



Fig. 24.- DIAGRAMA DE EQUILIBRIO PARA ALEACIONES HIERRO-CARBON.

ESTRUCTURA Y CONSTITUCION DE LOS METALES FERROSOS

CLASIFICACION.-Desde el punto de vista de su constitución (Fig. 24) los hierros se clasifican en dos grandes grupos: 1.- Hierros Maleables y 2.- Hierros de Fundición.

1.- Comprenden: a.- Los hierros puros, con un contenido de carbón menor que 0.08% y b.- Los Aceros, que varían desde pequeñas cantidades de carbón hasta 1.7%. Los que contienen menos de 0.83% se llaman aceros "Hipoeutectoides" y los que contienen mas, "Hipereutectoides", los que contienen de 1.7 a 2.2% se les llama Semi-aceros, nombre que también se aplica a los hierros de fundición maleable.

2.- Los hierros de fundición son aquellos que contienen mas de 2.2% de carbón, hasta 6.7% que representa el máximo, aunque en la práctica los hierros con mas de 5% de carbón no son de importancia. Los que tienen menos de 4.3% se llaman "Hipoeutectoides" y los que tienen mas de 4.3% se llaman "Hipereutectoides". Por su forma de solidificación y en parte de su constitución, se dividen en: Hierros de fundición Blanca, Hierros de Fundición gris y Hierros de fundición - atruchada.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO.- Aunque las propiedades de los hierros varían mucho con la presencia de varios elementos, tales como; carbón, silicio, manganeso, azufre, etc. se puede considerar primero la aleación hierro-carbón y después la influencia de los demás elementos. En la figura 24 (Pag. 58) se encuentra el diagrama de constitución. Se observa que es una combinación de varios tipos simples. El primero o sea hasta 1.7% de carbón (punto E) es de un tipo de combinación, indicando una aleación de dos elementos (Fe y C) solubles al estado líquido y sólido a alta temperatura y parcialmente solubles al enfriarse. La primera parte se representa por el área ABCE (el área -- ABJNH correspondiente al hierro delta no se considera por no ser de importancia. (Fig. 16) y la segunda por el área inferior.(Fig. 17). El segundo representa aleaciones de 1.7 a 6.7% de Carbón. similares al tipo Eutéctico (Fig. 15, Pag. 34).

1.- HIERROS.

Quedan comprendidos en el lado izquierdo del Diagrama (área AHN y GPQ). Presentan cuatro puntos de inflexión: 1,535°C., 1,400°C y -- 770°C. correspondiente a 4 estados alotrópicos: Delta (δ), Gamma (γ), Beta (β), y Alfa (α), respectivamente. La forma Delta, que es la primera obtenida, no es de importancia en la práctica, puesto que se forma solo por encima de la temperatura de Forjado y de trabajo en caliente (1,400 a 1,535°C), tiene cristales cúbicos con átomos centrales y carácter magnético. La forma γ existe entre 910° y 1,400°C, está formada por cristales cúbicos con átomos en el centro de las caras, no es magnética. La forma Beta se llama mejor hierro para magnético, ya que se ha encontrado que tiene la misma estructura cristalina que el hierro α y solo se manifiesta por un pequeño cambio en la curva al llegar a 770°C, habiendo una pérdida de magnetismo abajo de ésta temperatura. La forma α se presenta abajo de los 910°C, tiene cristales cúbicos de átomo central, es magnética. Al transformarse en hierro γ cambia la estructura cristalográfica y se afecta la solubilidad del hierro-carbón, lo cual tiene gran influencia en las propiedades físicas y en la estructura. A 1,130°C la solubilidad máxima del carbón es de 1.7% (hierro γ) mientras que a 723°C (α) es so-

lo de 0.4%, disminuyendo a lo largo de la línea "GS". La línea "ES" indica que el aumento en la proporción de carbón disminuye la temperatura de transformación del hierro en hierro.

PROPIEDADES.- La forma normal de los hierros es el hierro con algo de carburo de hierro. Desde el punto de vista práctico pueden considerarse como "PERRITA" cuyas propiedades presentan. Se caracterizan por ser más resistentes a la corrosión que los aceros de bajo carbón, sin embargo son fácilmente atacados por los ácidos diluidos, para protegerlos de la oxidación se galvanizan. Las propiedades del hierro forjado ya fueron estudiadas (véase Pág. 51). La Ferrita se pone de manifiesto cuando se tratan muestras pulimentadas con tintura de yodo o solución alcohólica de ácido Pírico al 5%, dando formas poliédricas, derivadas del sistema cúbico. Cuando aparece en aceros extradulces indica fragilidad. Es suave, dúctil, soluble, de baja relación elástica. Resistencia a la tensión 2,800 kgs./cm² (28 Kgs/mm²) alargamiento 40% en 2".

2.- ACEROS.

CONSTITUCION.- En la región de los aceros se presentan los cambios siguientes: 1.- Si se enfría una aleación fundida de composición "W", correspondiente a los aceros Hipoeutectoides (Hasta .83% de C), no sufre ningún cambio hasta el punto B, aquí empieza a solidificarse como una aleación de carburo de hierro (cementita) en hierro "Gamma" llamada "AUSTENSITA" (tipo de solubilidad total, pág.35). La austenita no sufre cambio hasta el punto M, pero al llegar se transforma en hierro puro a lo largo de la línea GS, aumentando el contenido de carbón de la solución hasta 8.83%, correspondiente a la formación del Eutectoide (S) a 723°C. La estructura resultante es una mezcla de Ferrita y Cementita, típica de los aceros Hipoeutectoides llamada "PERLITA", no habiendo mayor cambio de fases con el enfriamiento. La aleación final es una estructura heterogénea, consistente de Ferrita mas Perlita, dependiendo la proporción de ésta del contenido de carbón, alcanzado 100% a .83%.

2.- Los cambios de enfriamiento de una aleación "X" son típicos de Aceros Hipereutectoides (0.83 - a 1.7% de C), la solidificación empieza a la temperatura "e" con la separación de Austenita y se completa a la temperatura "f"--; el mecanismo es similar al descrito para la aleación "W", no habiendo cambio al enfriarse hasta "g", aquí se empieza a solidificar Cementita (Fe₃C) a lo largo de la línea "ES" disminuyendo la proporción de Austenita, hasta llegar a la composición "S" (0.83% a 723°C, en que se forma el Eutectoide o perlita, estabilizándose la aleación en una estructura Heterogénea de Cementita y Perlita. La Cementita aumenta y disminuye la Perlita cuando el contenido de carbón aumenta de 0.83 a 1.7%. La proporción de los componentes puede verse en el diagrama de composiciones (arriba). La Perlita se tiñe de blanco con ácido Pírico o yodo dando estructura laminar (láminas paralelas superpuestas) o globular cuando se observa a gran aumento (500 a 1,500 diámetros). Es dura y menos dúctil que la ferrita, resistencia a la tensión 9,000 kgs./cm², con un alargamiento de 15% en 2 ". La Cementita no se tiñe con el ácido Pírico sino con soluciones de Picratos alcalinos, apareciendo en forma de estrías negras. Se forma en los aceros recocidos y durante el proceso de cementación, es de gran dureza y fragilidad, tiene un elevado límite elástico, igualando a su resistencia a la tensión.

Los cambios descritos solo se efectúan cuando el enfriamiento es lento, pero cuando no es así, se verifica una serie de cambios --

que hacen variar las propiedades de los aceros (véase pág.38, efectos de la velocidad de enfriamiento). Si el enfriamiento pudiera ser inmediato, se formaría "Austenita" pura, pero esto no se logra en la práctica mas que para Acero níquel y Acero manganeso. Cambiando la velocidad de enfriamiento se forman diferentes productos de transformación de la austenita, propiedad que tiene gran importancia en la práctica para cambiar las propiedades de un acero dado. La velocidad de enfriamiento lograda, depende del tamaño de la pieza y del medio enfriador, en este sentido pueden usarse en orden de rapidez: -- Plomo fundido (327°C), aire, aceites minerales (pesado, medio y ligero), mezclas de glicerina y agua y finalmente agua helada. En estas operaciones se calienta la pieza por encima del grado crítico antes del endurecimiento, para disminuir los efectos del enfriamiento o de los tratamientos mecánicos, la elevación de temperatura debe ser lenta y se introduce en el medio cuando está aumentando. La operación de calentamiento anterior se conoce como "Recocido", la temperatura de calentamiento disminuye con el porcentaje de carbón, de 900°C (.12) a 800°C (1.0). Si el enfriamiento se efectúa al aire y no en el horno como en la anterior, la operación se llama "Normalización". El enfriamiento en agua de hielo produce la "Martensita", producto semejante a la Austenita, pero con cristales de átomos centrales, magnética, en forma de agujas (aciculares), de gran dureza, aunque no tanto como la cementita, pero muy frágil. Su dureza y fragilidad aumentan con su contenido de carbón. La de menos de .83% de C. tiene Ferrita (suave) y la hipereutectoide "Cementita", más dura. Se considera como una solución excesivamente saturada de carbón en hierro alfa, que cede por calentamiento partículas de carburo. Es el principal constituyente de los aceros endurecidos. Si el enfriamiento se verifica en aceites (mas lento), se forma la llamada "Troostita". Forma masas amorfas en los aceros bien templados, se caracteriza porque junto con la "Troostita" (troostita-Sorbita), de propiedades semejantes, se tiñe de color negro con el ácido pírico y de azul oscuro con solución anilica de ácido nítrico; vista con poco aumento aparece formada por Perlita finamente laminada; cuando se obtiene por templado de la Martensita, o sea por calentamiento de 200° a 400°C. se llama "Troostita secundaria" y aparece como una estructura granular, con partículas de carburo finamente divididas. Es algo mas suave y dúctil que la Martensita, pero de gran dureza. Tiene una resistencia de 11,000 Kgs/cm² y un alargamiento de solo 4% en 2". Se emplea para partes de herramienta, por su gran dureza. Finalmente, cuando el enfriamiento es lento, por ejemplo al aire o en plomo fundido para aceros bajos, o en aceites para aceros medios, se produce una mezcla finamente dividida de Troostita y Perlita, llamada "Sorbita". Es de color gris plata, brillante, característica por su gran tenacidad, por lo cual se emplea en aceros para rieles, puentes, vigas, etc. y en general para piezas sujetas a choques. Se ataca con ácido pírico, dando una masa oscura en vetas delgadas, de estructura laminar, también puede obtenerse por calentamiento de la Martensita entre 400 y 600°C., en este caso presenta estructura granular, con gruesas partículas de carburo, tiene una resistencia de 9,000 kgs./cm². Se considera como una Perlita no bien desarrollada, de la cual se distingue por su mayor resistencia y límite elástico con una gran ductilidad, siendo mas dúctil que la Troostita, pero menos que la Perlita, con un alargamiento de 10% en 2".

El endurecimiento producido por enfriamiento rápido (Martensita)

UNIVERSIDAD DE NUEVA LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Año 1975