trazando una horizontal que pase por el punto D y que corte las líneas de fase, determinándose C_α y C_L .

Si llamamos W_L al tanto por uno que tenemos de masa líquida en el punto D y W_α al tanto por uno que tenemos de la masa sólida en el mismo punto, podemos determinar dichas masas mediante unas ecuaciones, aplicando lo que se conoce como **regla de la palanca**.

C_0 = Concentración del elemento A o B correspondiente al punto D.

C_L = Concentración del líquido correspondiente al elemento A o B.

C_α = Concentración del sólido correspondiente al elemento A o B.

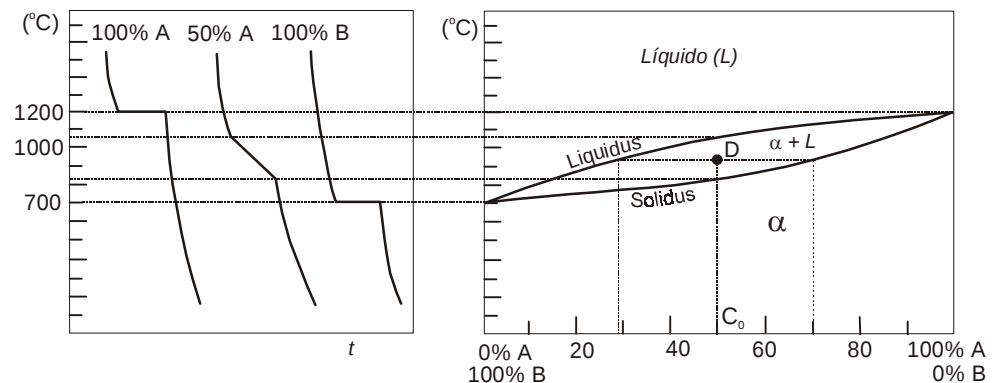
Si utilizamos concentraciones del elemento A, las ecuaciones correspondientes a W_α y W_L son

$$W_\alpha = \frac{C_0 - C_L}{C_\alpha - C_L} \quad W_L = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L}$$

Curvas de enfriamiento

Si representamos en unos ejes de coordenadas las temperaturas y el tiempo transcurrido desde el estado líquido al sólido, podemos ver la variación de velocidad de solidificación que experimenta la aleación al pasar por una curva de fase.

En la gráfica siguiente se muestran las curvas de enfriamiento correspondientes al 100% de A, 50% de A y 100% de B.



En los metales puros y en aquellas concentraciones que den lugar a un punto eutéctico, la temperatura permanece constante hasta que se ha producido toda la solidificación.

DIAGRAMA DE HIERRO - CARBONO

Para que una solución de hierro - carbono reciba el nombre de aleación, la concentración de carbono no puede ser mayor del 6,67 %, ya que, si fuese mayor, perdería las cualidades metálicas y recibiría el nombre de compuesto químico.

En el diagrama hierro - carbono que se presenta a continuación, se pueden apreciar los siguientes constituyentes fundamentales generales:

Hierro: tiene un contenido en carbono entre el 0,008 % y el 0,025 %. El hierro puro es difícil de obtener puesto que la concentración de carbono a temperatura ambiente ha de ser menor al 0,008 %. Por otra parte sus aplicaciones están limitadas casi exclusivamente a núcleos de inductancias.

Aceros: para que una aleación de hierro carbono se considere acero, la concentración de carbono ha de estar comprendida entre el 0,025 % y el 1,76 % a temperatura ambiente. El campo de aplicación de los aceros es muy amplio, abarcando todos los campos de la industria. Entre sus características fundamentales están: su alta dureza, buena resistencia mecánica, maleabilidad, ductilidad, etc.

Fundiciones: reciben este nombre las aleaciones de hierro - carbono que tienen una concentración de carbono comprendida entre el 1,76 % y el 6,67 %. La característica fundamental de la fundición es su extraordinaria dureza, que la hace ideal para herramientas de corte.

Constituyentes particulares

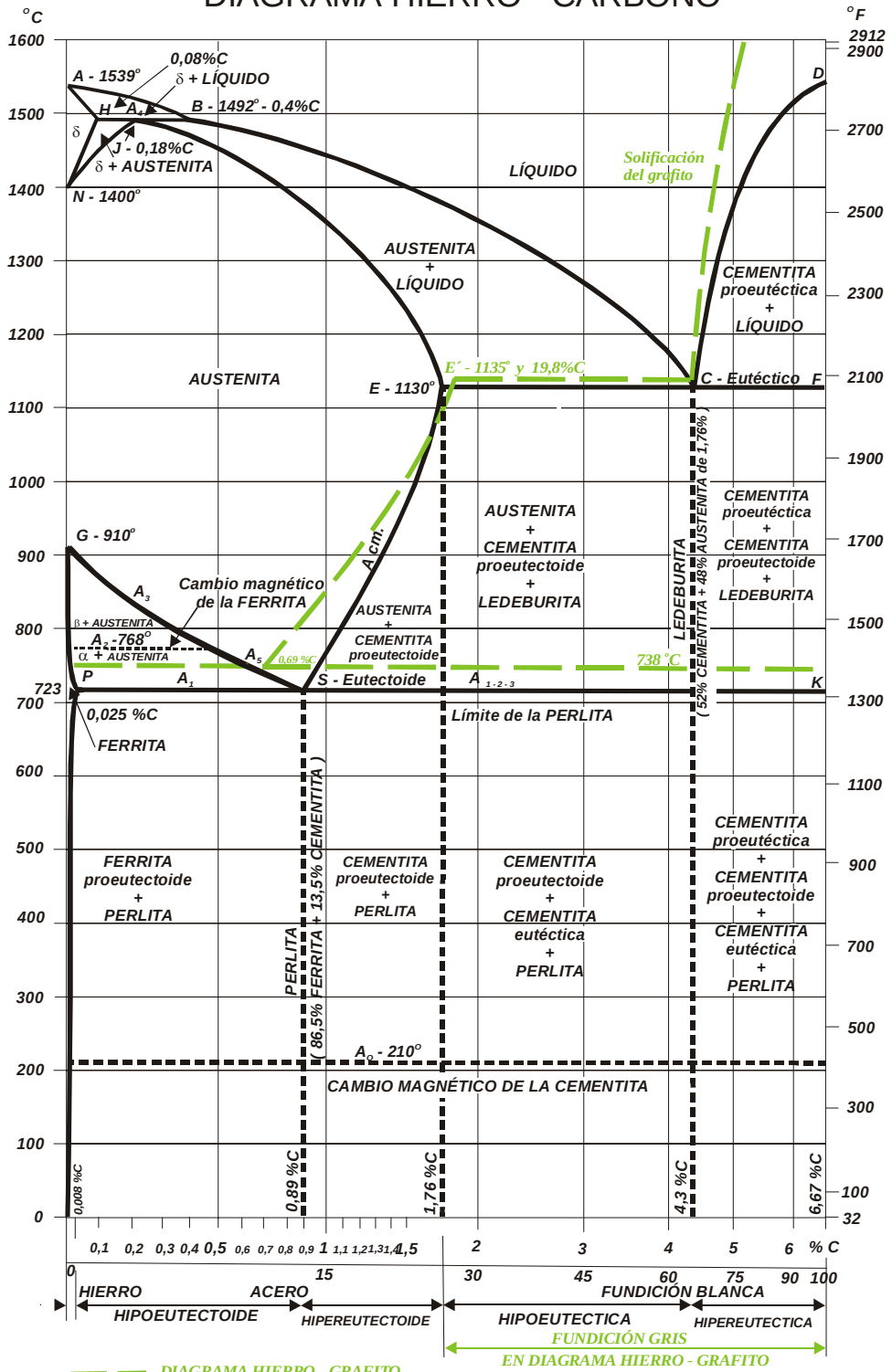
Ferrita

También conocida como hierro alfa (Fe_{α}). Para temperaturas inferiores a 900 °C tiene una estructura cúbica centrada en el cuerpo. Dependiendo de la temperatura a la que se encuentre, la ferrita es dúctil y magnética, pero pasa a ser no magnética a temperaturas superiores a 768 °C. Su capacidad para formar soluciones sólidas de inserción es muy débil puesto que sus espacios interatómicos disponibles son pequeños. Por tanto, sólo los elementos de menor diámetro atómico, H, B, N y C, son capaces de colocarse en los intersticios, pero a costa de crear una gran distorsión en la red, así, la máxima solubilidad del carbono en la forma alfa es sólo 0,0259 % en masa a 723 °C.

Austenita

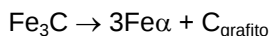
Componente también conocido como hierro gamma (Fe_{γ}), con estructura cúbica centrada en las caras. Esta variedad alotrópica del hierro es estable a temperaturas comprendidas entre 910 °C y 1400 °C y es más densa que la forma alfa y no magnética. El Fe_{γ} posee mayor capacidad para formar soluciones sólidas que el alfa, puesto que el espacio interatómico disponible en el centro de los cubos puede alojar fácilmente a los elementos de pequeño diámetro atómico anteriormente citados. Así, el Fe_{γ} llega a disolver hasta 1,76 % de carbono a 1130 °C. La solución sólida de inserción formada recibe el nombre de *austenita*, la cual sólo es estable a elevadas temperaturas.

DIAGRAMA HIERRO - CARBONO



Cementita

Este constituyente es el carburo de hierro, con un 6,67 % de carbono, de fórmula Fe_3C , que cristaliza en el sistema ortorrómbico. Es muy frágil y duro ($\text{HV} = 840$) y a bajas temperaturas es ferromagnético y pierde esta propiedad a 212°C . Probablemente funde o se descompone por encima de 1950°C , es inestable a temperaturas inferiores de 1200°C y tiene tendencia a descomponerse según la reacción:



Ciertos elementos, como el S, Te, N, Mn, Cb y Mg, tienden a estabilizar a la cementita, y otros, como el Si, Ti, Al, Ni, Bi e H, tienden a acelerar su descomposición.

Perlita

Es una mezcla que se da en el punto eutectoide (0,8 % de C y 723°C) y consta de ferrita más cementita. Su estructura esta constituida por láminas alternativas de ferrita y cementita, siendo el espesor de las láminas de ferrita $0,3\ \mu\text{m}$ superior a las de cementita. Las propiedades mecánicas de la perlita son intermedias entre las de la ferrita y cementita y aunque es más dura y resistente que la ferrita, es más blanda y maleable que la cementita.

Martensita

Es una solución sólida sobresaturada de carbono en $\text{Fe}\alpha$. Se obtiene por enfriamiento rápido de la austenita de los aceros, tras haber sido calentada para conseguir una constitución austenítica. Se presenta en forma de agujas y cristaliza en el sistema tetragonal. La proporción de carbono no es constante y varía hasta un contenido máximo de 0,98 %. Si aumentamos la proporción de carbono, también aumenta la resistencia mecánica, la dureza y la fragilidad del acero.