

Capítulo 6

Aleaciones

1.6. Aleaciones Ferrosas y No Ferrosas

1.6.1. Reglas de Hume-Rotery

1. **Factor de tamaño:** los átomos deben ser de tamaño similar, con no más del 15 por ciento de diferencia en su radio atómico, a fin de minimizar deformaciones en la red.
2. **Estructura cristalina:** los materiales deberán tener una misma estructura cristalina; de lo contrario, existirá algún punto en el cual ocurrirá la transición de una fase a otra con estructura distinta.
3. **Valencia:** los átomos deberán tener la misma valencia; de lo contrario, la diferencia de electrones de valencia alentar la formación de compuestos, en vez de la formación de soluciones.
4. **Electronegatividad:** los átomos deben tener aproximadamente la misma electronegatividad. Si las electronegatividades difieren de manera significativa, de nuevo se formarán compuestos, como cuando se combina sodio y cloro para formar cloruro de sodio.

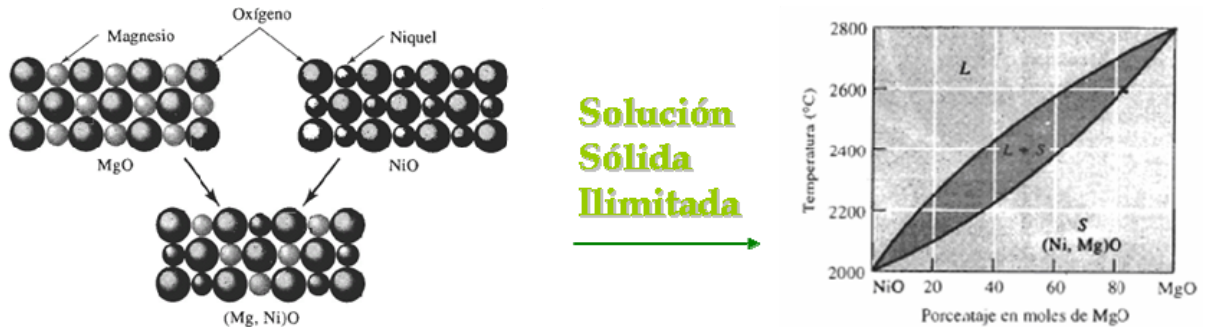


Figura 71 El MgO y el NiO poseen estructuras cristalinas, radios iónicos y valencias similares; de ahí que los dos materiales metálicos puedan formar soluciones sólidas

1.6.2. Diagramas de fases

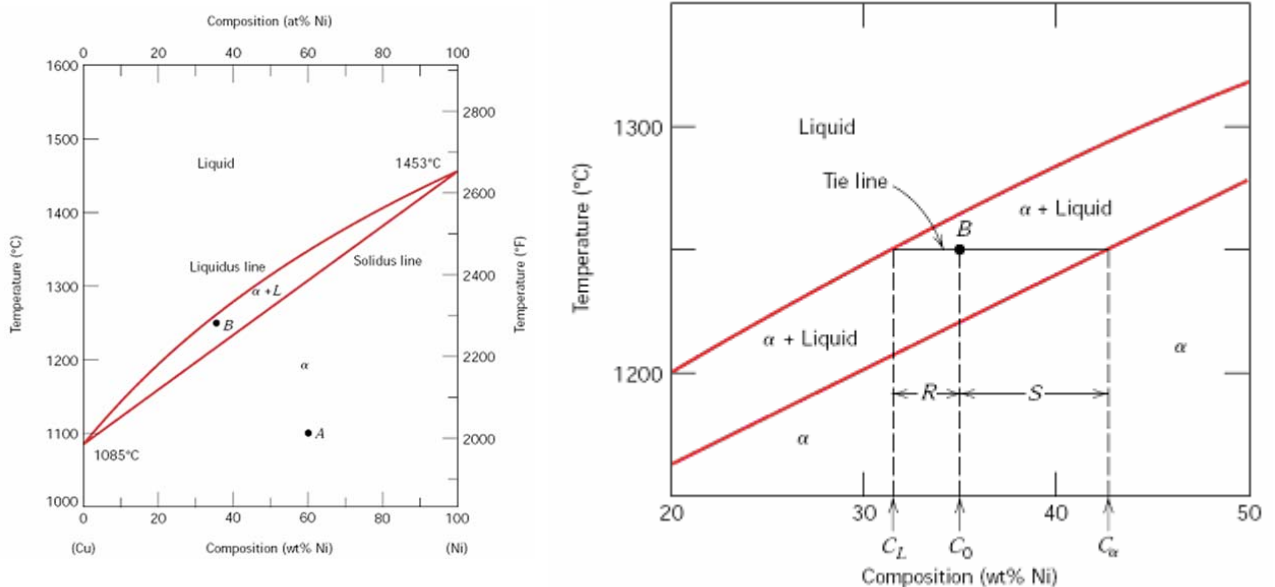


Figura 72 Diagrama de fases isomorfo cobre – níquel y aplicación de la regla de la palanca

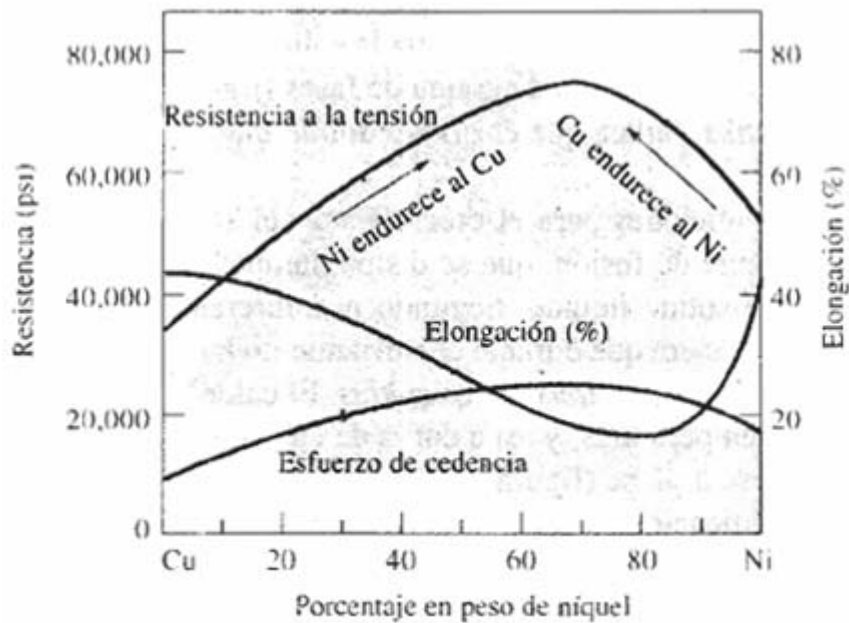


Figura 73 Efecto de la composición sobre las propiedades mecánicas de la aleación Cu - Ni

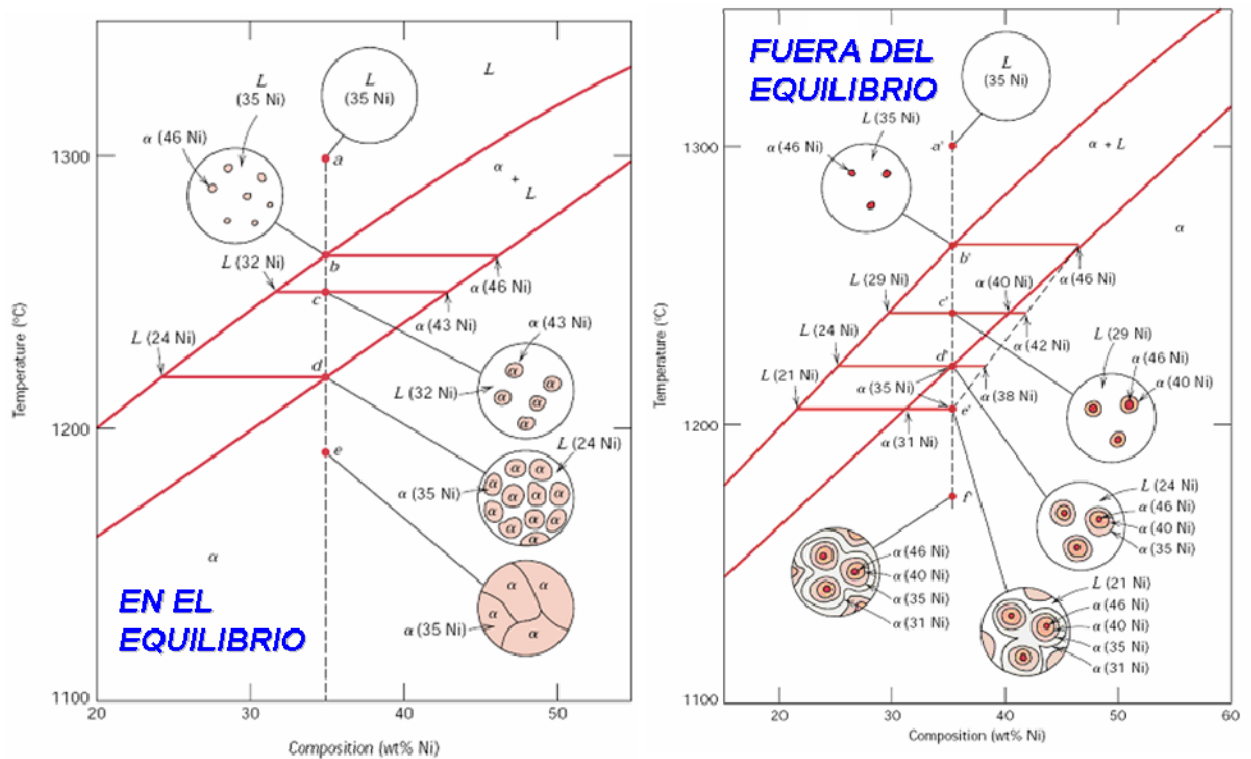


Figura 74 Desarrollo de la micro-estructura durante la solidificación de una aleación de 35% Ni - 65% Cu: Izq. Solidificación en el equilibrio; Der. Solidificación fuera del equilibrio (Callister, 2001)

1.6.3. Endurecimiento por solución sólida

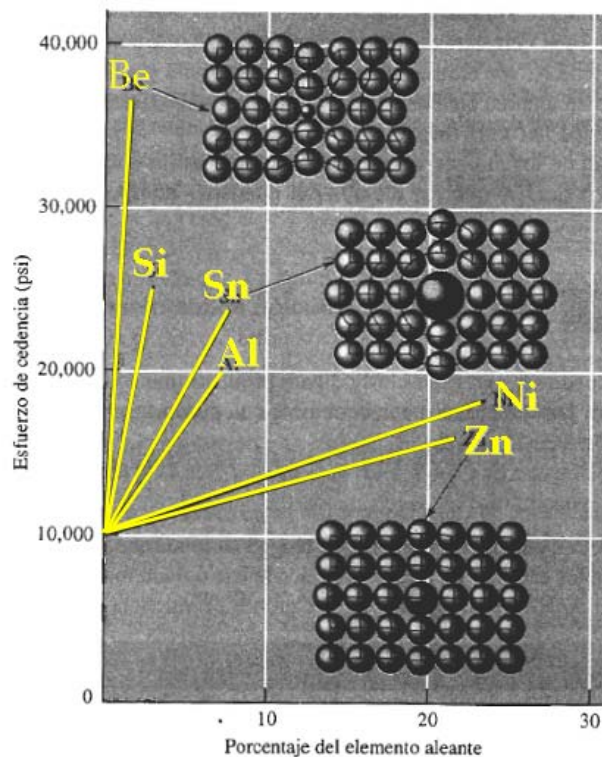


Figura 75 Efecto de varios elementos de aleación sobre el esfuerzo de cedencia del cobre. Los átomos de níquel y zinc tienen aproximadamente el mismo tamaño que los átomos de cobre, pero los de berilio y estaño tienen tamaños muy diferentes a los del cobre. Aumentando la diferencia en tamaño atómico y la cantidad de elemento aleante, se incrementa el endurecimiento por solución sólida

1.6.4. Diagrama eutéctico con solución sólida limitada

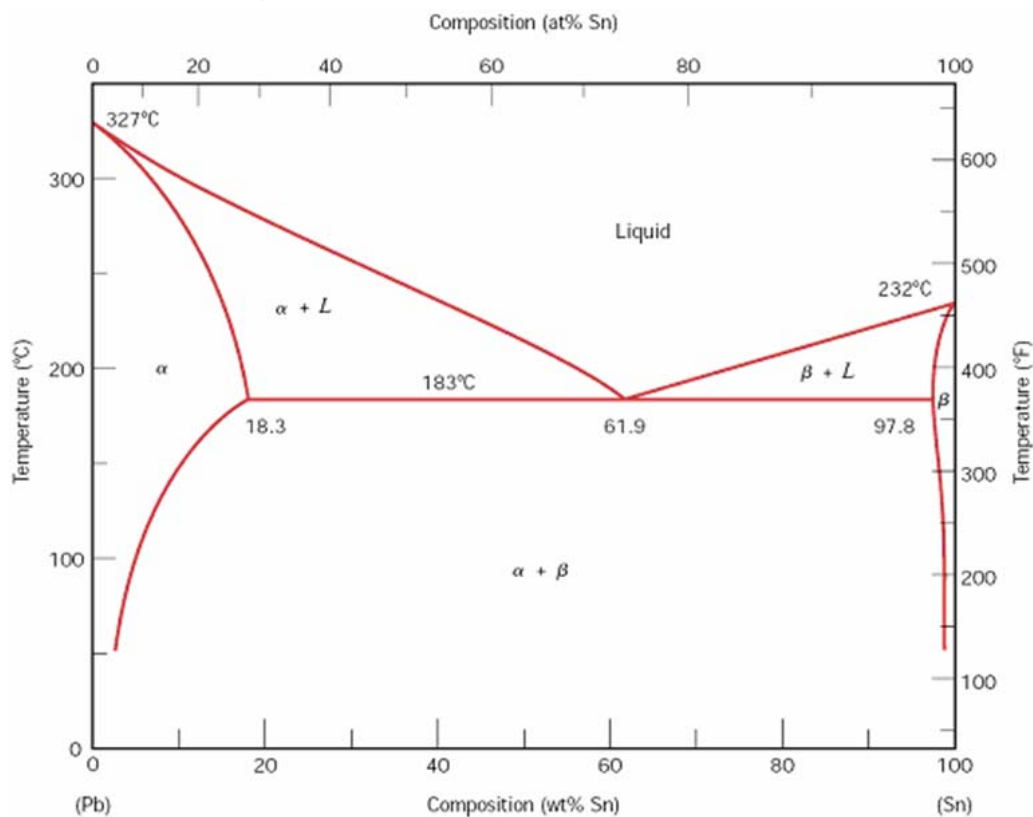


Figura 76 Diagrama de fases eutéctico plomo-estaño. Se presenta solución sólida limitada de $\alpha + \beta$

1.6.5. Formación de compuestos

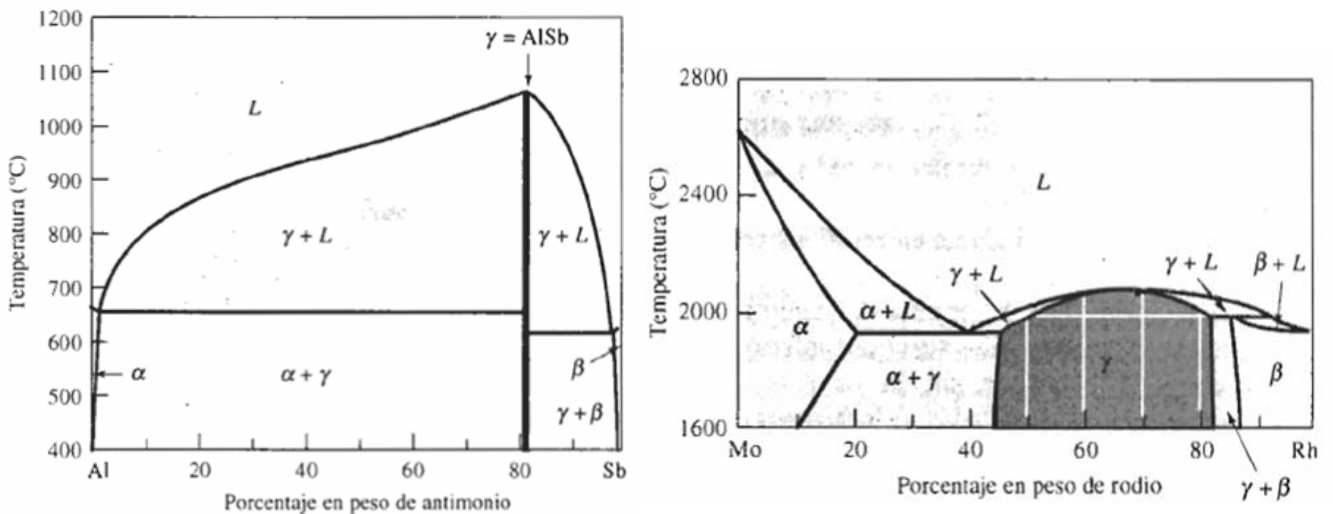


Figura 77 Izq. Formación del compuesto intermetálico estequiométrico AlSb. Der. Formación del compuesto intermetálico no-estequiométrico γ

Eutéctica	$L \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritética	$\alpha + L \rightarrow \beta$	
Monotética	$L_1 \rightarrow L_2 + \alpha$	
Eutectoide	$\gamma \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritectoide	$\alpha + \beta \rightarrow \gamma$	

Figura 78 Las cinco reacciones más importantes de tres fases en los diagramas de fases binarios (Askeland, 1998)

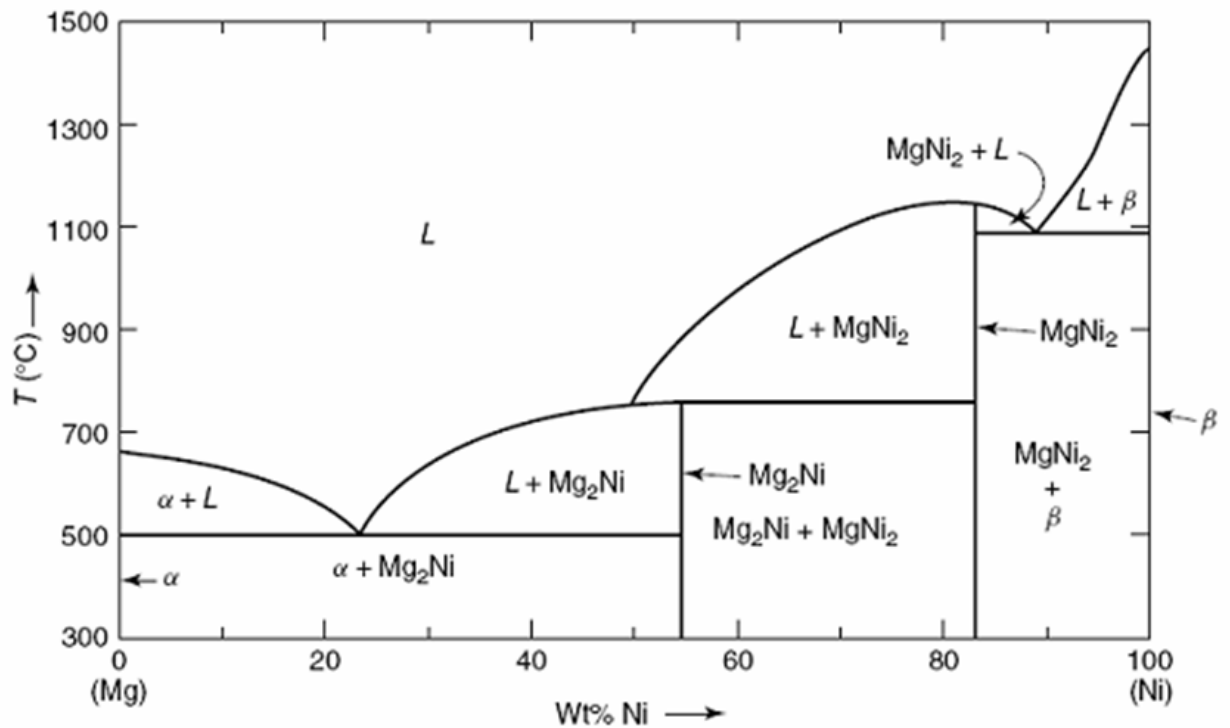


Figura 79 Formación de compuestos en el diagrama binario Mg – Ni (Mitchell, 2004)

1.6.6. Solidificación y formación de compuestos en diagramas de fases binarios

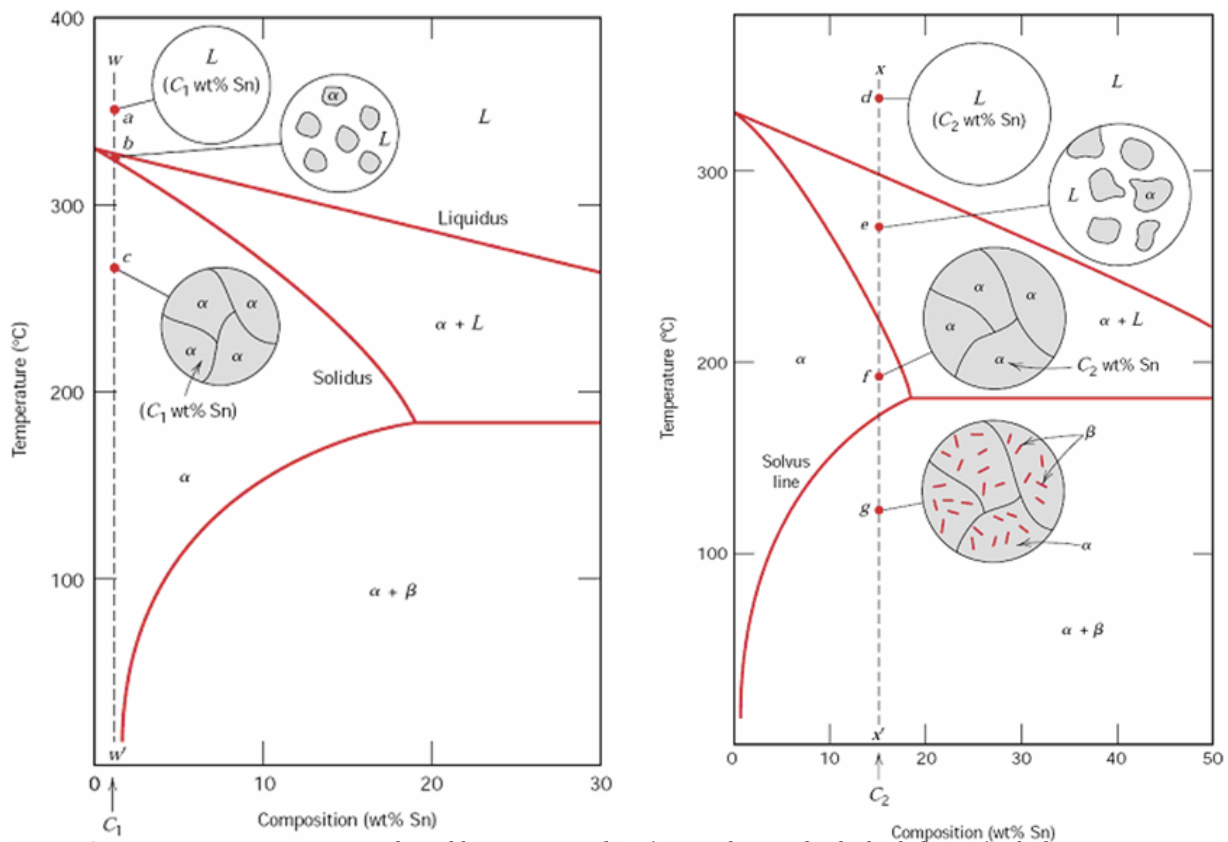


Figura 80 Microestructuras en el equilibrio para una aleación cuando es enfriada desde la región de fase líquida izq. a una composición C1; Der. a una composición C2

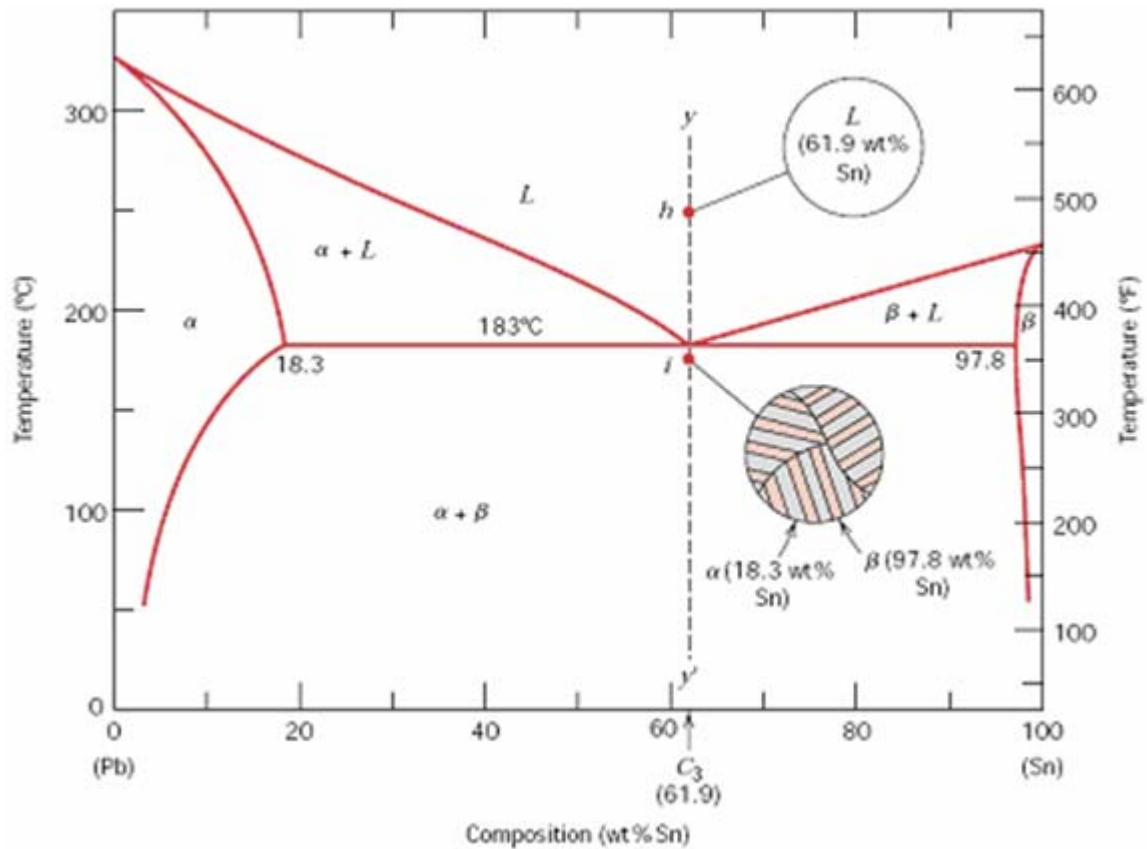


Figura 81 Microestructuras en el equilibrio para una aleación Pb-Sn de composición eutéctica C3 sobre (proeutéctica) y debajo de la temperatura eutéctica

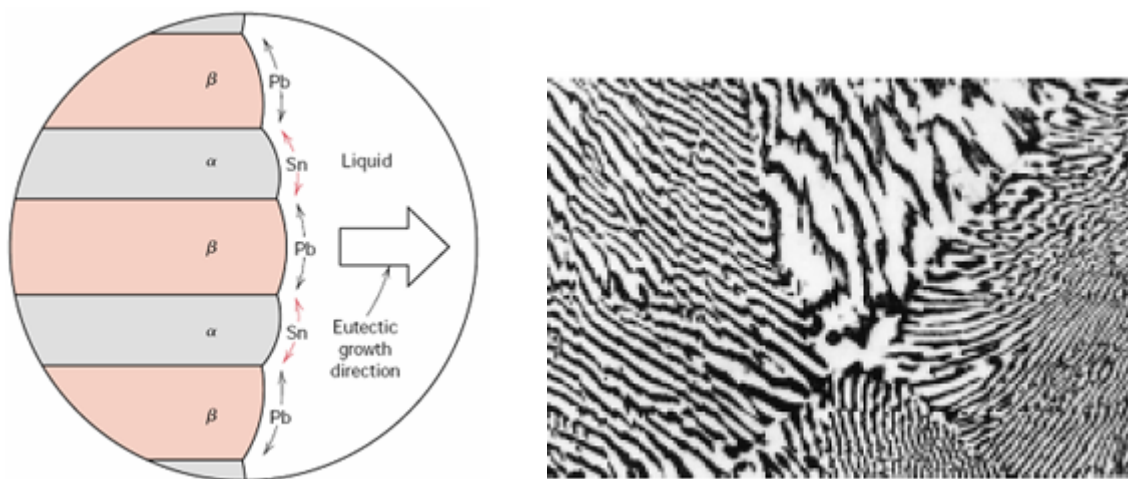


Figura 82 Fotomicrografía que muestra la estructura de la aleación Pb-Sn de composición eutéctica. Esta microestructura consiste en capas alternas de una fase α de solución sólida rica en Pb (Capas Oscuras) y una fase β de solución sólida rica en Sn

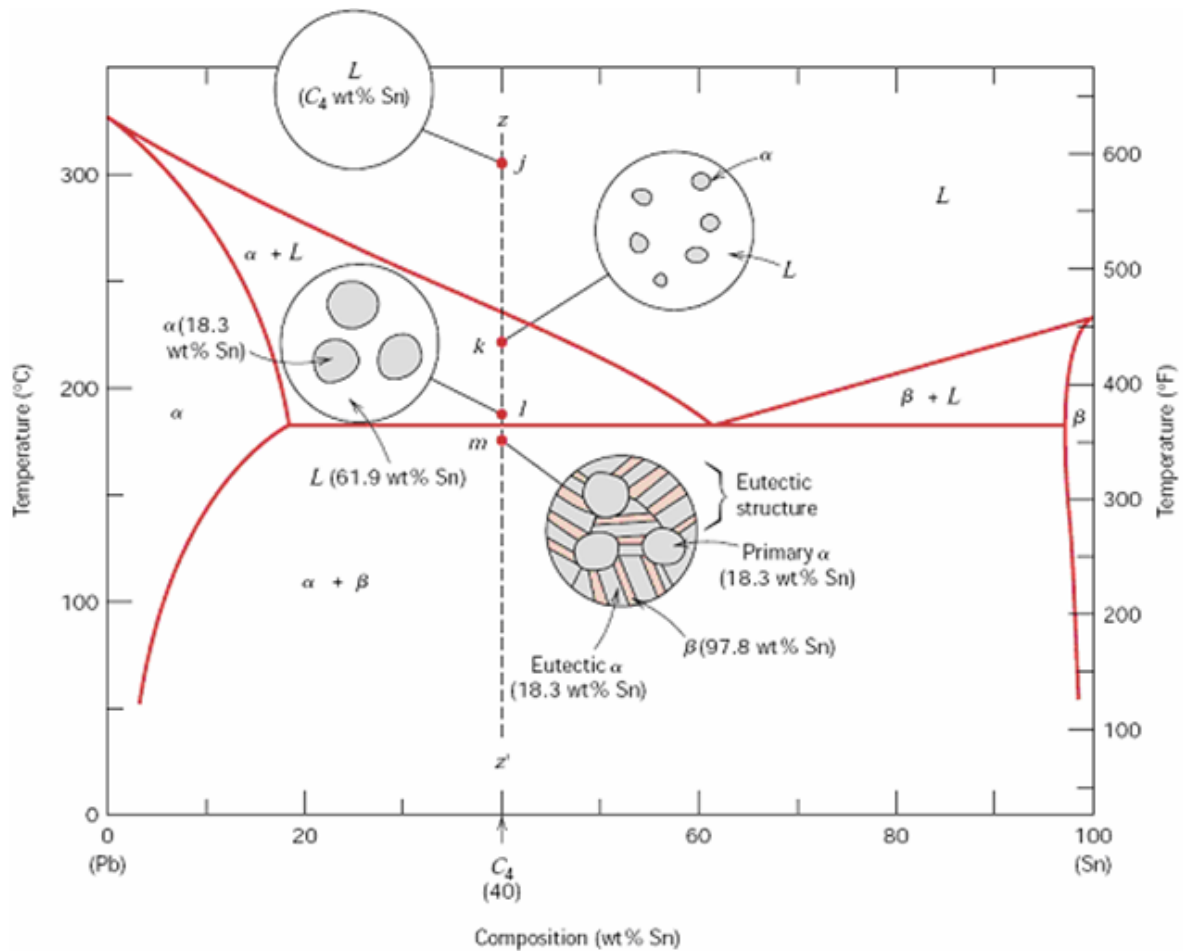


Figura 83 Microestructuras en el equilibrio para una aleación cuando es enfriada desde la región de fase líquida a una composición C4

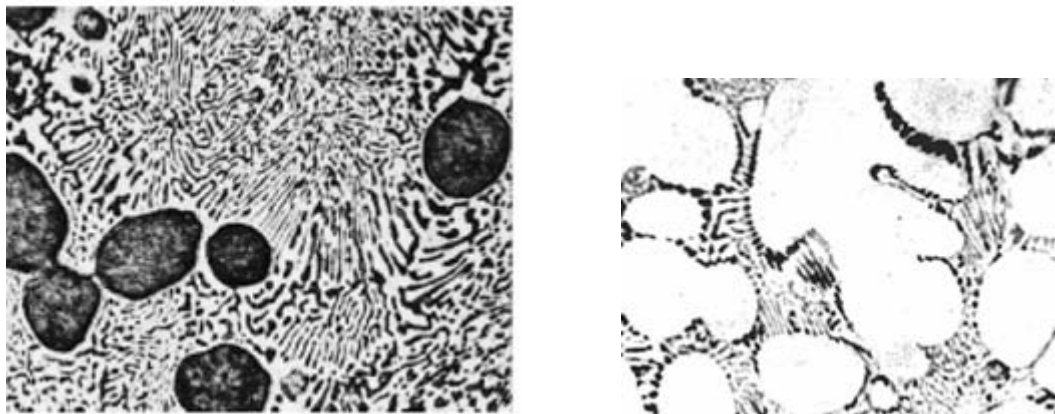


Figura 84 Izq. Fotomicrografía que muestra la microestructura de una aleación Plomo-Estaño con una composición de 50% Sn y 50% Pb (aleación hipo-eutética). Está compuesta por una fase α primaria (regiones grandes y oscuras) dentro de una estructura lamelar eutética. 400x. Der. Aleación Pb – Sn de composición hipereutética, está compuesta por una fase β primaria dentro de una estructura lamelar eutética.

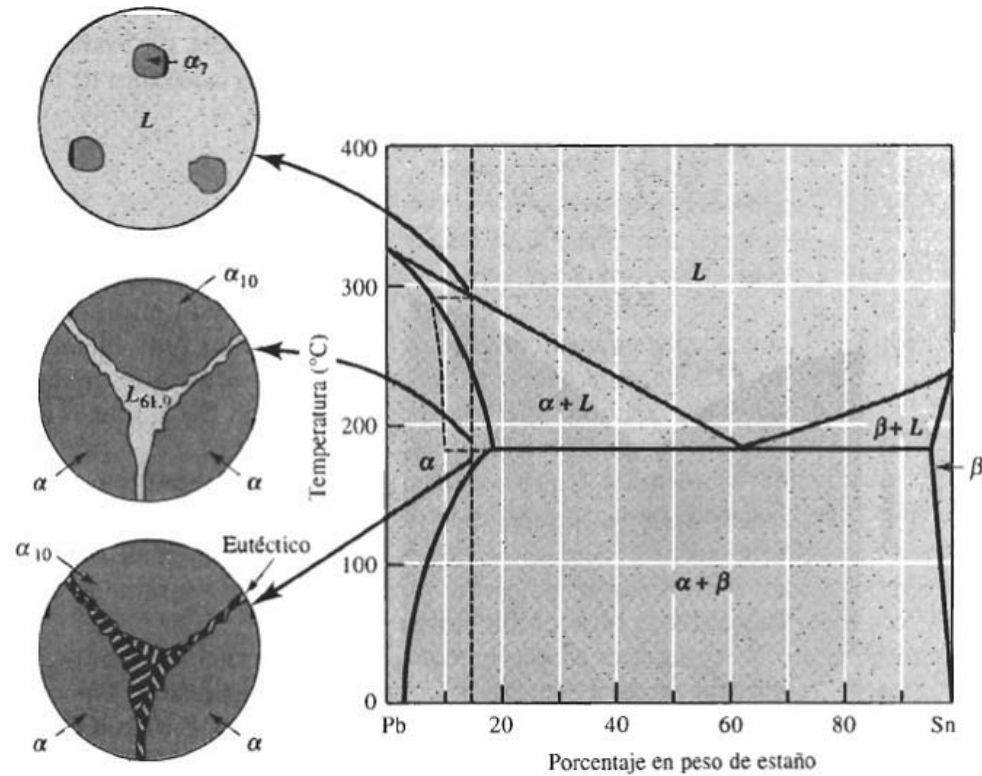


Figura 85 Solidificación y microestructura de una aleación Pb – 15% Sn fuera del equilibrio. Debido a la rápida solidificación se puede formar un microconstituyente eutéctico fuera del equilibrio

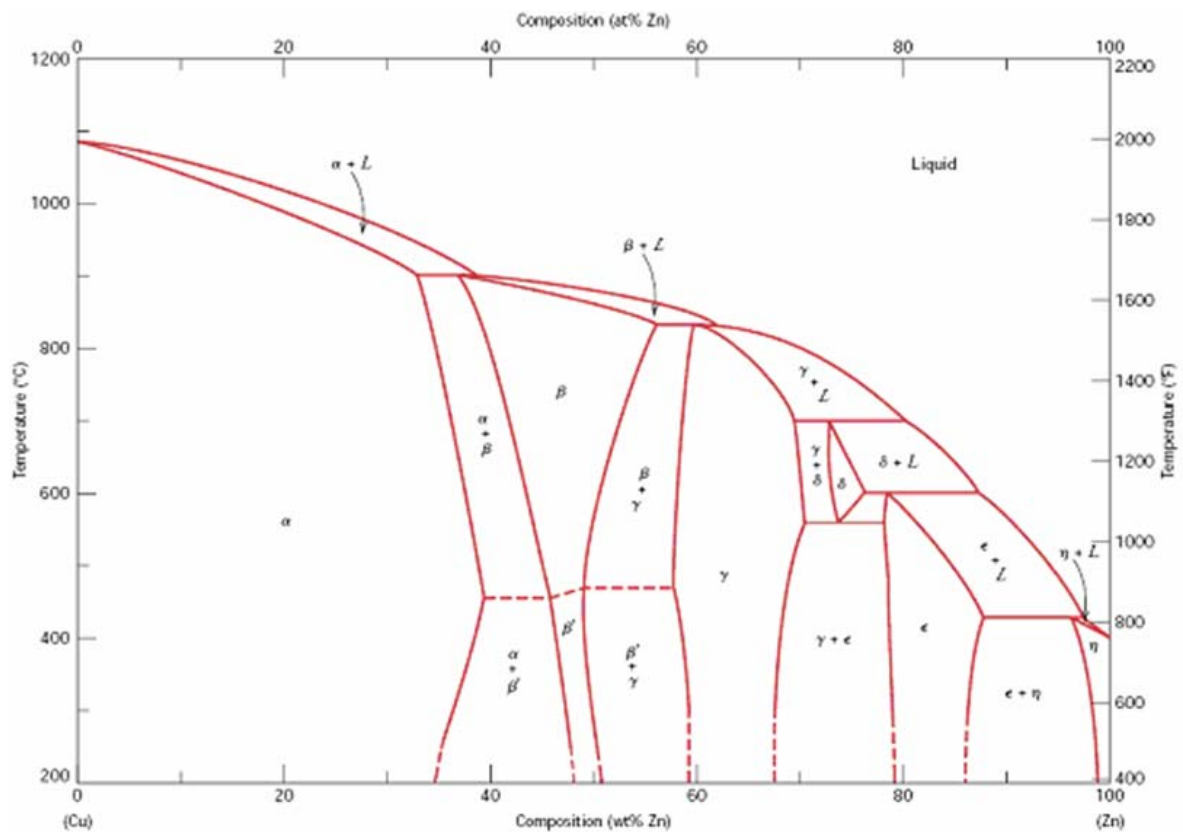


Figura 86 Diagrama de fases Cu – Zn. Se muestran las soluciones sólidas y compuestos intermedios

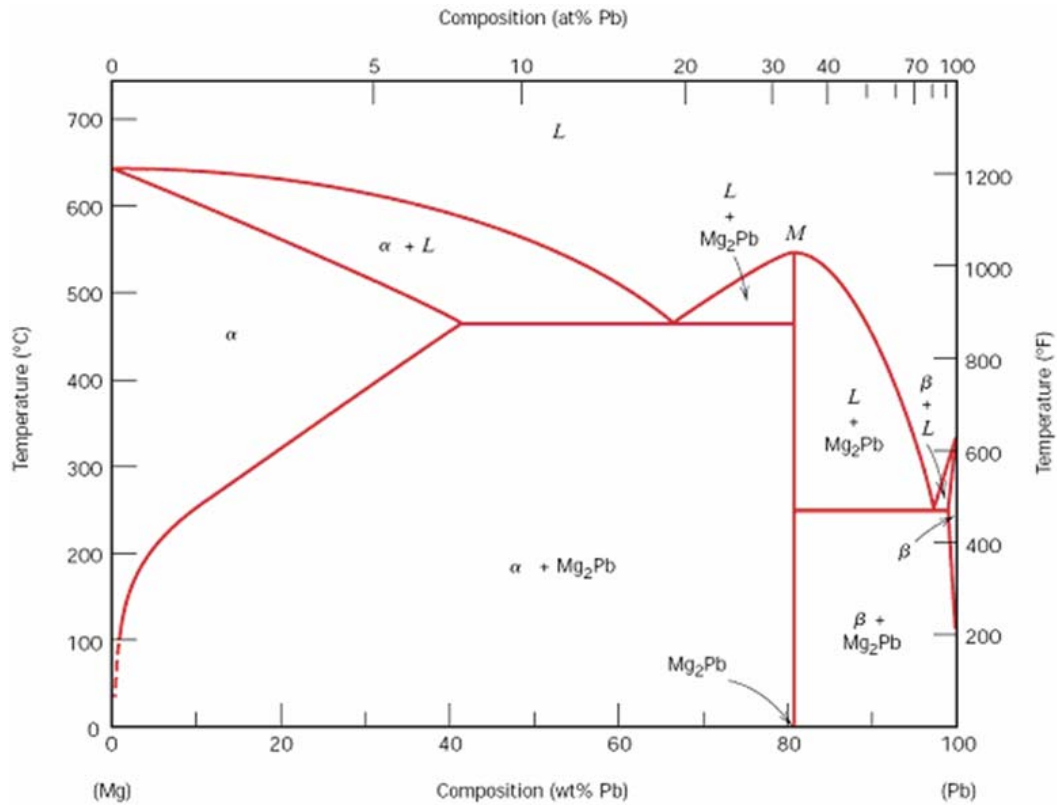


Figura 87 Diagrama de fases Mg – Pb

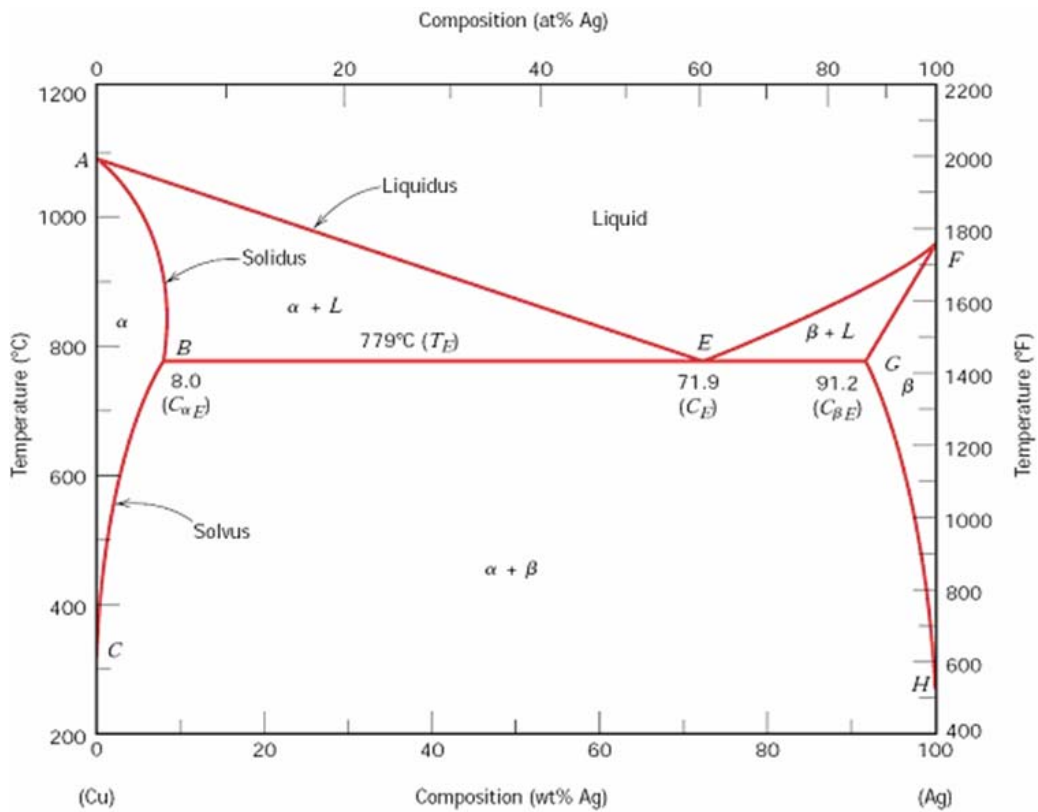


Figura 88 Diagrama de fases Cu – Ag

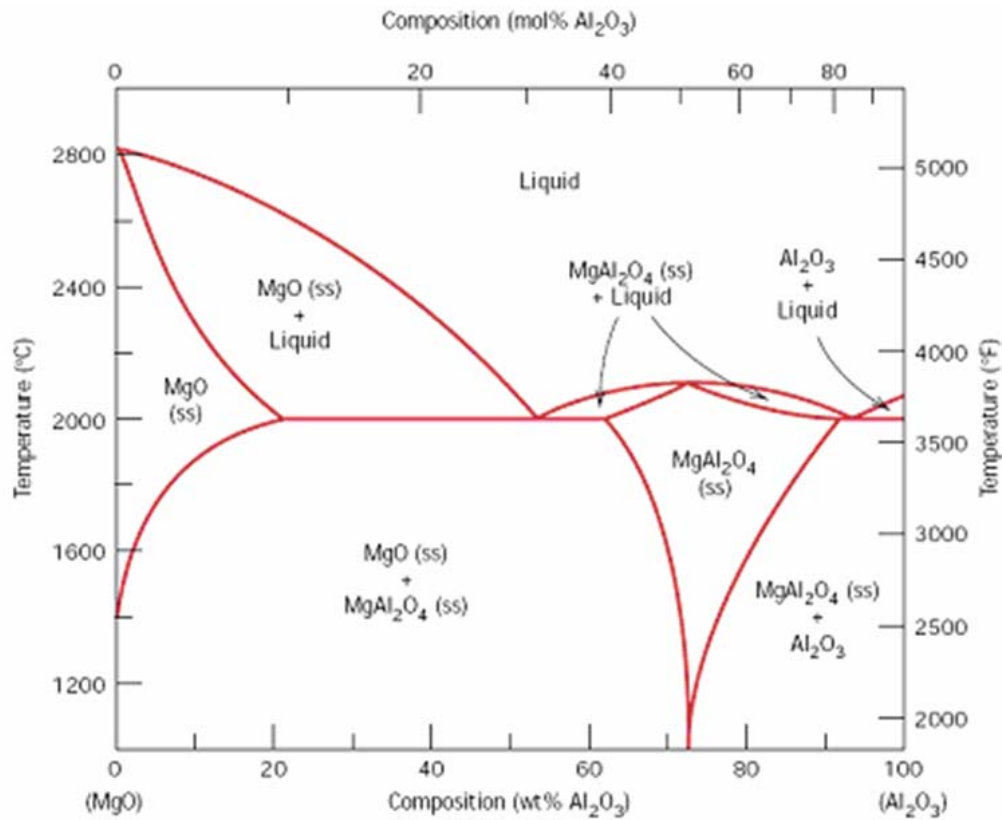


Figura 89 Diagrama de fases MgO – Al₂O₃

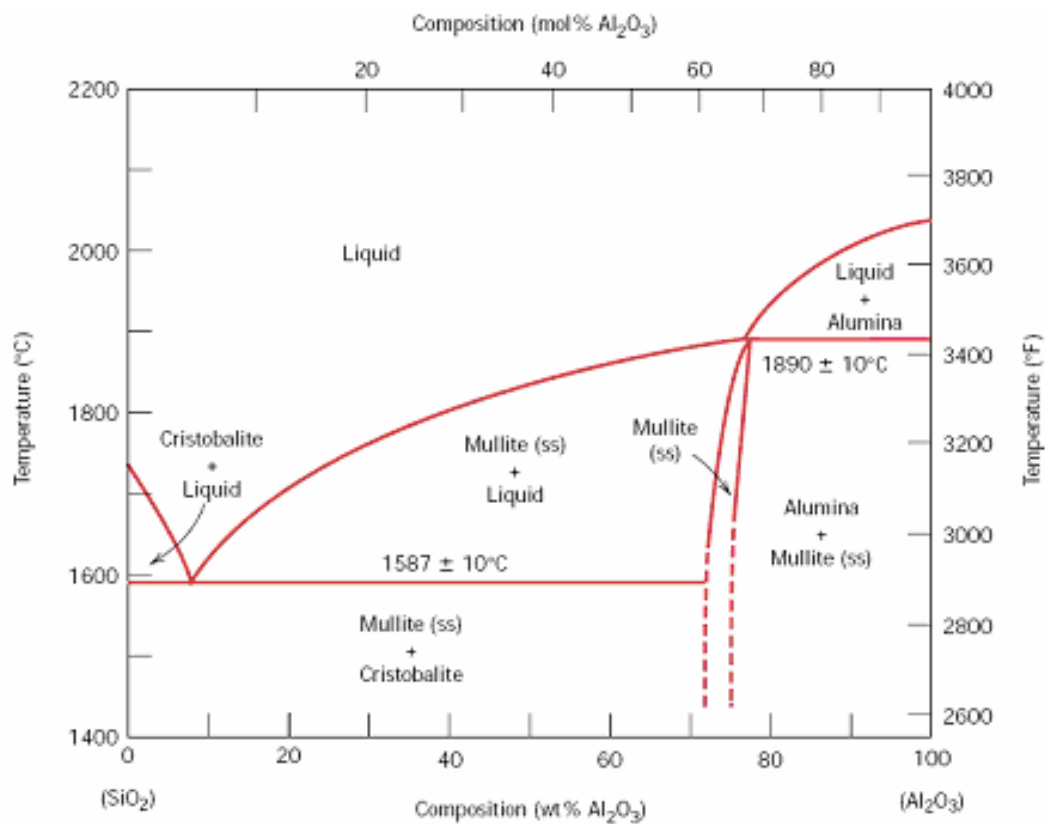


Figura 90 Diagrama de fases Sílice – Alúmina. Su aplicación principal es en la producción de refractarios de SiO₂ y SiO₂ – Al₂O₃ (25 – 45 % Al₂O₃)

Diagramas Ternarios:

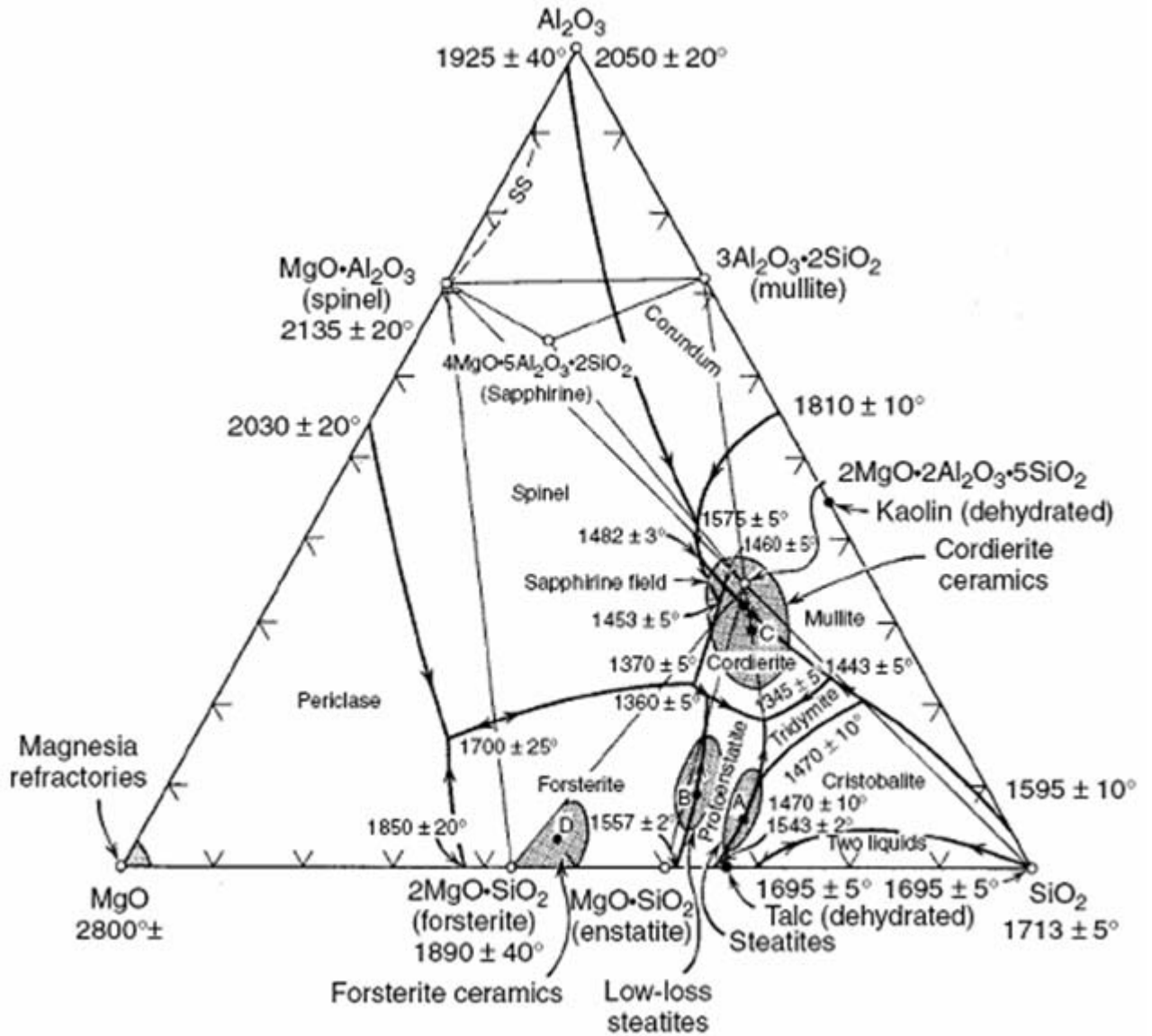


Figura91 Diagrama de fases SiO₂ – Al₂O₃ – MgO su principal aplicación es en la obtención de refractarios cerámicos

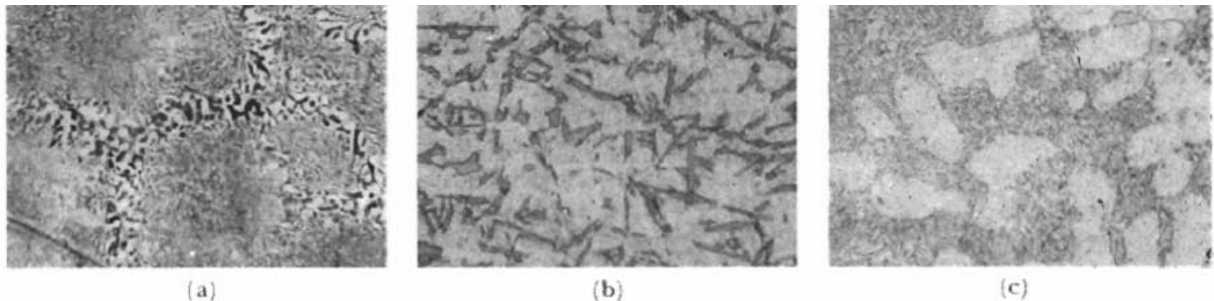


Figura92 Microestructuras eutécticas típicas: (a) granos eutécticos en la aleación eutéctica plomo-estaño (x300), (b) placas de silicio en forma de aguja en el eutéctico aluminio-silicio (x100) y (c) barra redondeada de silicio en el eutéctico de aluminio-silicio modificado (x100). Las plaquetas de silicio frágiles concentran esfuerzos reduciendo la ductilidad y la tenacidad. Se modifica enfriando rápidamente o para velocidades de solidificación bajas con 0,02% de Na

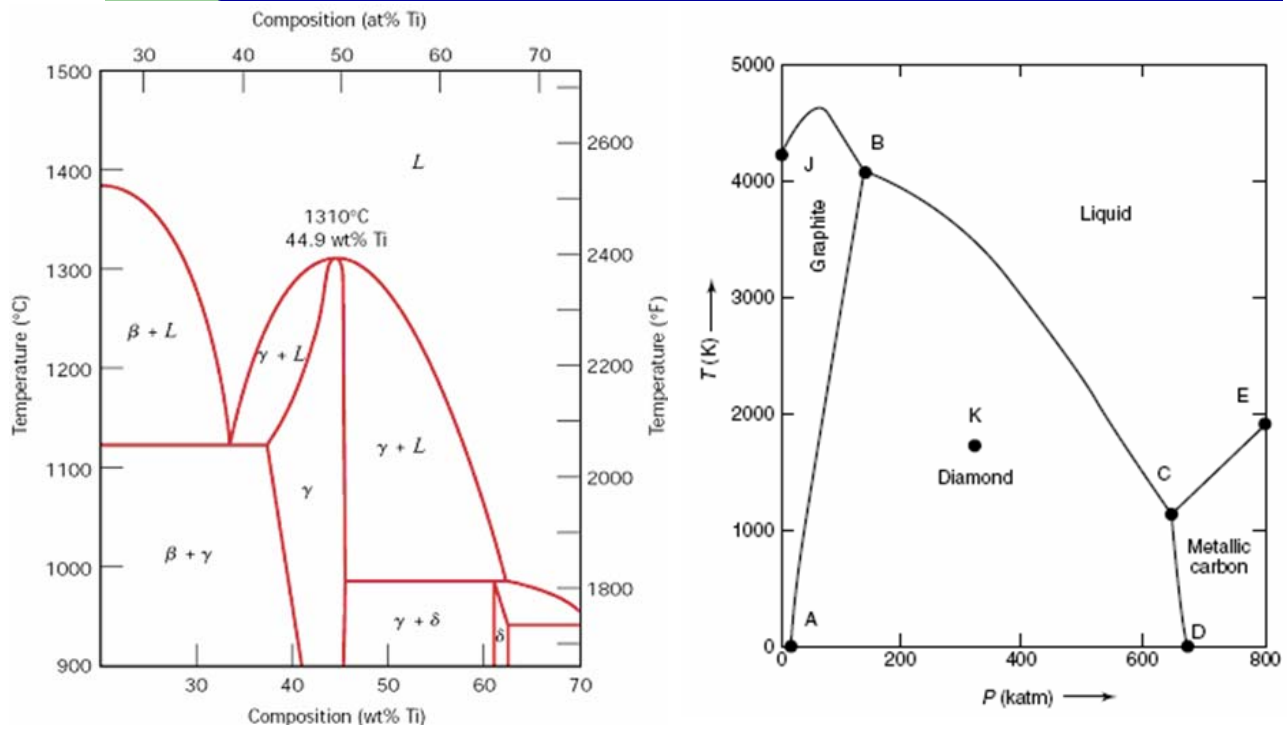


Figura 93 Materiales especiales: izq. Diagrama de fases de la aleación Ti – Ni. Der. Diagrama de fases del carbono

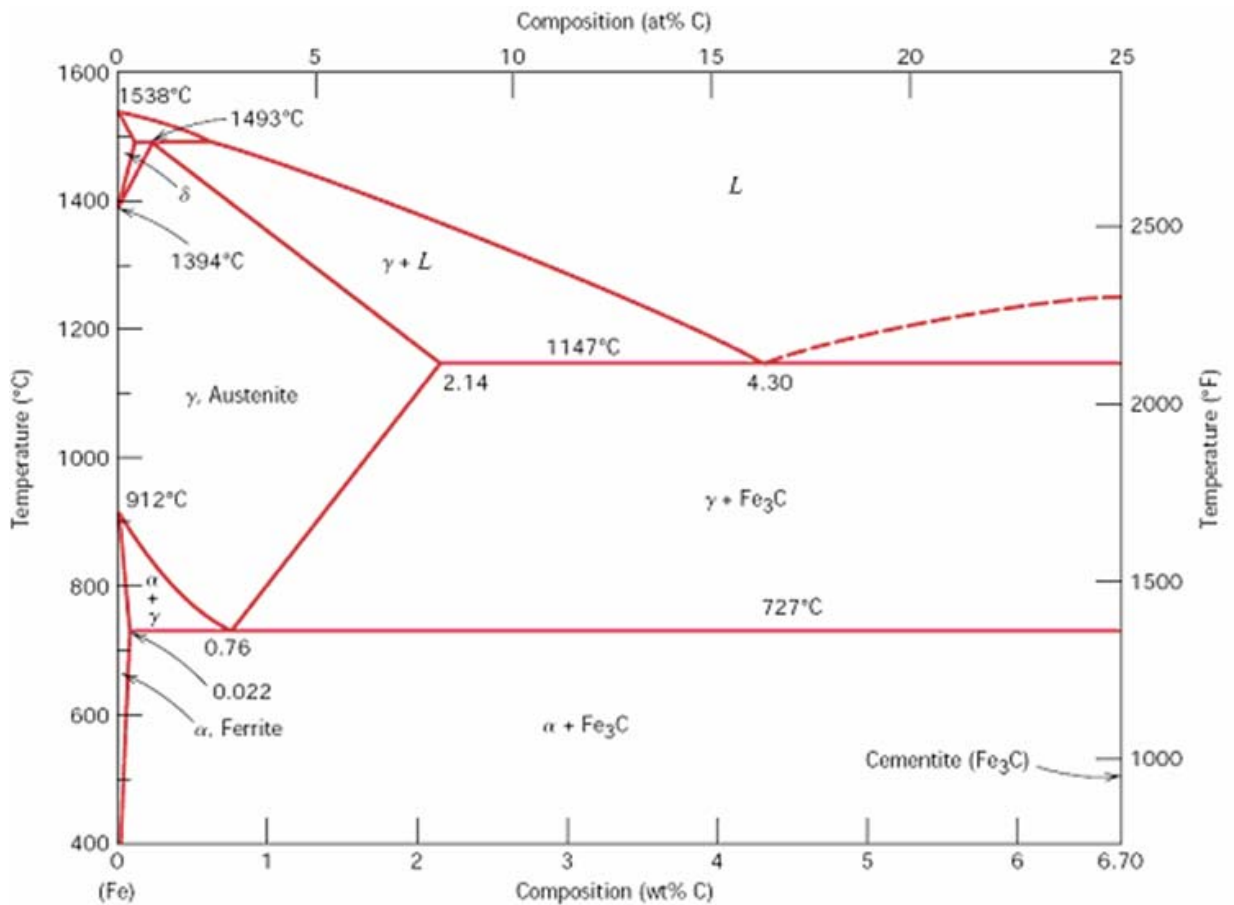


Figura 94 Diagrama hierro – carburo de hierro (cementita)