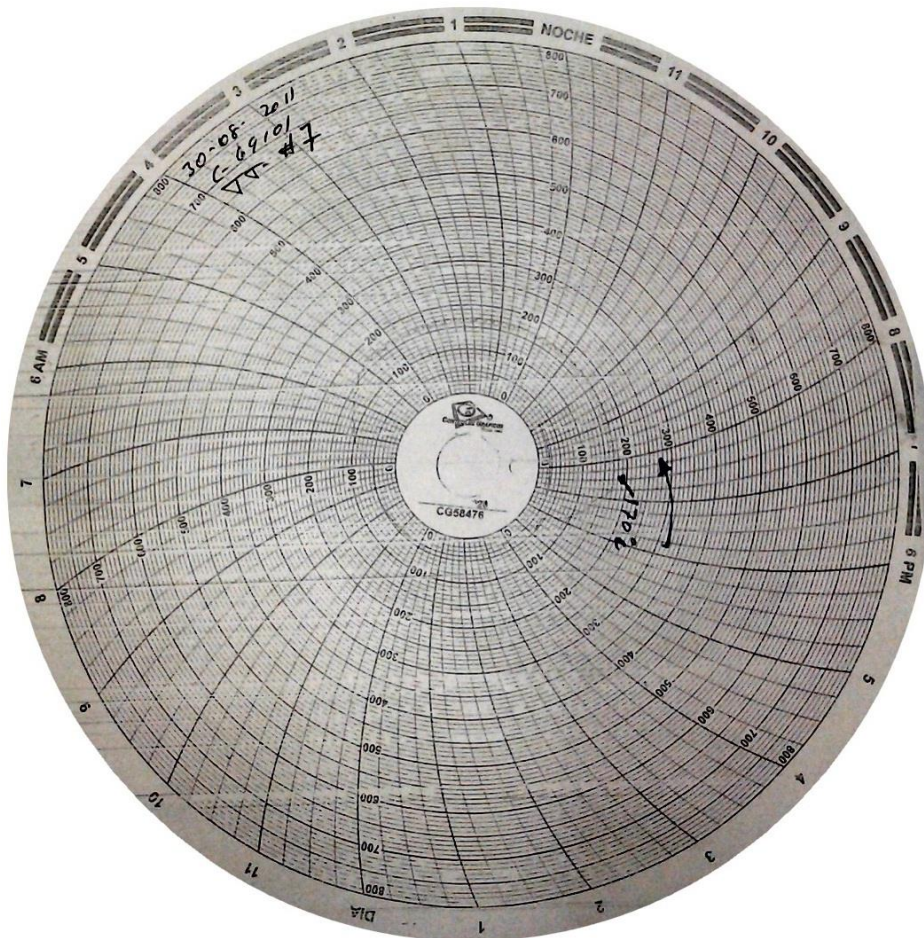


TRATAMIENTOS TÉRMICOS



TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Tienen por objeto el obtener una determinada estructura interna cuyas propiedades permitan alcanzar alguno de los siguientes objetivos:

- ▶ Lograr una estructura de menor dureza y mayor maquinabilidad.
- ▶ Eliminar Tensiones internas para evitar deformaciones después del mecanizado.
- ▶ Eliminar la acritud ocasionada por el trabajo en frío.
- ▶ Conseguir una estructura más homogénea.
- ▶ Obtener máxima dureza y resistencia.
- ▶ Variar alguna de las propiedades físicas.

Austenita

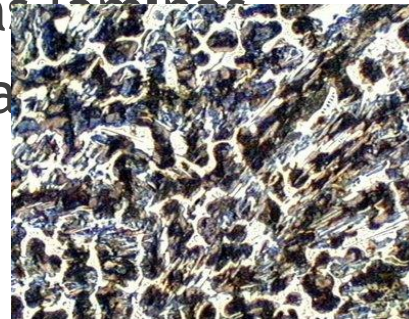
- ▶ Es una solución sólida de carbono o carburo de hierro en hierro gamma [γ].
- ▶ La máxima solubilidad en estado sólido del carbón en la austenita es del 2,08% a 1.148°C y disminuye a un 0,8% a 723°C.
- ▶ Puede contener desde 0 - 1,7% de carbono.
- ▶ Su resistencia es de 88 - 105 Kp/mm² aprox.
- ▶ Su dureza de 300 Brinell.
- ▶ Su alargamiento de 30 a 60%.
- ▶ Es poco magnética, blanda, muy dúctil y tenaz.
- ▶ Tiene gran resistencia al desgaste, siendo el constituyente *más denso* de los aceros.

Ferrita

- ▶ La ferrita es hierro alfa [α] ó sea hierro casi puro, que puede contener en pequeñas cantidades soluciones de silicio, fósforo y otras impurezas.
- ▶ Su resistencia es de 28 Kp/mm² aprox.
- ▶ Su dureza de 90 HB (unidades de Brinell).
- ▶ Su alargamiento de 35 a 40%.
- ▶ Es él *mas blando* de todos los constituyentes del acero, muy dúctil, maleable y una excelente maquinabilidad.
- ▶ Es magnética a temperaturas inferiores de los 768° C y no magnética entre los 768° C y los 910° C.
- ▶ Su capacidad para disolver carbono es prácticamente nulo 0,022%.

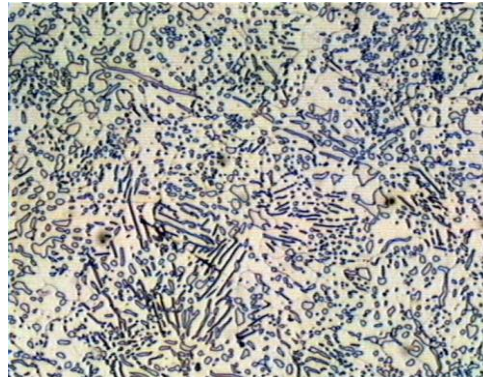
Cementita

- ▶ Cementita o también llamada carburo de hierro $[\text{Fe}_3\text{C}]$ contiene el 6.67% de carbono y el 93.33% de hierro.
- ▶ Es el constituyente **más duro y frágil** de los aceros al carbono.
- ▶ Su dureza es superior a los 68 HRc (Rockwell - C).
- ▶ Por su gran dureza queda en relieve después del pulido pudiendo conocerse perfectamente el contorno de los granos o de las laminas.
- ▶ Es magnética a la temperatura ambiente y pierde esta propiedad a 218°C .



Perlita

- ▶ Es una mezcla ferrítica alfa y cementita Fe_3C en laminas paralelas producida por la descomposición eutoctónica de la austenita.
- ▶ Esta contiene aprox. seis partes de hierro y una de carburo, lo que corresponde a 11,7% de Cementita y 88,3% de Ferrita.
- ▶ Tiene una resistencia de 80 Kp/mm².
- ▶ Un alargamiento de 15%.

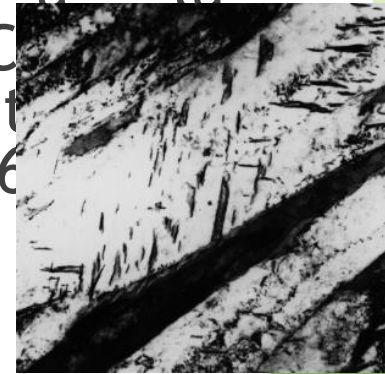
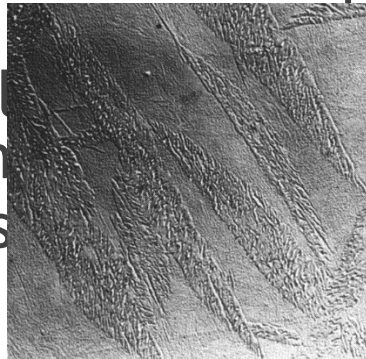


Ledeburita

- ▶ Es un constituyente de naturaleza eutéctica que se forma a temperatura constante: 1.145°C . Su composición química es fija con 4,3% de C. Está formada por un 52% de Cementita y un 48% de Austenita saturada de carbono.
- ▶ Teniendo en cuenta que la austenita no es estable a temperatura ambiente, debemos pensar que tampoco lo será la ledeburita, ya que en el enfriamiento la austenita se transforma en Perlita o Cementita.
- ▶ La microestructura típica es conocida con el nombre de carburo Ledeburíticos (L).

Bainita

- ▶ **Bainita superior:** Es de aspecto arborescente, formada a $500-550^{\circ}\text{C}$. Las placas discontinuas de los carburos tienden a tener una orientación paralela a la dirección de las agujas de la propia bainita.
- ▶ **Bainita inferior:** Tiene un aspecto acicular bastante parecido a la martensita, formada a $250-400^{\circ}\text{C}$. Las placas de carburos son pequeñas y paralelas entre sí, formando un ángulo de 60° con el eje de las agujas de la ferrita.



Martensita

- ▶ Esta formado por una solución sólida sobre saturada de carbono de hierro $[\gamma]$ en hierro alfa $[\alpha]$, y que se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde altas temperaturas.
- ▶ Es **magnética** y se aumenta su **dureza**, **resistencia** y **fragilidad** con el contenido en carbono [hasta un máximo de 0,09% aprox.]
- ▶ Su resistencia es de 170 a 250 Kp/mm².
- ▶ Su dureza es de 50 a 68 HRc (Rockwell - C).
- ▶ Su alargamiento es de 2,5 a 95%.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

- ▶ **RECOCIDO.**
- ▶ **NORMALIZADO.**
- ▶ **TEMPLE.**
- ▶ **REVENIDO.**

FASES

► CALENTAMIENTO

La primera operación de todo tratamiento térmico es el calentamiento adecuado.

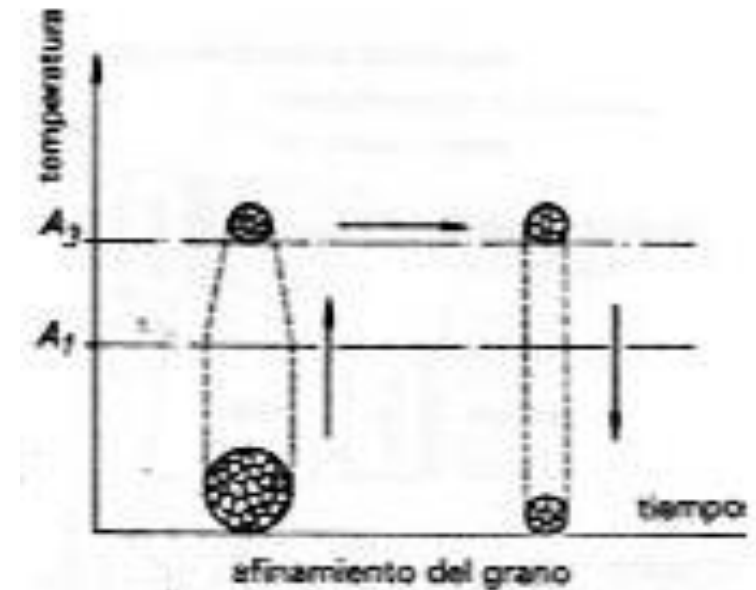
En la mayoría de los tratamientos térmicos la T de calentamiento es ligeramente superior a la de transformación A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} .

A_1 . T eutéctica, A_3 ferrita+austenita- austenita, A_{cm} austenita+cementita-austenita

- El calentamiento debe ser de tal forma que la diferencia de T, entre el exterior y el interior, sea mínima; la duración del calentamiento depende del diámetro de la pieza.

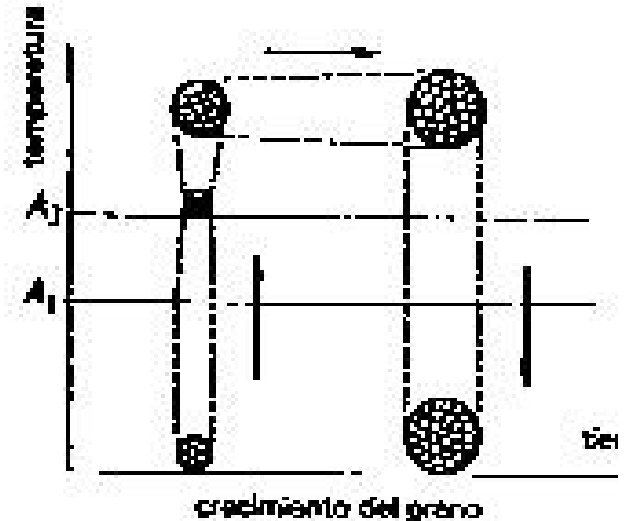
INFLUENCIA DE LA T EN EL TAMAÑO DEL GRANO

Al calentar, desde la T de ambiente hasta los puntos de transformación, el grano disminuye de tamaño; y, aunque esté largo tiempo a esa T, el tamaño no aumenta.



INFLUENCIA DE LA T EN EL TAMAÑO DEL GRANO

- ▶ El tamaño del grano aumenta considerablemente al aumentar la T por encima del punto de transformación y con el tiempo
- ▶ Cuando el tamaño del grano es muy grande puede llegar a quemarse



TRATAMIENTOS TÉRMICOS SIMPLES

Comúnmente se aplican cuatro tratamientos térmicos a los aceros al carbono.

- ⊙ **Recocido en proceso –eliminación del trabajo en frío.** La ferrita en aceros con menos de 0.25% de C se endurecen mediante deformación o trabajo en frío. El tratamiento térmico de recristalización utilizado para eliminar el efecto del trabajo en frío se denomina recocido en proceso. El recocido se efectúa entre 80 y 170 °C por debajo de la temperatura A_1 (temperatura del eutectoide).

Recocido y normalizado.

©Es posible refinar el Fe_3C controlando la velocidad de enfriamiento cuando la austenita se transforma en perlita.

©Si se realiza un enfriamiento muy lento desde la temperatura austenítica, la perlita es gruesa –este tratamiento se denomina *recocido completo*.

©Un enfriamiento rápido al aire produce perlita fina, y este tratamiento se denomina *normalizado*.

Recocido en Hipo e Hiper

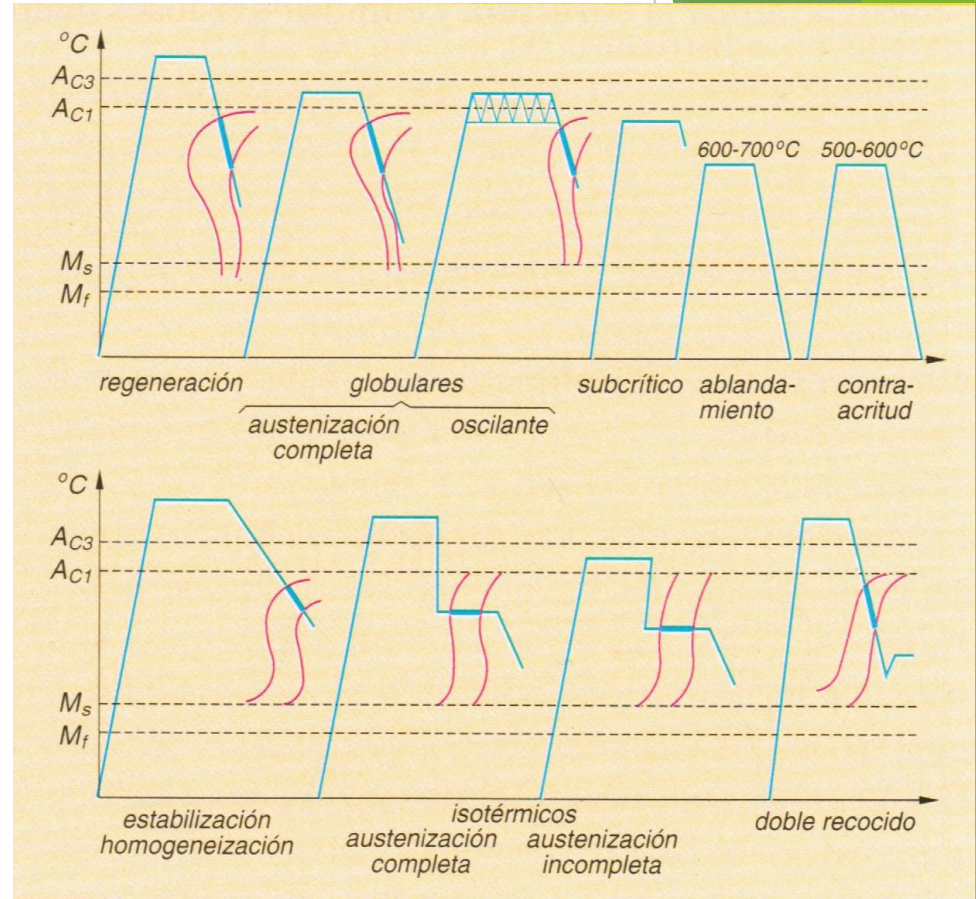
- ❖ Los aceros hipoeutectoides son **recocidos** calentándolos $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura A_3 para producir austenita homogénea (austenitización). Después el acero es enfriado en un horno, por lo que se tienen bajas velocidades de enfriamiento. Puesto que se tiene mucho tiempo para la difusión, la ferrita primaria y la perlita son gruesas y el acero tiene baja resistencia mecánica y adecuada ductilidad.
- ❖ Los aceros hipereutectoides son primero calentados $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima de A_1 , sin calentar más allá de A_{cm} ya que se formaría una capa continua de Fe_3C en los bordes de grano de la austenita y causaría una fragilización. La austenitización justo por encima de A_1 permite la formación de carburos redondeados de Fe_3C . Después del austenitizado el acero se enfría en el horno para producir Fe_3C discontinuo y perlita gruesa.

RECOCIDO

Los objetivos que se persiguen son:
Eliminar tensiones del temple.

Aumentar la plasticidad,
ductilidad y tenacidad.

Conseguir una
microestructura específica.



Normalizado

- ❖ Los aceros se normalizan calentándolos hasta 55 °C por encima de A_3 o de A_{cm} , dependiendo de la composición del metal.
- ❖ Después del austenitizado el acero se saca de horno y se deja enfriar al aire.
- ❖ Tal enfriamiento proporciona mayores velocidades de enfriamiento y perlita más fina.
- ❖ El acero hipereutectoide puede ser normalizado por encima de A_{cm} porque, debido a la mayor rapidez de enfriamiento, el Fe_3C tiene menor oportunidad de formar una capa continua en los límites de grano de la austenita.

- ▶ **Normalizado:** se denomina normalizado por que se entiende que con este tratamiento los aceros obtienen sus **propiedades normales**.
- ▶ Se someten a este tratamiento piezas que han sufrido deformaciones en caliente, en frío o bien que han tenido enfriamientos irregulares o sobrecalentamientos.
- ▶ También nos sirve para eliminar un tratamiento térmico previo. Con el normalizado se reducen tensiones internas provocadas por las causas anteriores, así como una unificación del tamaño de grano.

Esferoidización –mejoramiento de la maquinabilidad.

• Los aceros de alto carbono, que contienen un gran contenido de Fe_3C , tienen características de maquinabilidad deficientes. Durante el tratamiento se requiere tiempos prolongados (12 a 15 h) a unos 30°C arriba de A_1 , el Fe_3C se aglomera en partículas esféricas para reducir el área de frontera. La microestructura, conocida como esferoidita, tiene ahora una matriz de ferrita blanca y maquinable.

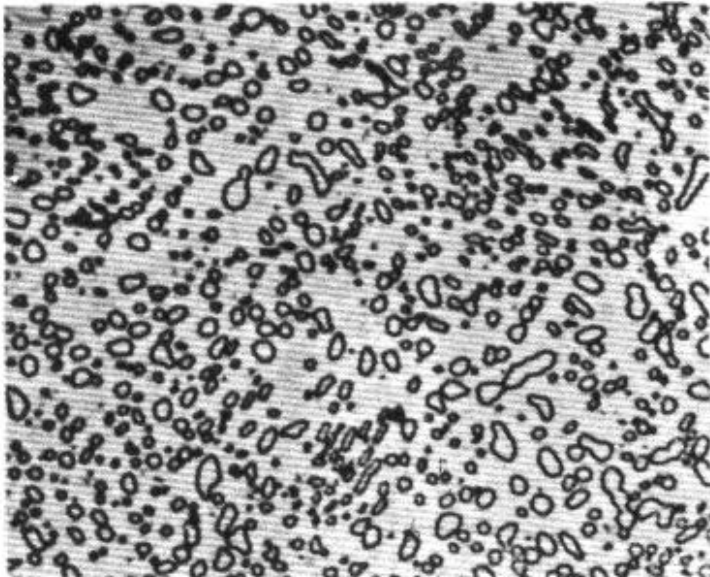


FIG. 10-14 Microestructura de la esferoidita con partículas dispersas de Fe_3C en una matriz de ferrita. De *Metals Handbook*, Vol. 7, 8a. ed., American Society for Metals, 1972.

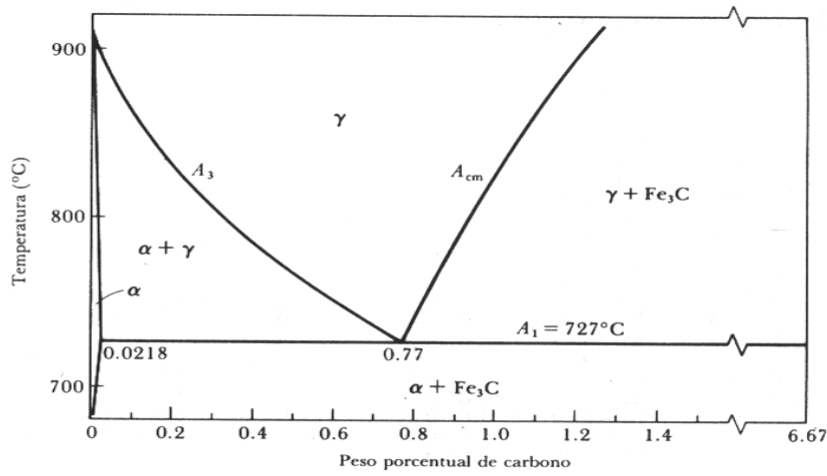
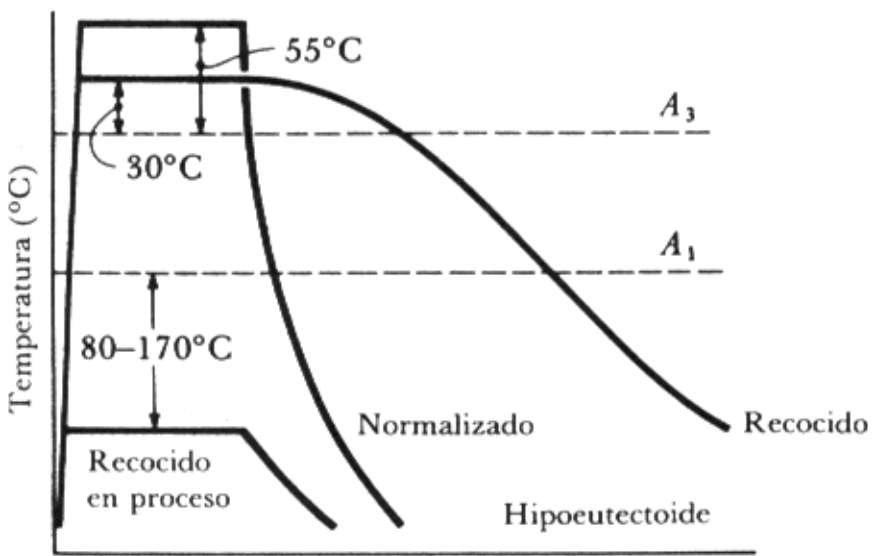
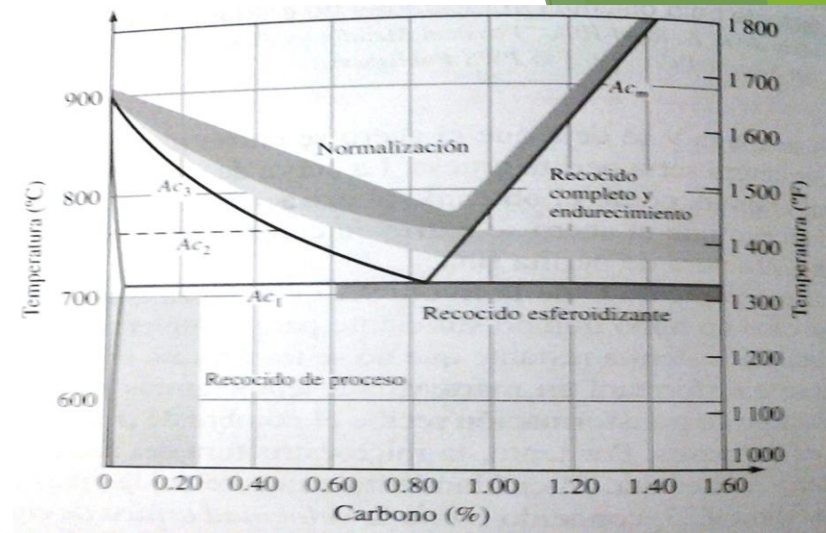
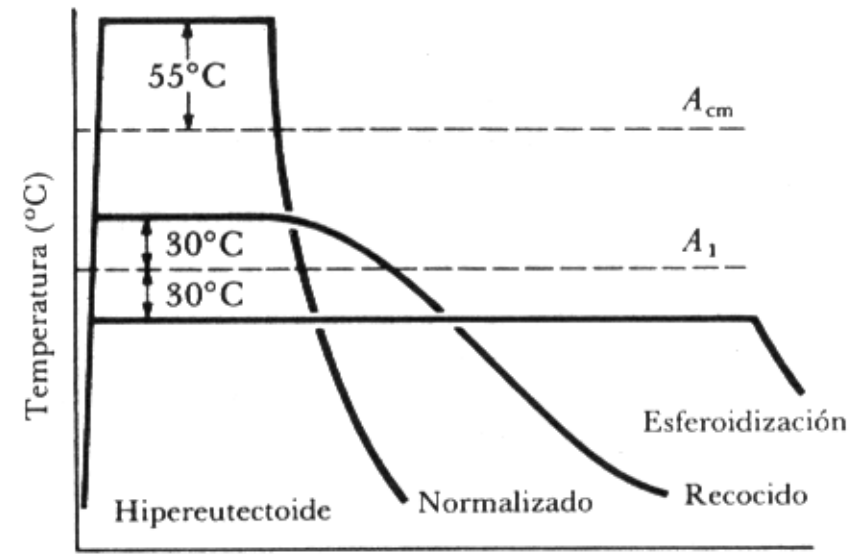


FIG. 10-11 Porción eutectoide del diagrama de fases Fe-Fe₃C.



(a)



(b)

FIG. 10-12 Resumen esquemático de los tratamientos térmicos simples para los aceros (a) hipoeutectoides, (b) hipereutectoides.