

DIAGRAMA Fe-C Y Fe- Fe_3C

• Aleaciones Fe-C

Lo primero que debemos destacar a la hora de abordar el tema de las aleaciones férmicas, son las fases allotrópicas que presenta el hierro a presión atmosférica; son tres:

- Fase α = Ferrita. Se trata de una estructura bcc caracterizada por ser blanda y dulcia. Temp. -273 a 910 °C.
- Fase γ = Austenita. Estructura fcc (compacta). Se caracteriza por su plasticidad. Temp. 910 - 1400 °C.
- Fase δ = Ferrita δ . También de estructura bcc es una fase que no nos interesa. Temp. 1400 - 1539 °C.

Si seguimos el orden en que se nombran las fases allotrópicas del hierro, nos llama la atención que no haya una fase β . Esto se debe a que en un principio, se notaba un cambio entre las fases α y γ , una transformación que ocurría en torno a los 900 °C pero que no era un cambio de estructura. Se trataba de un cambio en cuanto al magnetismo; a esa temperatura, la variedad dejaba de ser ferromagnética pero la red era la misma. Como no se trataba de una transformación allotrópica en si, se elimina.

Volviendo a las fases allotípicas, debemos destacar que la transformación que se produce de α a γ no es una transformación convencional. Lo normal es que al aumentar la temperatura, la estructura se haga menos compacta; sin embargo, a 910 pasamos de una red bcc a una fcc (más compacta!). Esta "paradoja" se explica mediante el mecanismo de Bain de cambio de red: las redes fcc y bcc no son tan diferentes; podríamos considerar una "dentro de la otra". Se requiere un acortamiento del parámetro de la red mediante cizalladura.

Si aumentamos mucho la presión (ver fig 1e), va aumentando la temperatura de fusión, pues cada vez se tiene una menor facilidad para el cambio de volumen. La variedad menos compacta desaparece: el punto crítico α - γ va disminuyendo y el γ - δ aumenta, así hasta que desaparece. A muy altas presiones desaparece la fase α apareciendo una nueva variedad denominada fase ϵ , de red hexagonal compacta.

Cuando se añade una pequeña cantidad de carbono, éste en principio intenta disolverse: por sustitución es imposible, pues es muy pequeño, luego recurre a la inserción en los huecos de la red. ¿En qué red cabe?

FASES ALOTRÓPICAS DEL HIERRO

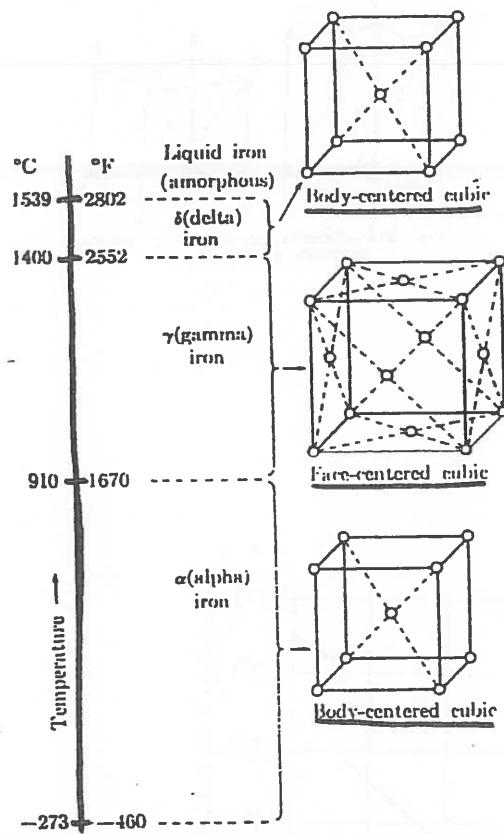


Fig. 6.13 The temperature ranges in which the allotropic forms of iron exist under equilibrium conditions at atmospheric pressure.

Table B 2.1 Characteristic properties of the α - and γ -lattices of pure iron

	Body-centered α -lattice	Face-centered γ -lattice
Volume of the unit cell	a^3	a^3
Number of lattice sites per unit cell	2	4
Number of first nearest neighbors in crystallographic direction	8	12
Spacing r_1 between first nearest neighbors	$\langle 111 \rangle$	$\langle 110 \rangle$
Number of second nearest neighbors in crystallographic direction	$r_1^2/a^2 = 3/4$ $r_1 = 0.866a$	$r_1^2/a^2 = 1/2$ $r_1 = 0.707a$
Spacing r_2 between second nearest neighbors	$\langle 100 \rangle$	$\langle 100 \rangle$
	a	a

MECANISMO DE BAIN DE CAMBIO DE RED

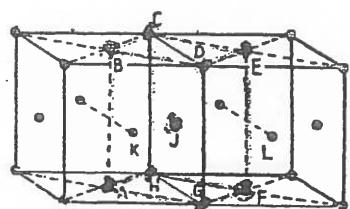


Fig. 337.—Transformación $\gamma \rightarrow \alpha$ según Bain.

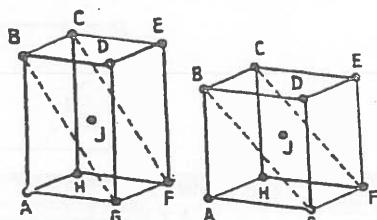


Fig. 338.—Celdilla tetragonal y cúbica centrada en el cuerpo.

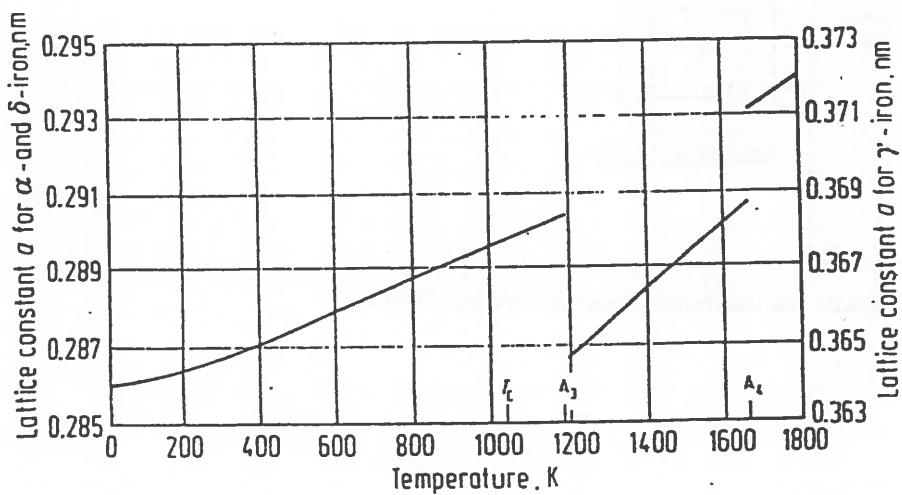


Fig. B 2.2. Change in the lattice constant of iron as a function of temperature.

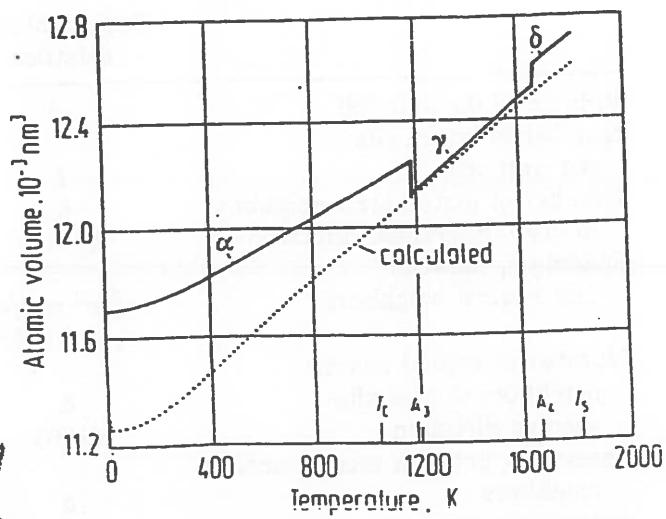
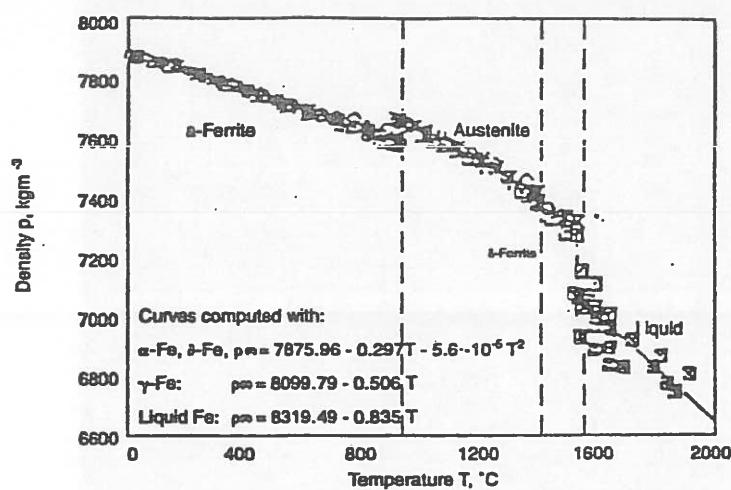


Fig. B 2.3. Change in the atomic volume of iron as a function of temperature.

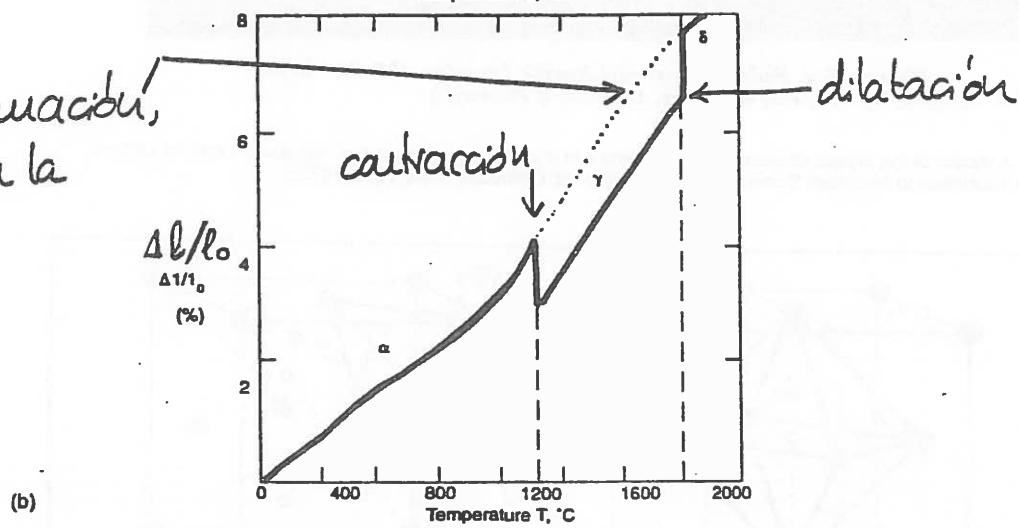
Cambio de volumen en las transformaciones:

M1106



(a)

sería una continuación,
pues α y δ tienen la
misma red.



(b)

Fig. 2-1 (a) Density versus temperature (measured values and chosen function given by lines and equations) for pure iron. The sources of the experimental data are cited in the reference. (b) Length changes (relation to 20°C) versus temperature for pure iron derived from the information in (a). ((a) Adapted from A. Jablonka, K. Harste and K. Schwerdtfeger, Steel Research, Vol 62, p 24 (1991))

Fase a altas
presiones: E

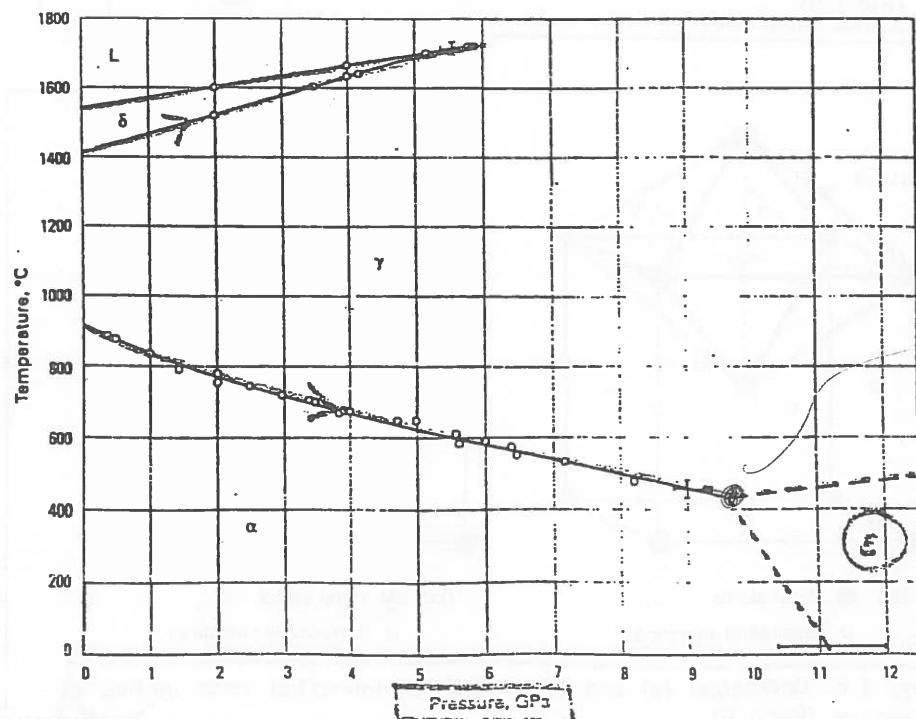
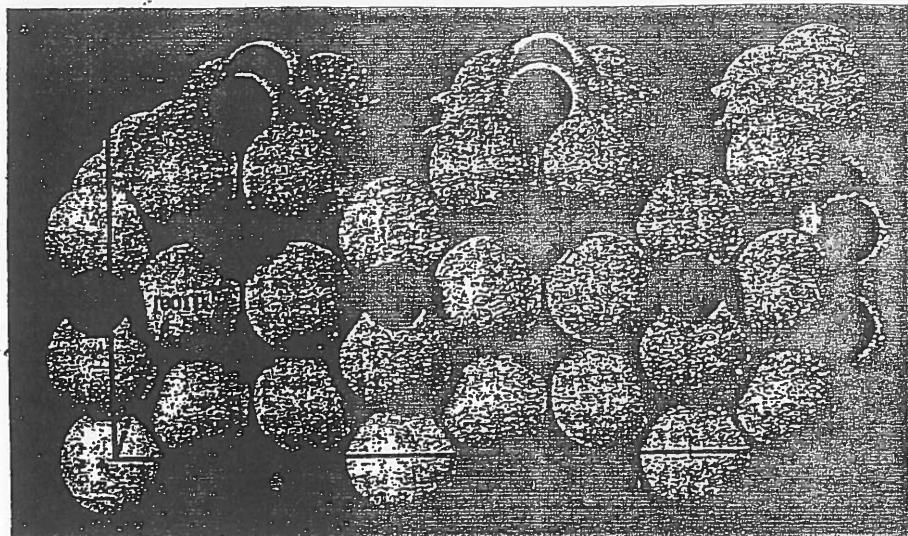
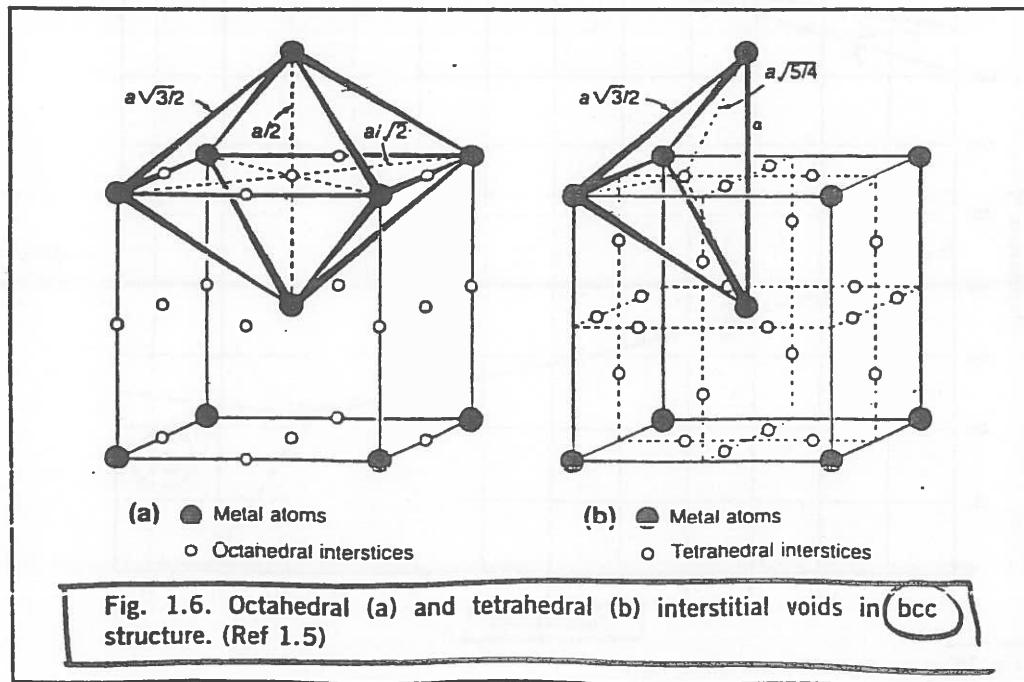
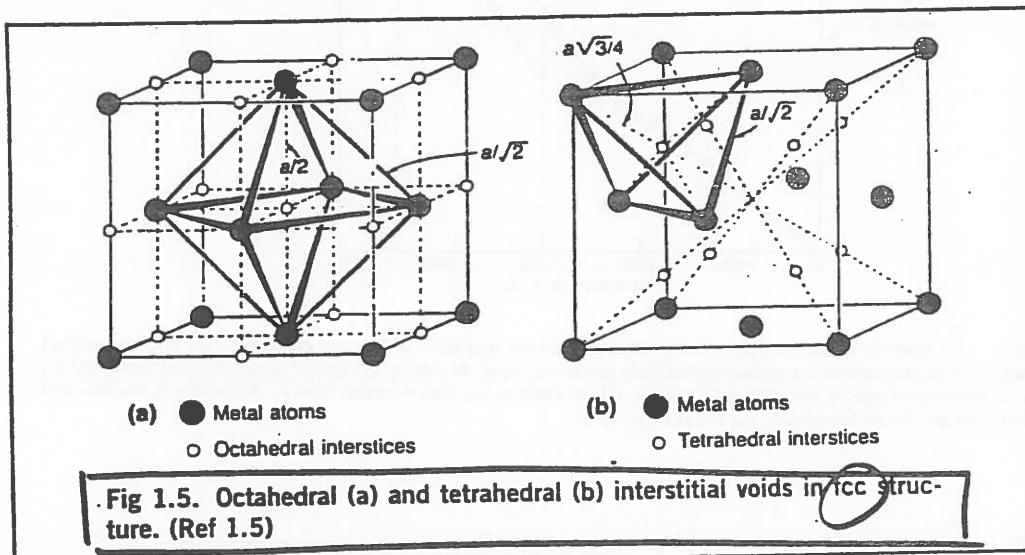


Fig. 18 Phase diagram for iron. Source: Ref 1



(Courtesy E. J. Faris, Fundamental Research Laboratory, U.S. Steel Corporation, and G. A. Jeffrey, Crystallography Laboratory, University of Pittsburgh.)

Fig. 2-3 A model of the crystal structure of Fe₃C, which is a complex compound of iron and interstitial carbon.
(A.G. Guy, *Introduction to Materials Science*, McGraw-Hill Book Company, New York (1972))



Es muy importante la relación de tamaños: si el hierro y el átomo de carbono tienen más o menos el mismo tamaño, se disuelve; si no, la distorsión de la red será demasiado grande. Vamos a analizar la solubilidad del C en ferrita y austenita, teniendo en cuenta que el diámetro atómico del C es de 0'07 nm.

Valores a $T = 912^\circ\text{C}$	α Ferrita bcc	γ Austenita fcc
Parámetros de red (nm)	0'2906	0'3647
Radio atómico (nm)	0'1258	0'1289
Tamaño hueco octaédrico (nm)	0'01887	0'053
Tamaño hueco tetraédrico (nm)	0'03661	0'029

- Radio atómico austenita > ferrita: debido a la diferente ordenación de los átomos.
- Según el tamaño del C, vemos que en la ferrita no cabe en ninguno de los huecos. El poco carbono que cabe en la estructura se introduce en los huecos octaédricos de la austenita a temperaturas elevadas.

*** El C se disuelve en el hierro a temperaturas pero no a T bajas. Se disuelve en Yno en α .

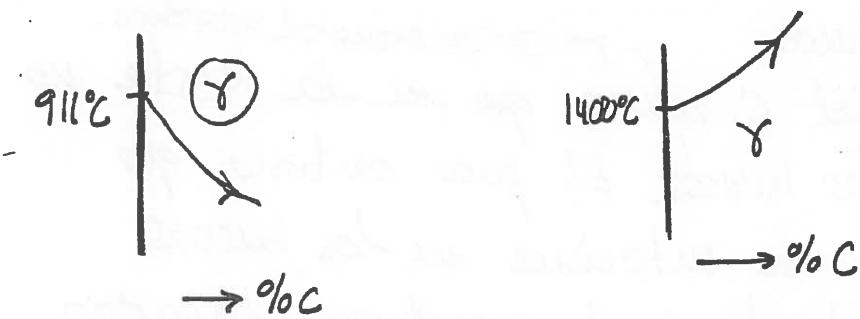
En estos huecos, el octaedro está muy achatado, en dirección vertical se distorsiona bastante, pero no en el plano horizontal.

El carbono que no cabe forma carburo de hierro (Fe_3C), cementita. Este compuesto se caracteriza por ser muy duro y, por tanto, muy frágil.

El diagrama Fe-C, prácticamente análogo al Fe- Fe_3C que vamos a analizar ahora, es fundamentalmente más estable pero menos común debido a su leña critica.

• Morfología del diagrama Fe- Fe_3C

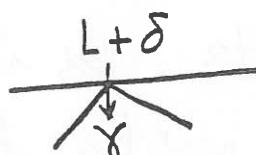
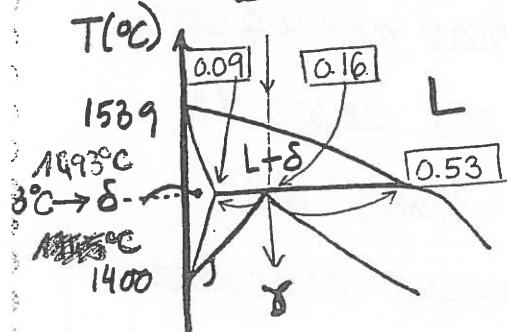
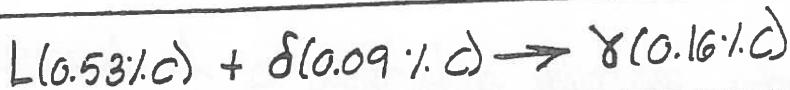
El carbono hemos visto que "increda" menos en la red fcc de la austenita, luego cuando aumenta el % de contenido en carbono, el material tiende a no transformarse a la red bcc pues tendría que expulsar el carbono que ya tiene disuelto. Por tanto, aumenta la zona donde es más estable : fase γ (austenita) :



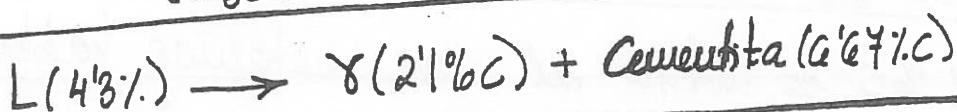
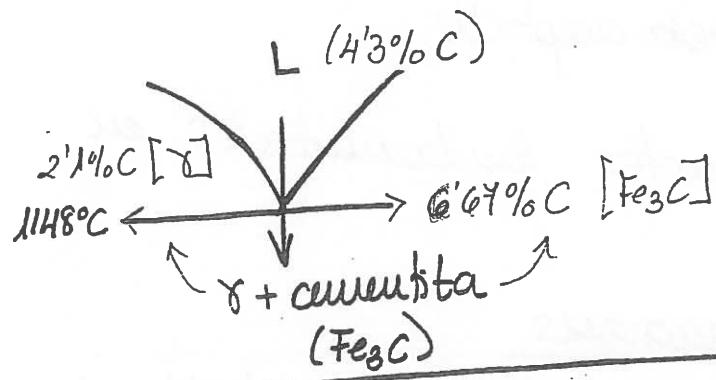
Además, según aumenta el contenido de carbono, disminuye la temperatura de fusión.

Este comportamiento frente a la adición de carbono desemboca en las siguientes reacciones.

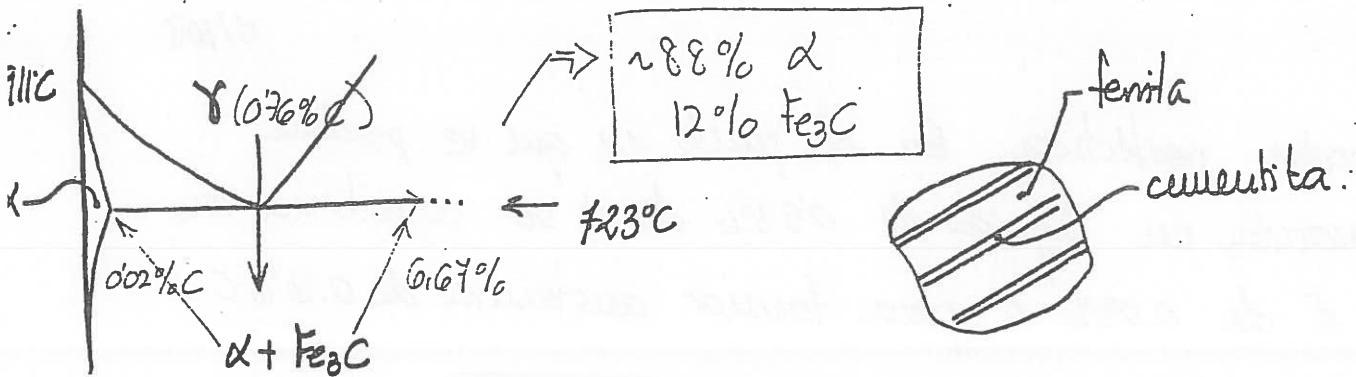
- Reacción peritectica. En el punto en que se produce esta reacción, un líquido de 0,53% de C se combina con ferrita δ de 0,09% C para formar austenita de 0,16% C:



- Reacción eutéctica. En el punto en que se produce la reacción un líquido del 4,3% C forma austenita del 2,1% C y cementita del 6,67% C. Reacción a 1148°C.



- Reacción eutectoide: en el punto en que se produce esta reacción, la austenita sólida de 0,77% C da lugar a ferrita, d. del 0,02% C y cementita del 6,67% C. 723°C.



El producto de esta reacción eutectoide es la denominada perlita: es una estructura laminar de placas alternadas de ferrita- α y cementita. En la figura 2-5 vemos la microestructura de la perlita: las líneas finas son las láminas de cementita y las más gruesas corresponden a la ferrita, como es lógico pues su cantidad es mucho mayor (aplicando ley de paráca). La ferrita es un elemento blando, tenaz y de bajo límite elástico, mientras que la cementita es un material durísimo: obtenemos que la perlita tiene una dureza aceptable.

Podemos distinguir dos partes fundamentales en el diagrama:

• clasiificación de las aleaciones

Cuando el %C es inferior al 2%, estamos hablando de aceros. A temperatura elevada, está formado por una única fase γ (f.c.) luego tiene muy bajas propiedades de plasticidad, una gran capacidad de

IGRAMA FASES Fe-Fe₃C

11/109

Hansen's Wicht-Diagramm

Octubre, 1990

New Iron-Carbon Alloy Phase Diagram

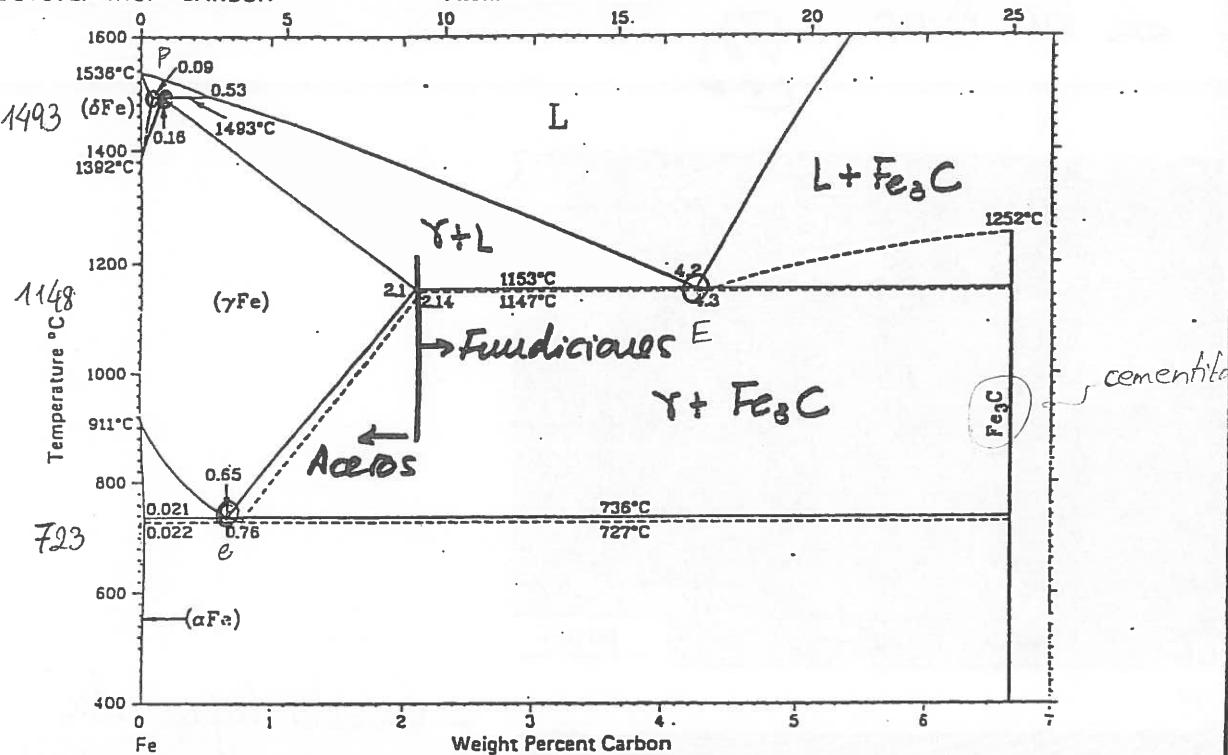
A newly-revised Iron-Carbon Alloy Phase Diagram will appear in the Second Edition of Binary Alloy Phase Diagrams to be pub-

lished in December by ASM. Principal differences over previous evaluations are at low-temperature and in metastable phases.

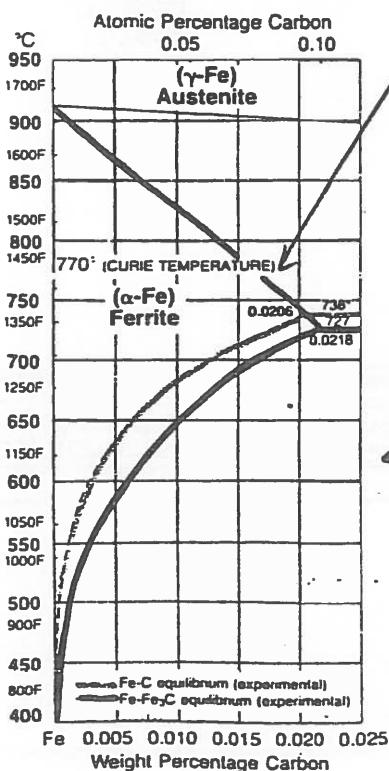
The Fe-C diagram will also be published in atomic percent as well as weight percent shown here.

THE SYSTEM IRON-CARBON

Atomic Percent Carbon



First ASM European heat treating event



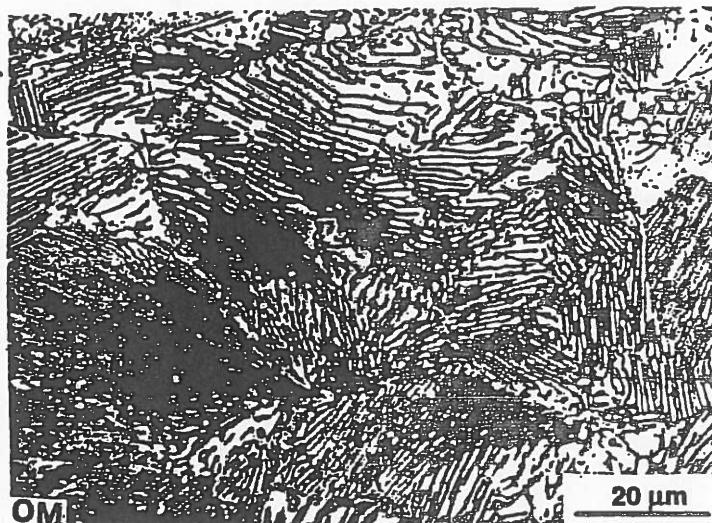
Temperatura a la que se produce la fase β, denominada punto de Curie

← Vemos la pequeña diferencia existente entre los diagramas Fe-C y Fe - Fe₃C

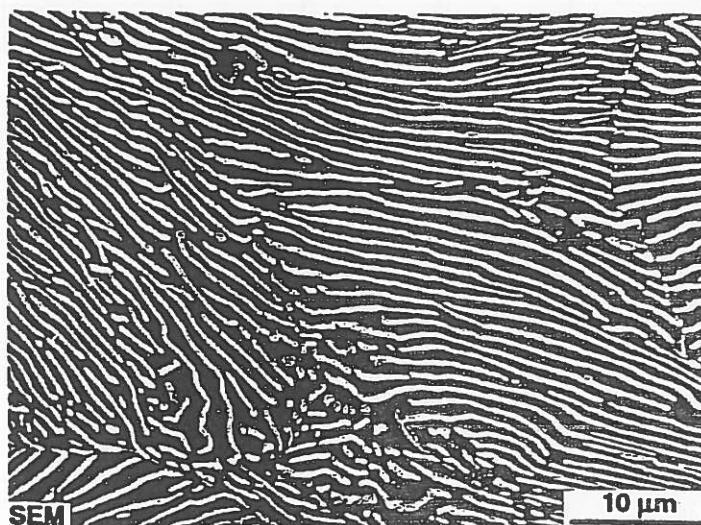
Fig. 1.4. Fe-rich side of Fe-C diagram, showing extent of ferrite phase field and decrease of carbon solubility with decreasing temperature. (Ref 1.12)

MICROESTRUCTURA DE LA PERLITA

→ las láminas de cementita aparecen en negro;
son las finas



(a)



(b)

Fig. 2-5 The microstructure of pearlite, which consists of regions of alternate plate crystals of ferrite and iron carbide. The structure is revealed by careful polishing of the surface and then etching with a chemical which dissolves the ferrite, leaving the Fe₃C plates standing in relief. In optical microscopy (a), the carbide plates appear as black lines. In scanning electron microscopy (b), the carbide plates appear white at high magnification.

✓ En esta figura la cementita aparece en blanco



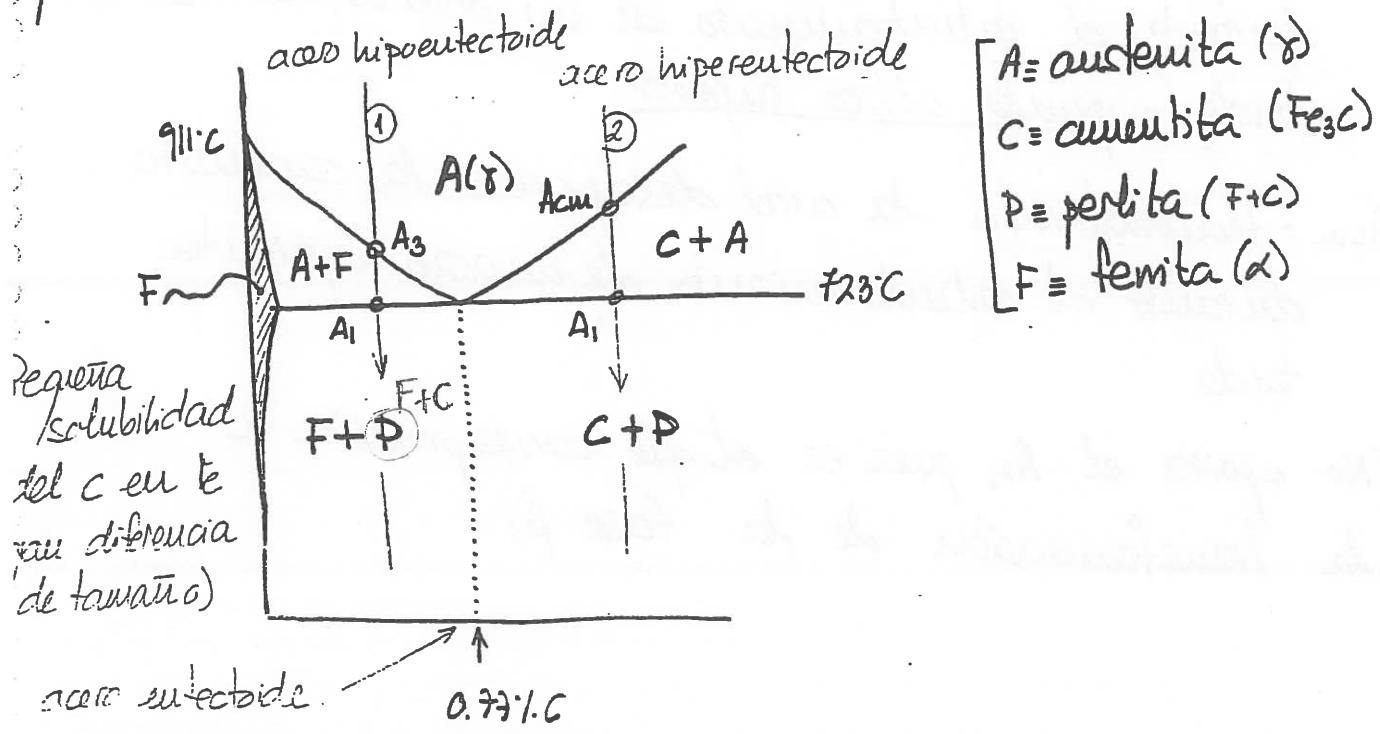
deformación. Por tanto es muy bueno para la forja, por su buen conformado. El inconveniente es que tenemos que calentar a temperaturas muy altas para fundirlo.

→ Bueno para forja, malo para moldes

A partir del 2% de contenido en carbono, hablamos de fundiciones; por su alto contenido en cementita, son muy duras, y por tanto frágiles, luego son malo para la forja pero buenas para el moldeo. Se favorece el moldeo, además, por la menor temperatura de fusión.

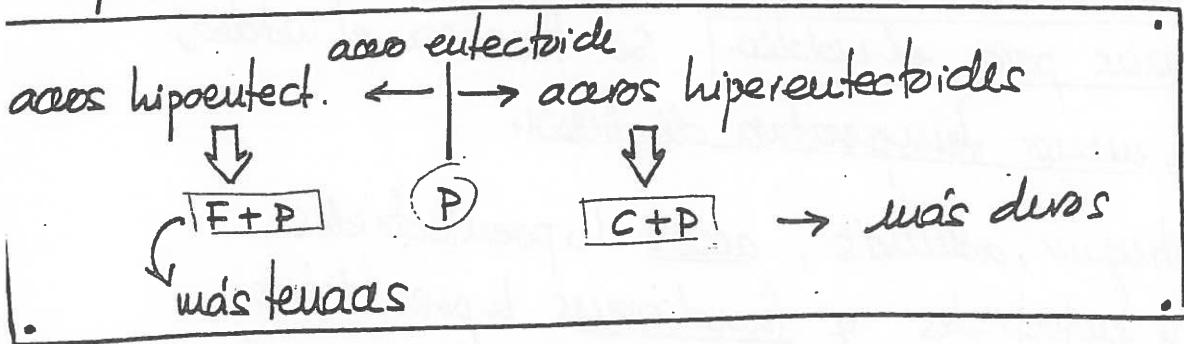
Todavía distinguir, además, aceros hipoeutectoides, hiperentectoides y eutectoides y fundiciones hiperentécticas, hiperentécticas y eutécticas, según su contenido en carbono correspondiente.

Si nos centramos en la zona de la reacción eutéctica, podemos ver los diferentes puntos críticos que se presentan:



(1) La austenita que queda sin transformar, al llegar a la temperatura del eutectoide, se transforma en perlita. Por tanto, la austenita de composición hipoeutectoide da lugar a ferrita + perlita.

(2) Analogamente, la austenita que no ha terminado de transformarse da lugar a perlita de composición eutectoide. Obtenemos, por tanto, desde una composición hipereutectoide, cementita + perlita



Puntos críticos:

A_1 : temperatura a la cual desaparece la perlita durante el calentamiento = punto crítico inferior

A_3 : temperatura a la cual desaparece la ferrita durante el calentamiento de un acero hipoeutectoide = punto crítico superior

A_{cm} : temperatura a la cual desaparece la cementita durante el calentamiento de un acero hipereutectoide

(No aparece el A_2 , pues es el que corresponde a la transformación de la fase β)

M/111

Evolución de la microestructura durante el enfriamiento lento de un acero hipoeutectoide

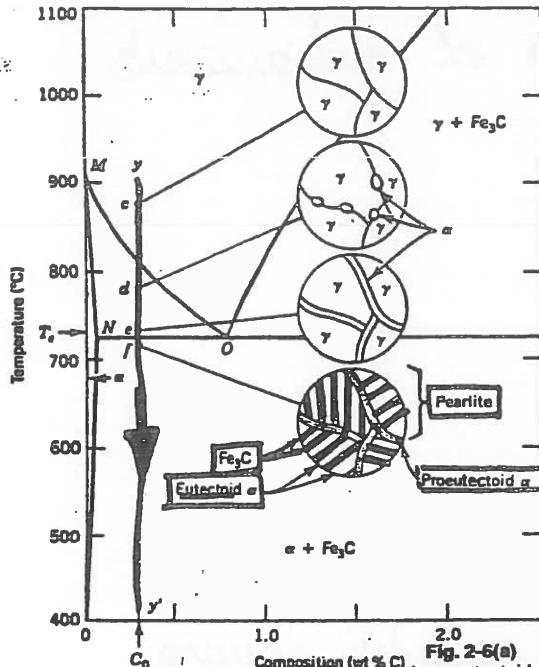


Fig. 2-6(a) Depiction of the formation of proeutectoid or primary ferrite from austenite upon cooling slowly a hypoeutectoid steel. (Adapted from W.D. Callister, Materials Science and Engineering, Wiley, New York (1985). Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.) (continued)

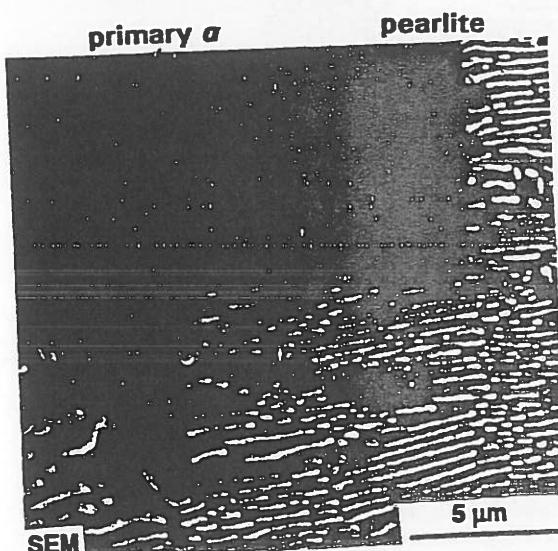
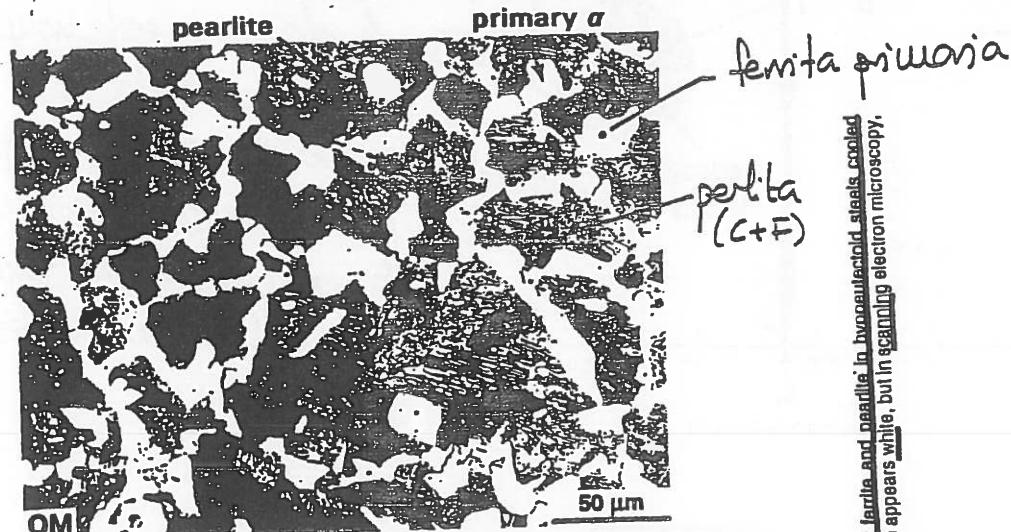
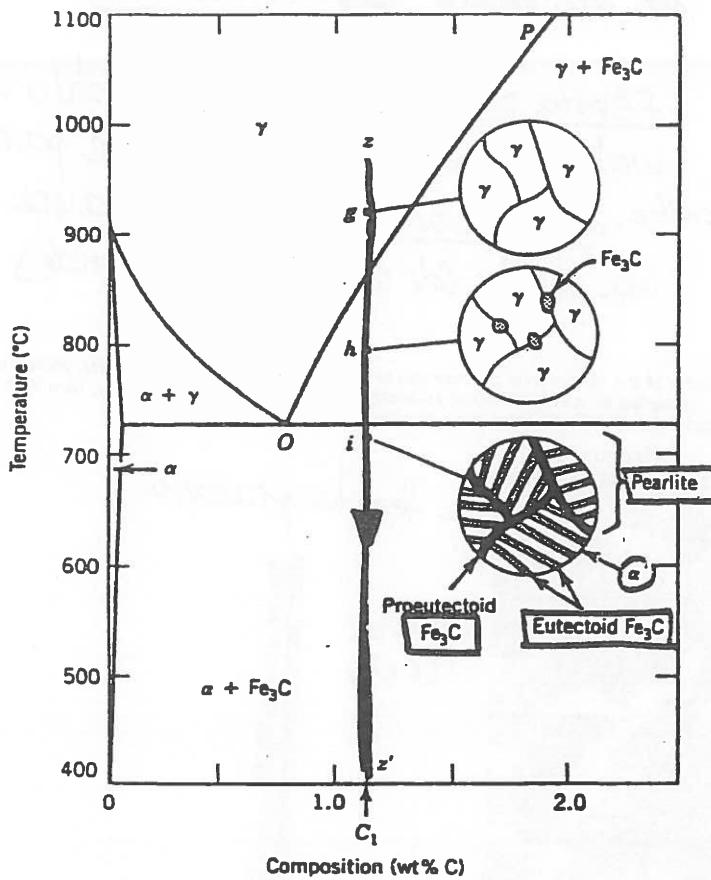
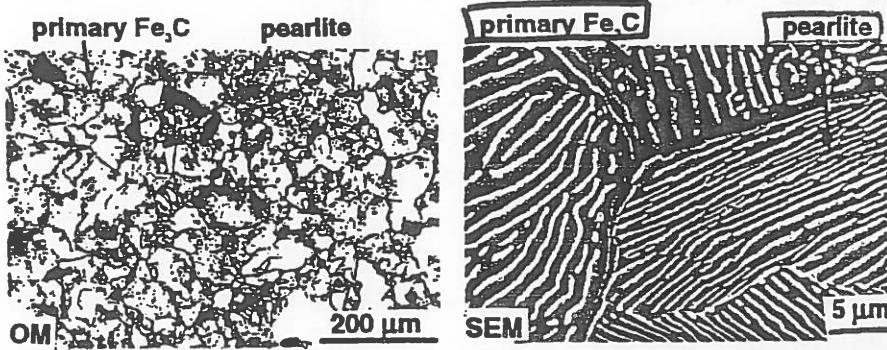


Fig. 2-6(b) (continued) Microstructures showing Rudman's ferrite and needle in hypoeutectoid steel cooled slowly from austenite. In optical microscopy, the primary ferrite appears white, but in scanning electron microscopy, it appears dark.

Evolución de la microestructura durante el enfriamiento lento de un acero hipereutectoide



(a)



(b)

Fig. 2-7 (a) Depiction of the formation of proeutectoid or primary iron carbide from austenite upon cooling slowly a hypereutectoid steel from W.D. Callister, *Materials Science and Engineering*, Wiley, New York (1985). Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc. (b) Microstructures showing primary iron carbide and pearlite in a hypereutectoid steel cooled slowly from the austenite region. In the low magnification optical micrograph on the left, the primary carbide appears as dark lines outlining the prior austenite grain boundaries. The primary carbide is resolved at higher magnification in the scanning electron micrograph on the right.

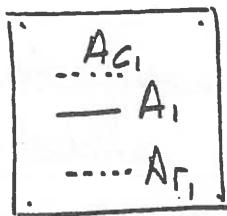
- austenita primaria:
le damos este nombre
a la austenita que
actua de matriz (rojo)
para diferenciarla de
la austenita que forma
la perlita (campo eutect.)
(en verde)

Estas son temperaturas de equilibrio, teóricas. Cuando en un proceso real calentamos o enfriamos, tenemos gradientes térmicos; como ademas cada transformación necesita un determinado tiempo, p.e. la temperatura a la que desaparece la perlita, A_1 , no es tal, sino una un poco superior (debido a la inercia térmica). Esos puntos se denominan Ac_1 y Ac_3 cuando se trata de calentamiento, y Ar_1 , Ar_3 cuando enfriamos. Estos últimos serán inferiores, se transforman un poco por debajo.

A_1 , A_3 : valor teórico diagrama

Ac_1 , Ac_3 : valor real al calentar

Ar_1 , Ar_3 : valor real al enfriar



• Procesos de fabricación del acero

La obtención de los aceros se realiza en los altos hornos, y debido al proceso, siempre aparecen impurezas, pequeñas cantidades de, p.e, S y P que provienen del mineral original. El óxido de hierro se reduce en los altos hornos con carbono, pero luego hay que eliminar el exceso de carbono. Para ello, éste se oxida formando CO_2 , pero si éste no se elimina correctamente aparecen posos: aceros calmuados (desoxidados) y efervescentes (posos).

Durante la solidificación, como vimos, se produce segregación principal y dendrítica: concentraciones no homogéneas tanto en alturas como en impurezas.

También hemos de tener en cuenta los afinautes de grano, que se añaden en cantidades muy pequeñas:

- . Al (0.08%) como nitruros
 - . V, Nb y Ti (^{Nitruz} 0.05%) como carburos y nitruros según temperaturas disponibles prácticas (fusión, p.e.)
- Es necesario controlar el % N.

• Cuerpo del acero: agrupación de una serie de características determinantes de la calidad: segregación, impurezas, defectos... Es una "marca de fábrica", que no se puede cambiar con tratamientos posteriores.

• Fusión del lingote: afina el grano, pilla problemas de segregación; hace un recocido contra austenita, pero es un proceso muy delicado en el que hay de controlarse muy bien T y t.

• Durante el proceso de solidificación, podemos distinguir dos tipos de cristalización:

- cristalización primaria, en la que aparecen los constituyentes primarios lantita y cementita y la eutéctica como matriz

- cristalización secundaria: formación de perlita en el eutectoide; constituyentes proeutectoides

Cementita globular en una matriz de ferrita.

Es más estable en
una estructura
matrix-disperso que
el disperso sea
estéril.

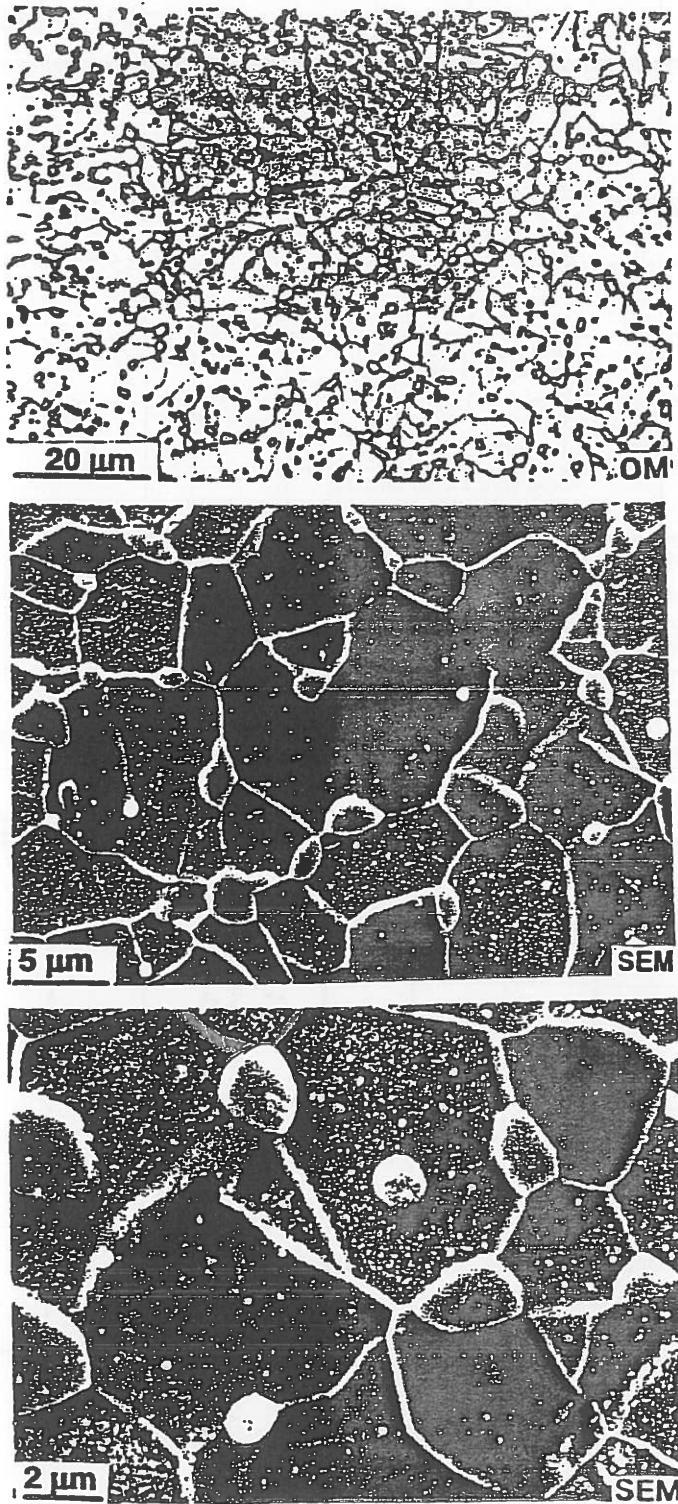
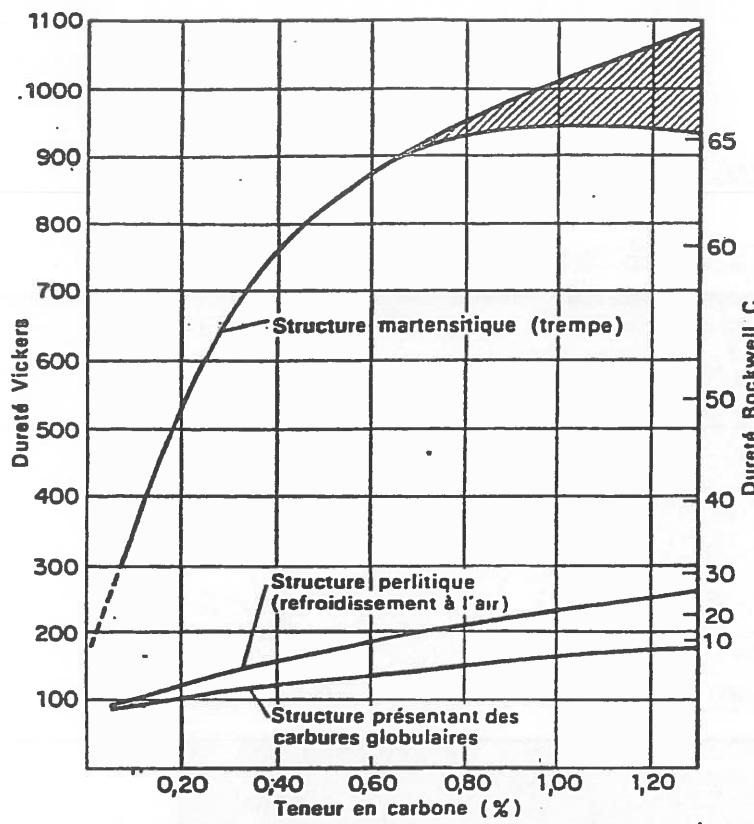


Fig. 2-8 The microstructure of spheroidite, consisting of spherical "globs" of carbide crystals in ferrite



Dureza de un
acero en función
del I.C.

FIG. 2.32. — Variation approximative de la dureté des aciers au carbone dans trois états structuraux en fonction de la teneur en carbone.

Courbe supérieure : martensite complètement durcie

Courbe médiane : structure lamellaire et constituants proeutectoides formés par refroidissement normal après laminage

Courbe inférieure : carbures grossièrement globulaires (dureté minimale des aciers commerciaux),

Range de variación de los puntos otros en un proceso real.

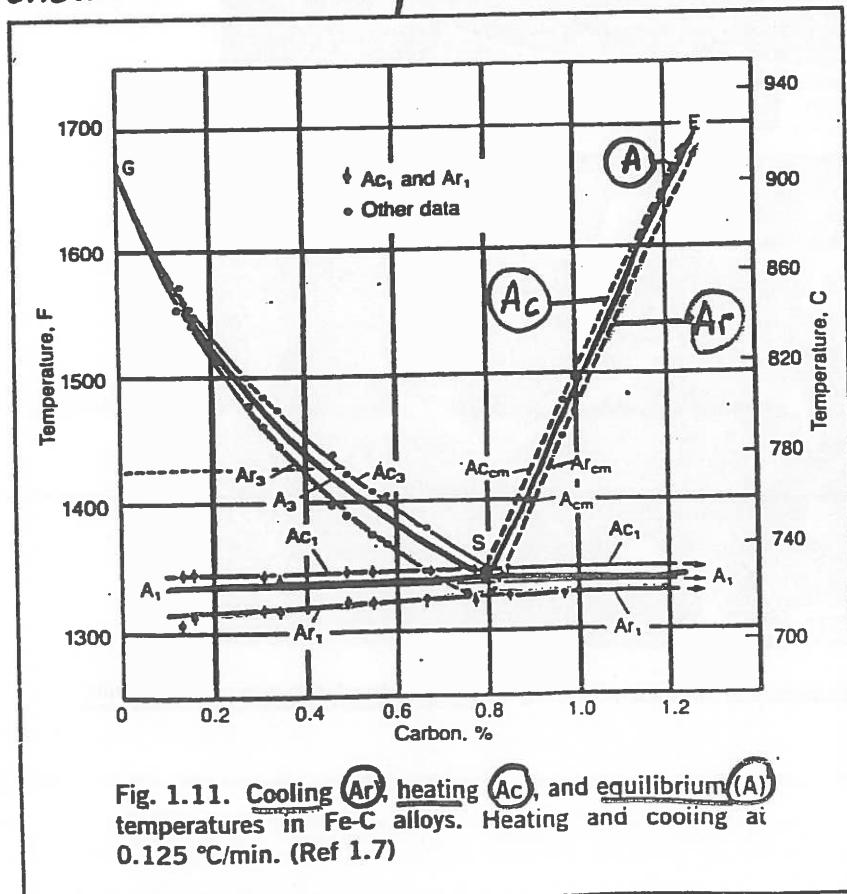


Fig. 1.11. Cooling (Ar), heating (Ac), and equilibrium (A) temperatures in Fe-C alloys. Heating and cooling at 0.125 °C/min. (Ref 1.7)

(ferrita y acacita) como matriz y eutectoide (perlit) como disperso. En aceros hipoeutectoides se forman vetas de perlita en una matriz de ferrita y en aceros hipereutectoides en una matriz de acacita (ver M/III)

- El tamaño de grano obtenido durante el enfriamiento depende de la velocidad a que se realiza el mismo. Hemos de tener en cuenta que vamos a heredar el tamaño de grano austenítico, luego éste ha de estar muy cuidado.
- Como hemos visto, al tener los procesos térmicos una cierta velocidad, necesitar un tiempo y la fuerza térmica, se producen modificaciones en el diagrama % de transformación frente al térmico: aparecen puntos críticos múltiples, Ac y Ar, franjas de concentraciones en tanto a la eutéctica que se comportan como ella, ...

● Fundiciones

Según hemos visto, definimos las fundiciones como las aleaciones ferreas cuyo contenido en carbono es superior al 2% en peso. Las fundiciones tienen temperaturas de fusión y viscosidad de la fase líquida relativamente bajas, no forman capas superficiales indeseadas durante la colada y experimentan una contracción moderada durante la solidificación y el enfriamiento. Las fundiciones deben mantener un equilibrio entre una buena conformabilidad

de formas complejas y unas propiedades mecánicas inferiores a las de las alianzas de forja.

Una fundición se conforma para obtener la morfología final colado el metal fundido en un molde; el metal solidificado mantiene la forma del molde. Al obtenerse una microestructura menos uniforme con algo de porosidad, las propiedades mecánicas resultantes son inferiores.

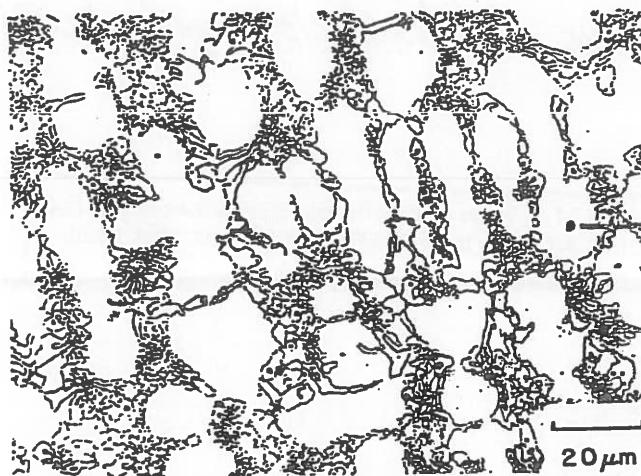
Existen cuatro tipos generales de fundiciones.

. Fundición blanca. Tiene una superficie de obra característica cristalina y blanca. Durante el moldeo se forman grandes cantidades de cincuenta (magnetita), dando lugar a un material duro y frágil. Se emplea cuando se busca resistencia al desgaste.

. Fundición gris laminar. Tiene una superficie de obra gris con una estructura formada de finas caras. Un contenido significativo de silicio (2-3%) favorece la precipitación del grafito (C) en lugar de la de la magnetita (Fe_3C). Las placas afiladas y puntiagudas de grafito contribuyen a la fragilidad característica de esta fundición.

. Fundición gris modular. Añadiendo una pequeña cantidad de Magnesio al metal fundido de composición correspondiente a la fundición gris, se

M1115



FUNDICIÓN BLANCA

cementita
perlita.

Fig. 14.9. Microstructure of white cast iron which solidified as primary dendrites of austenite and interdendritic eutectic structure of austenite and cementite. Light micrograph. Courtesy of J. McClain, Colorado School of Mines, Golden

FUNDICIÓN GRIS LAMINAR

(problemas de concentración de tensiones en las láminas)
grafito.

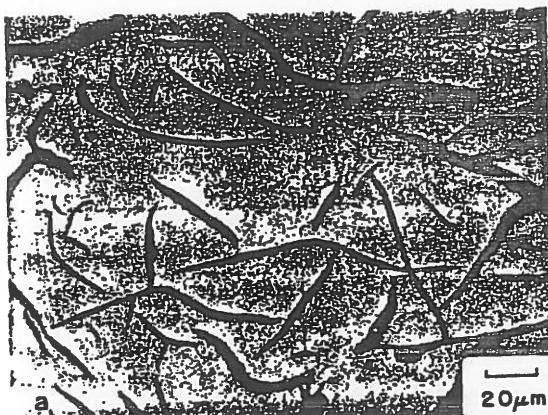


Fig. 14.3. Microstructure of gray cast iron. Graphite is in flake form. (a) Unetched. (b) Etched with nital. Light micrographs. Courtesy of J. McClain, Colorado School of Mines, Golden

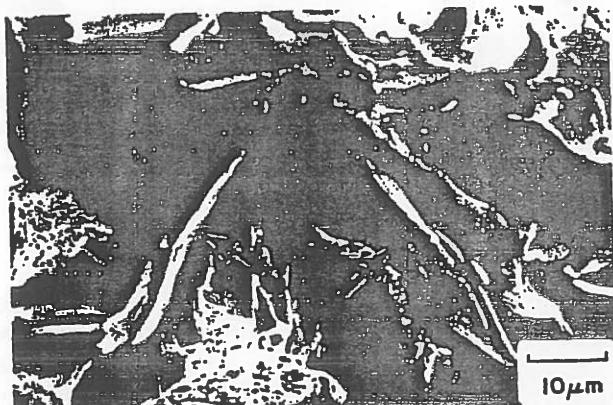


Fig. 14.4. Fracture surface of gray cast iron. Arrows point to graphite flakes. Scanning electron micrograph. Courtesy of S. Diets and R. McGrew, Colorado School of Mines, Golden

Tipos de fundición gris laminar.

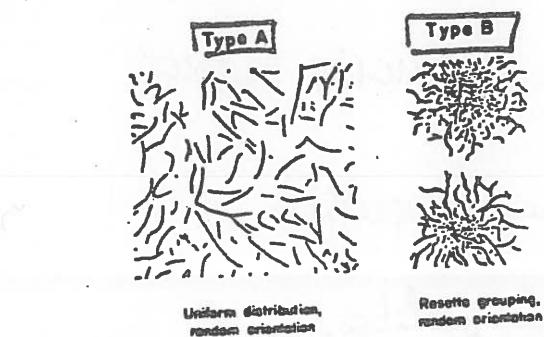
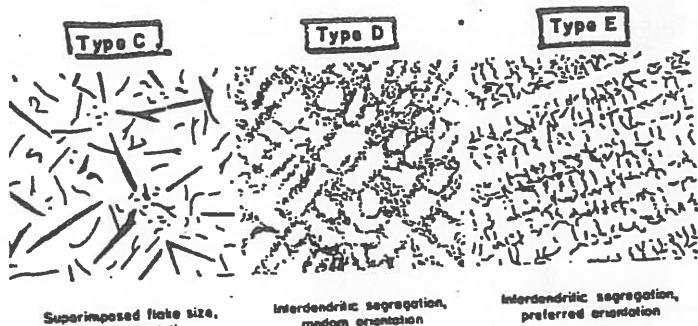


Fig. 14.5. Types of graphite flake distributions in gray cast iron according to AFS-ASTM specifications. (Ref 14.5)



fundición Gris nodular. (Anadieudo Mg)

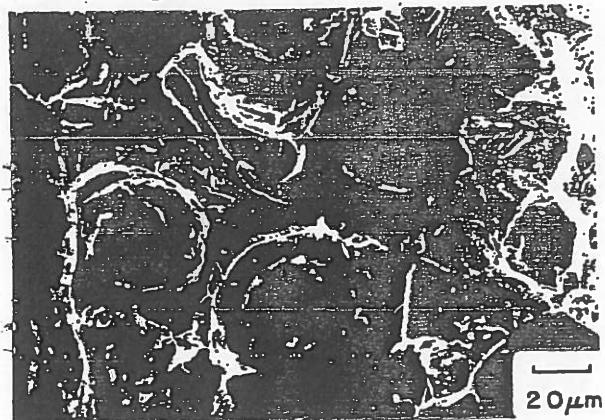
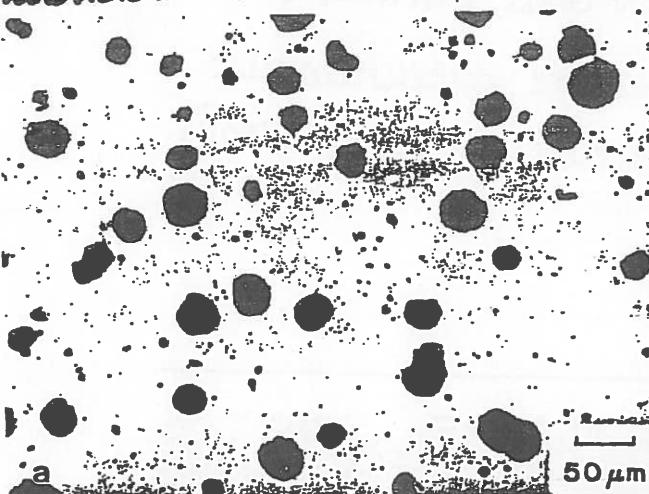
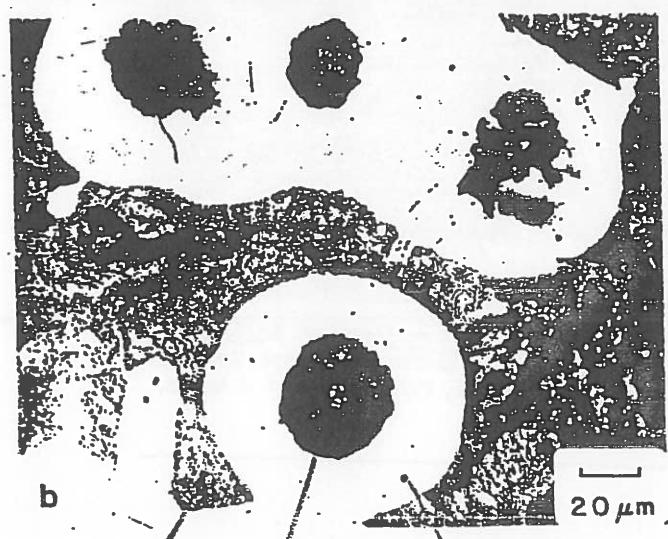


Fig. 14.7. Fracture surface of ductile cast iron showing spherical morphology of graphite nodules. Scanning electron micrograph. Courtesy of S. Diets and R. McGrew, Colorado School of Mines, Golden

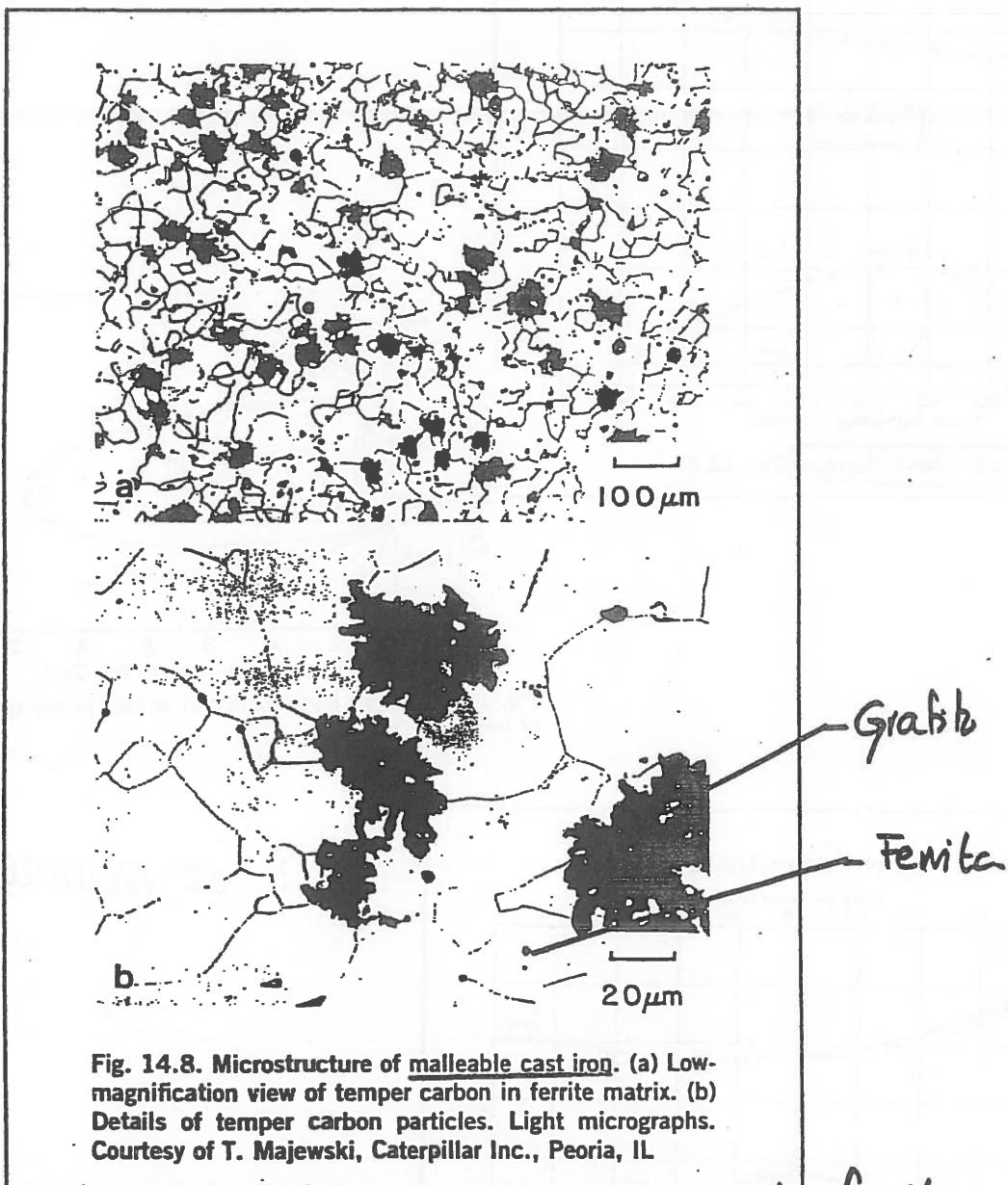


perlitica. Grafita. Ferrita.

Fig. 14.6. Microstructure of ductile cast iron. Graphite is in nodular form. (a) Unetched. (b) Etched with nital. Light micrographs. Courtesy of J. McClain, Colorado School of Mines, Golden

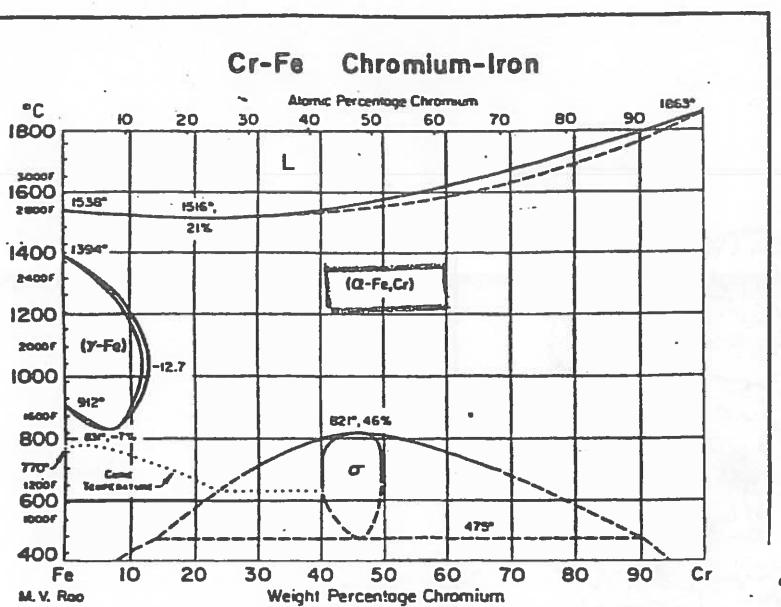
- Nódulos de grafito (esterhultita) envueltos en ferrita, todo ello en una matriz de perlita.

FUNDICIÓN MALEABLE



Nódulos de grafito en una matriz de ferrita.

Fundición blanca $\xrightarrow[\text{(malleabilidad)}]{\text{tratamiento térmico}}$ precipitados nodulares
de grafito.



El Cromo es altdgenuo

Fig. 12.1. The Fe-Cr phase diagram. (Ref 12.3)

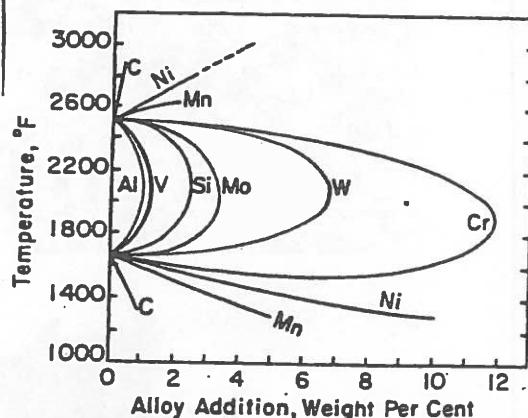
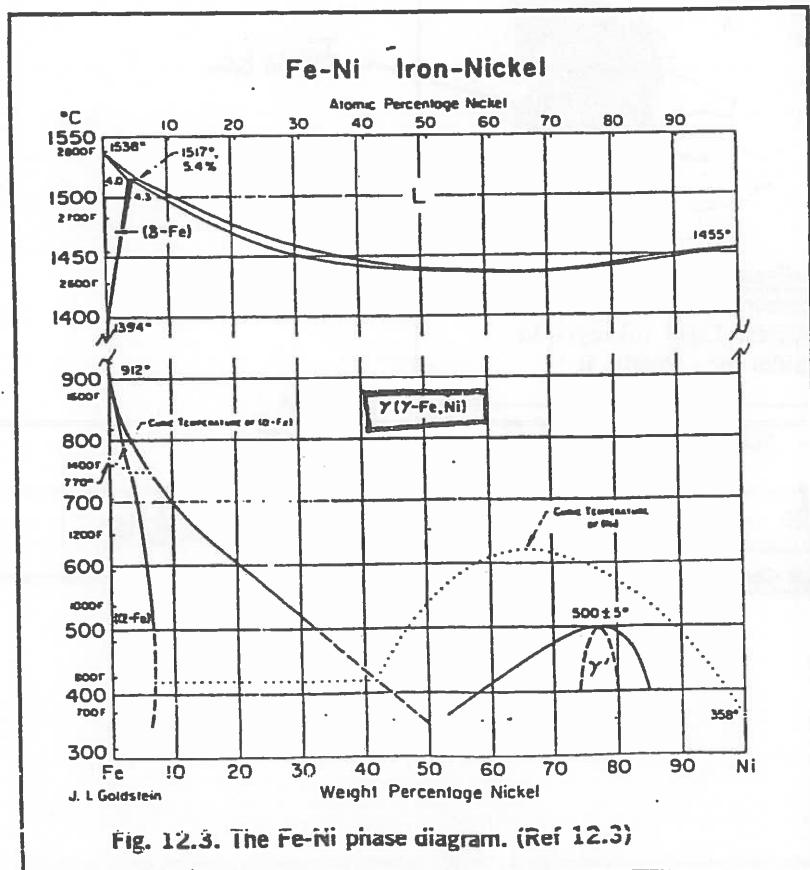


Fig. 12.2. Gamma loops formed in various binary systems of iron. (Ref 12.4)



El Ni es Gammagenuo.

Fig. 12.3. The Fe-Ni phase diagram. (Ref 12.3)

obtienen precipitados estéricos de grafito en lugar de precipitados en forma de placas. La ductilidad se ve aumentada en un factor de 20, y la resistencia, en un factor de 2.

- Fundición maleable. Es una forma más tradicional de fundición con ductilidad razonable: primero se calienta al igual que una fundición blanca y, posteriormente, se somete a un tratamiento térmico para obtener precipitados nodulares de grafito.

Elementos de aleación.

Los elementos de aleación los podemos clasificar en dos grandes grupos:

- Alfágenuos: son aquellos que favorecen la formación de ferrita → Cr, Mo, V, W, Nb, Al, Si ^{Níobio}.

- Gamagenuos: son aquellos que favorecen la formación de austenita → Ni, Mn, Cu, C y N, Fe

Desde otro punto de vista también podemos considerar:

- Favorecedores de carburos → Cr, Mo, V, W, Nb, Si, Ti y lo es, ligeramente, el Mn

- Elementos favorecedores de inclusiones: un ejemplo muy significativo es el S, dando lugar a impurezas, sulfuros duros y fétidos.

- Elementos que no se disuelven y aparecen como elementos puros, como Cu y Pb.

los formadores de carburos son los alfaqueos, con excepción del Mn, que es gamudo y los forma.

Dentro de la categoría de los aceros, se debe distinguir entre si se incluye o no una cantidad significativa de elementos aleantes disueltos del carbono. Una concentración de un 5% en peso del total de elementos aleantes disueltos del carbono servirá a modo de frontera arbitraria entre los aceros de baja aleación y los aceros de alta aleación. Dichos elementos aleantes deben seleccionarse cuidadosamente porque, inversamente, llevan asociado un importante coste del material. Su uso queda justificado solamente para mejoras esenciales en ciertas propiedades, tales como una mayor resistencia o un mejor comportamiento frente a la corrosión.

excepción:
magnesio y
fármaco de carburos.

Disueltos en la ferrita	Tendencia a disolverse, en la ferrita, o a formar carburos	Combinados en forma de carburos	Formando inclusiones no metálicas	En forma de elementos simples
Níquel	●			
Silicio	●		Silicio	
Aluminio	●		Aluminio	
Cobre	●			Cobre
Cobalto	●			
Manganeseo	●	●	Manganeseo	
Cromo	●	●	Cromo	
Tungsteno	●	●	Tungsteno	
Molibdeno	●	●	Molibdeno	
Vanadio	●	●	Vanadio	
Titanio	●	●	Titanio	
Fósforo	●			
Azufre			Azufre	
Plomo				Plomo

TABLA XVII
Formas en que pueden presentarse los diferentes elementos en los aceros.

fomulan fases separadas pues no se disuelven: baja resistencia y bajo punto de fusión ⇒ ↓ dureza

- Cu: mejora comportamiento a corrosión.
- Pb: bueno para mecanizar

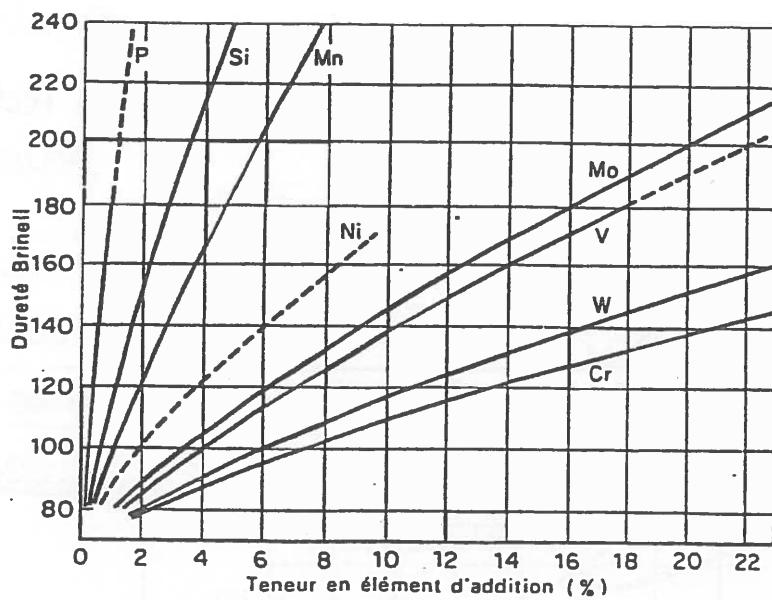
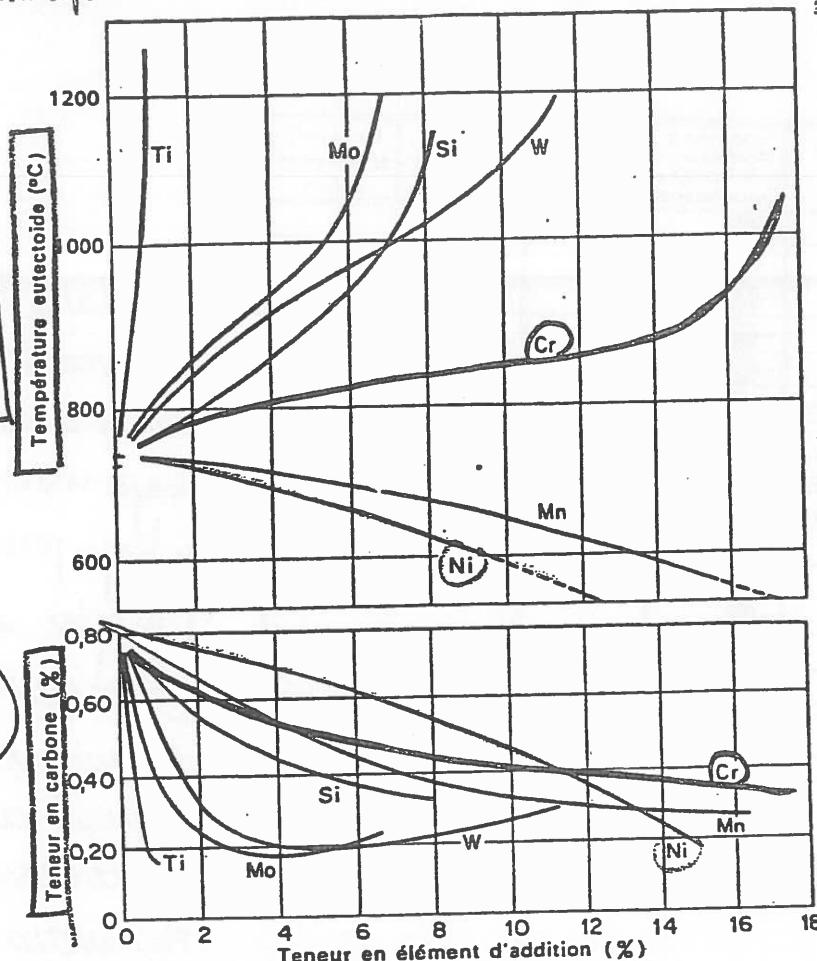


FIG. 3.2. — Effet durcissant probable de différents éléments dissous dans le fer pur [2].

Alfágeno: con presión de $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ $\approx 10^6$ atm → punto critico m
 Gammageno: $\gamma \rightleftharpoons \beta$ $\approx 10^6$ atm → punto critico m

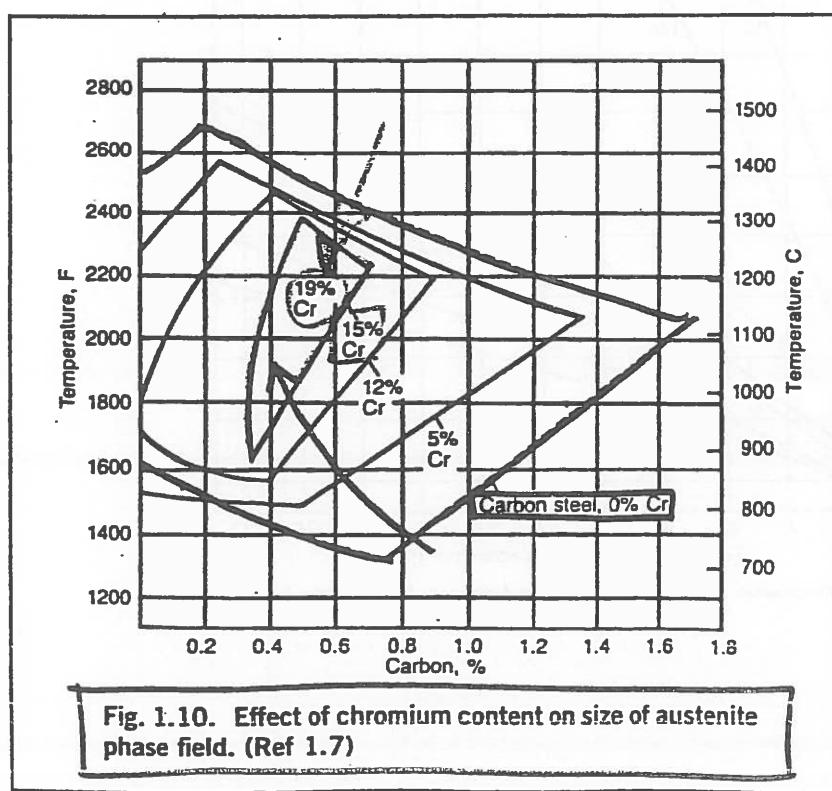
Punto critico inferior
 alfa: ↑
 gamma: ↓



Ni: Gamma geno
 Cr: Alfa geno.

Duplica el
 pts. EUTECTOÏDE
 a la izda.

FIG. 4.24. — Influence de divers éléments d'addition sur la composition et la température eutectoïdes.



Cr: alfa geno
 ↳ reduce la
 zona γ.
 ↓
 p.e. un acero
 con un 20% Cr
no se padece
austenizar!