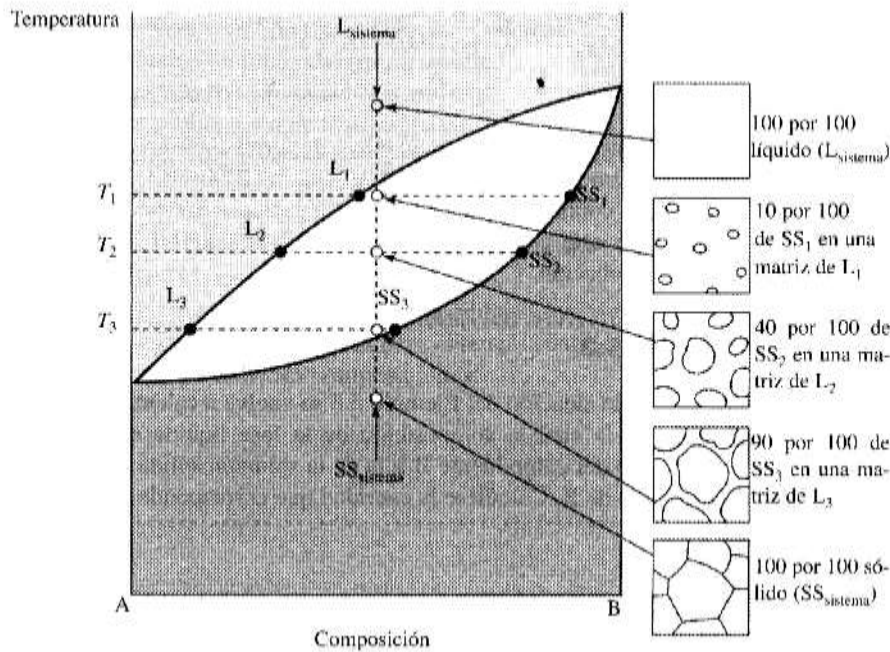


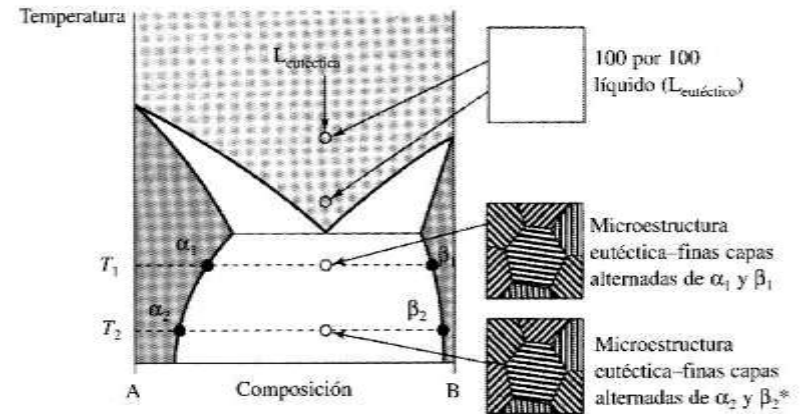
<http://www-g.eng.cam.ac.uk/mmg/teaching/phasediagrams/index4.html>

COMPOSICION QUIMICA Y CANTIDADES RELATIVAS DE CADA FASE

EVOLUCION DE LA MICROESTRUCTURA DURANTE EL ENFRIAMIENTO LENTO DE UNA COMPOSICION 50% A , 50% B EN UN DIAGRAMA DE FASES CON SOLUBILIDAD TOTAL EN ESTADO SOLIDO.



EVOLUCION DE LA MICROESTRUCTURA DURANTE EL ENFRIAMIENTO LENTO DE UNA COMPOSICION EUTÉCTICA

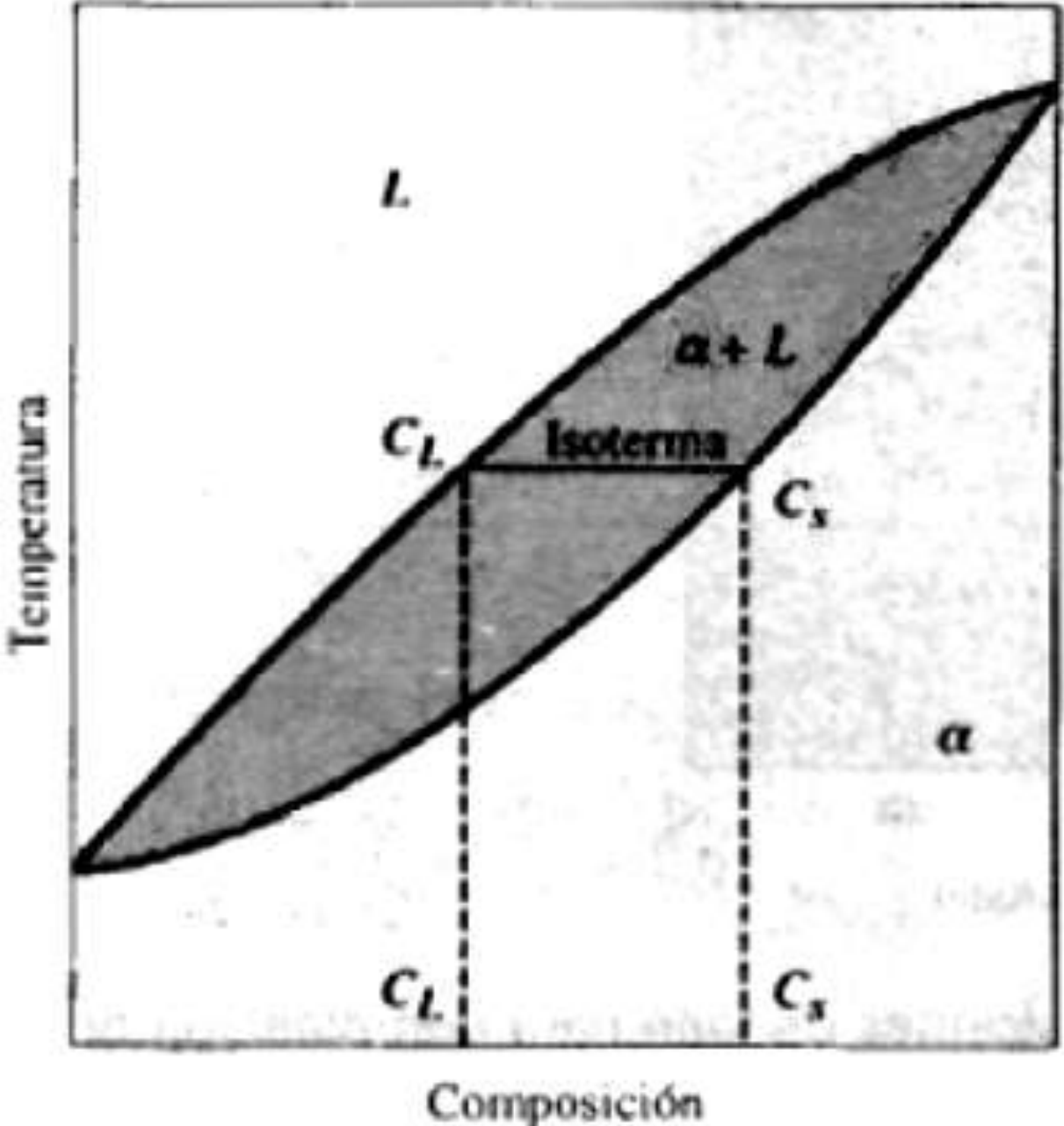


* Las únicas diferencias con respecto a la microestructura correspondiente a T_1 son las composiciones de las fases y las cantidades relativas de cada fase. Por ejemplo, la cantidad de b será proporcional a:

$$\frac{x_{eutéctica} - x_{\alpha}}{x_{\beta} - x_{\alpha}}$$

Determinación de la composición de las fases en una isoterma del diagrama isomórfico

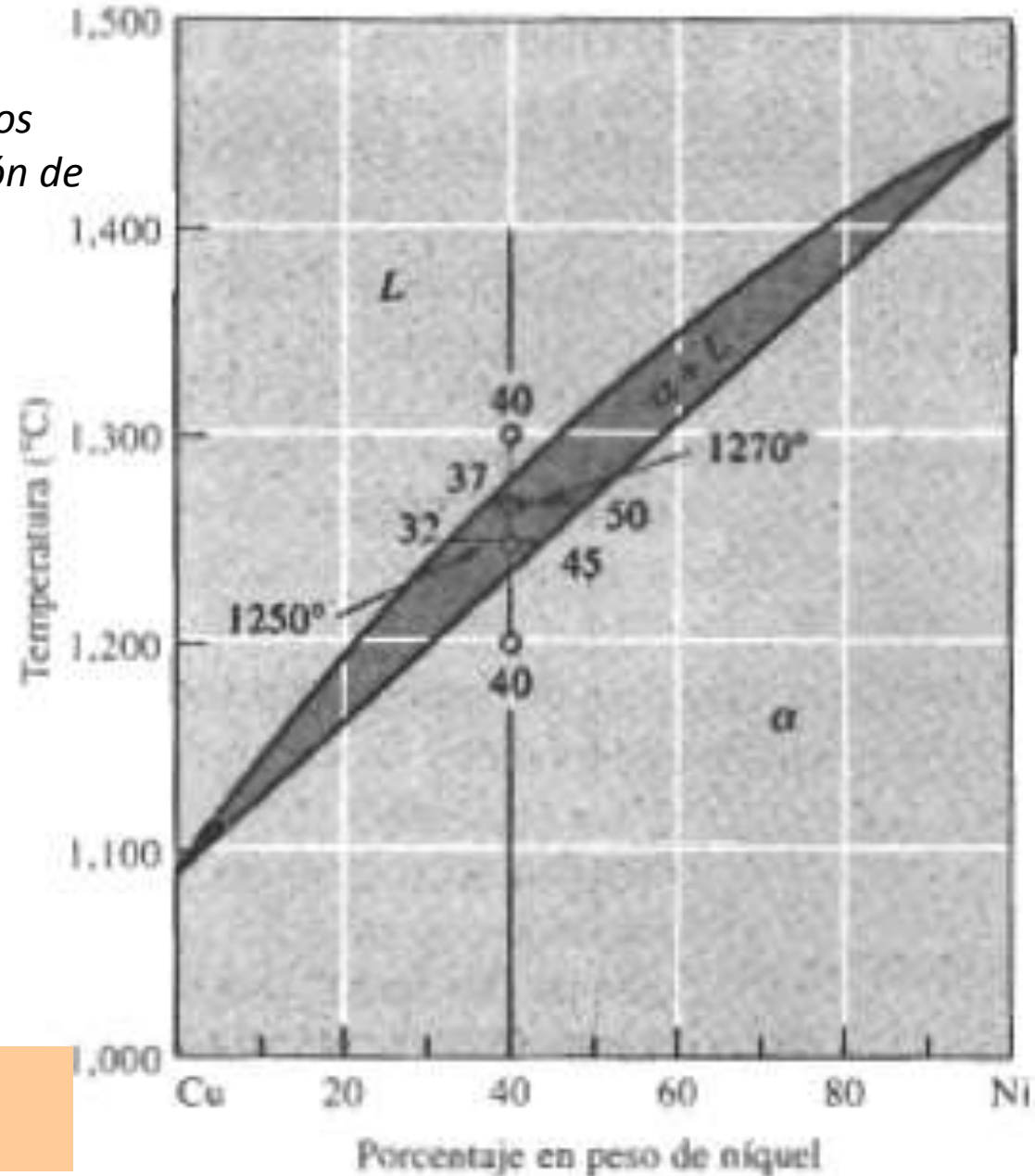
Toda línea de temperatura constante que atraviese la región de mezcla de fases (sólido+líquido), generará la composición de equilibrio del sólido y del líquido a dicha temperatura



Determinación de la composición de las fases en una isoterma del diagrama isomórfico

Para una aleación cualquiera, digamos Cu-40%Ni podemos ver la composición de cada fase presente para cualquier temperatura

- 1300 °C.... Sólo tenemos líquido (una fase) cuya composición es 40% Ni (la nominal)
- 1270 °C Se presentan dos fases (líquido y sólido α). El líquido tiene una composición de 37% de Ni y el sólido de 50 % Ni
- 1250 °C Se presentan dos fases (líquido y sólido α). El líquido tiene una composición de 32% de Ni y el sólido de 45 % Ni
- 1200 °C Región monofásica del sólido α . De composición nominal 40% Ni



Redistribución de soluto en el equilibrio

Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

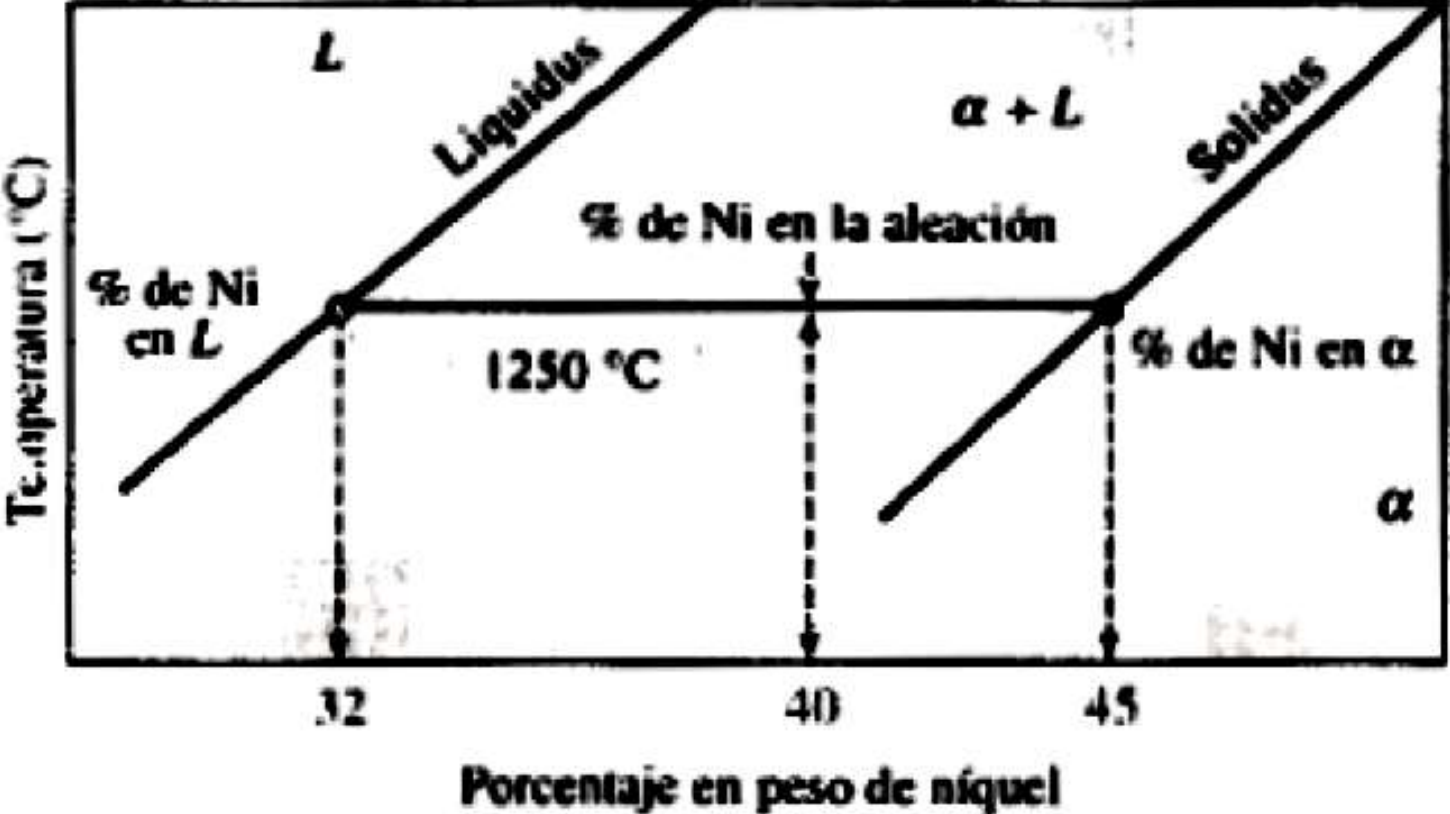
La cantidad de líquido y sólido presente, se construye una palanca sobre la isoterma, con su punto de apoyo en la composición original de la aleación. El brazo de la palanca opuesto a la composición de la fase cuya cantidad se calcula se divide por la longitud total de la palanca, para obtener la cantidad de dicha fase.

$$\% \text{ fase} = (\text{brazo opuesto de palanca}) / (\text{longitud total de la palanca})$$

Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

$\% \text{ Líquido} = (45-40)/(45-32)=38\%$
 $\% \text{ sólido} = (40-32)/(45-32)=62\%$

A 1250 °C



Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

Determine la cantidad de cada fase en la aleación Cu-40% Ni que se muestra en la figura 9-11 a 1300°C, 1270°C, 1250°C y 1200°C.

SOLUCIÓN

1300°C: Sólo hay una fase por lo que tenemos 100% de *L*.

$$1270^{\circ}\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

$$1250^{\circ}\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

1200°C: Existe sólo una fase, por tanto: 100% de α .

Desarrollo microestructural en el diagrama isomórfico: solidificación de Equilibrio

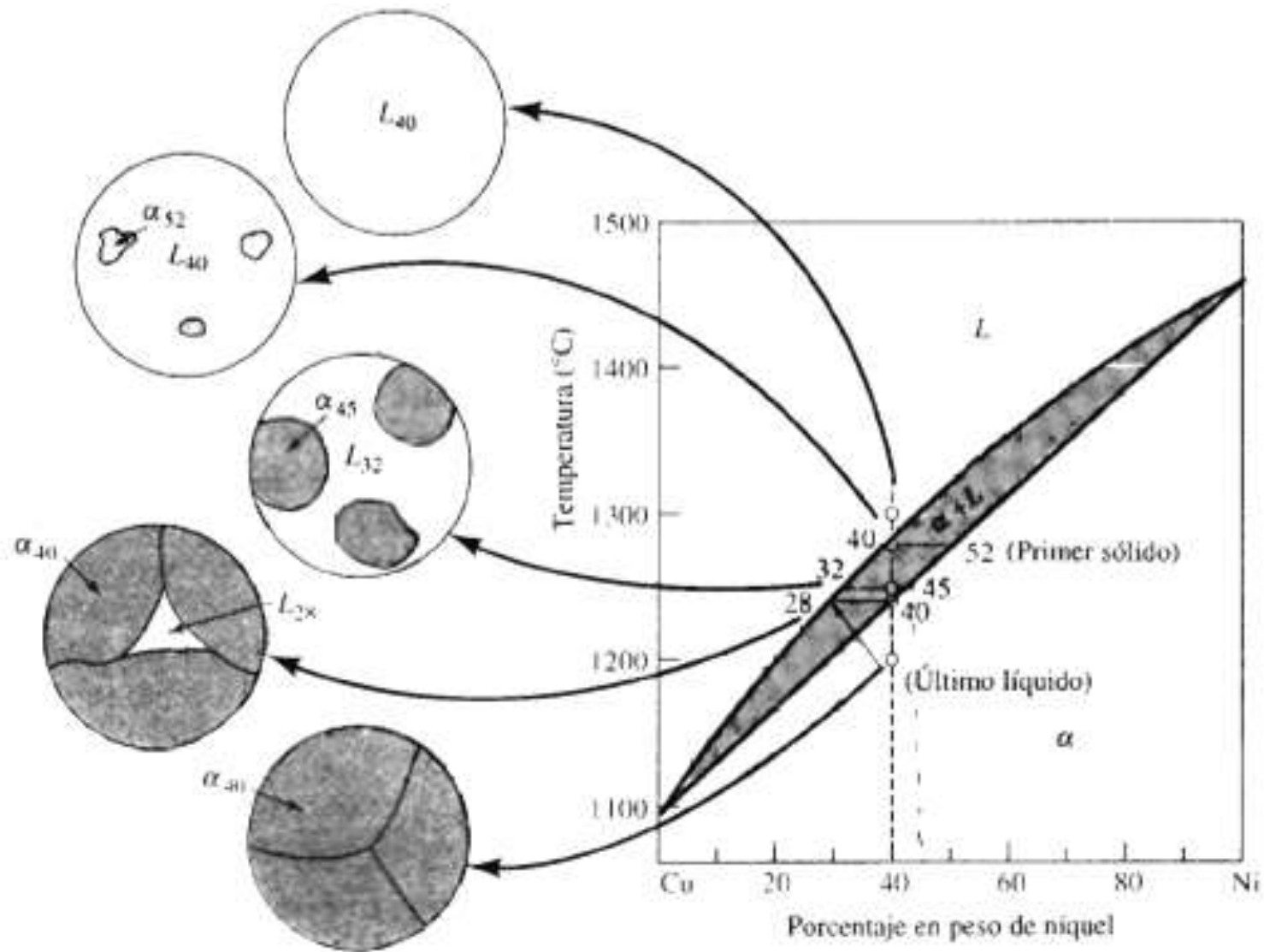
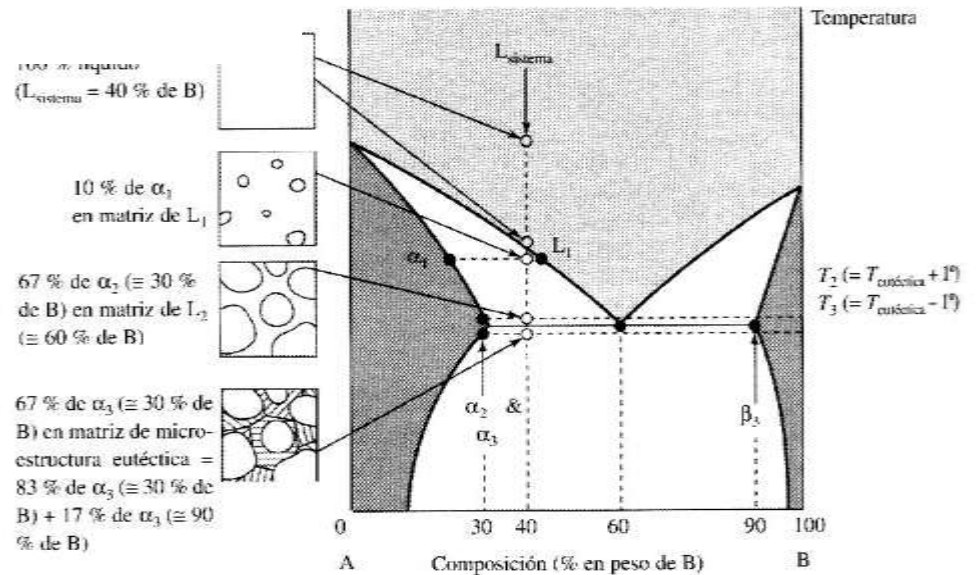
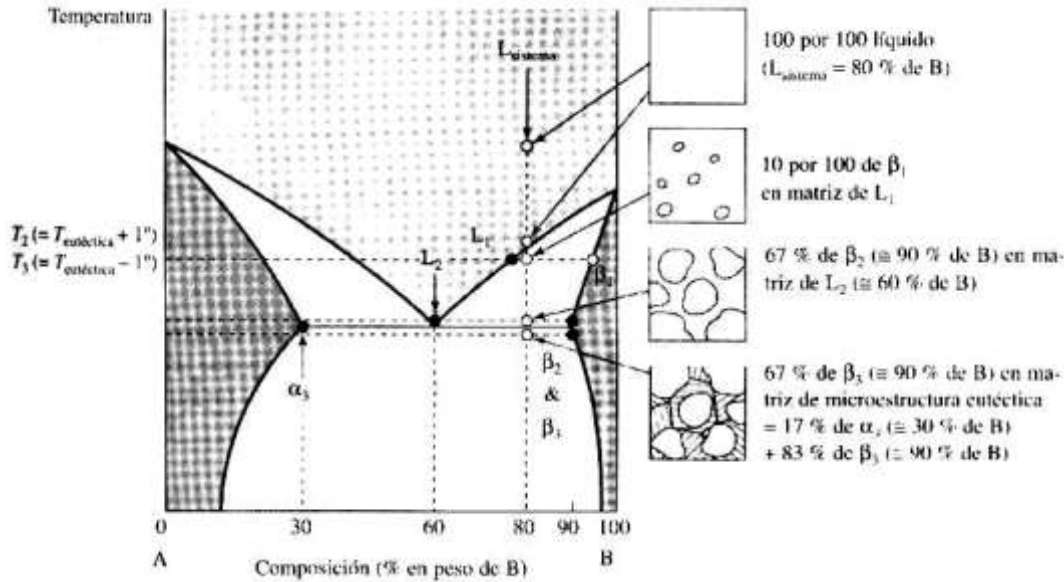
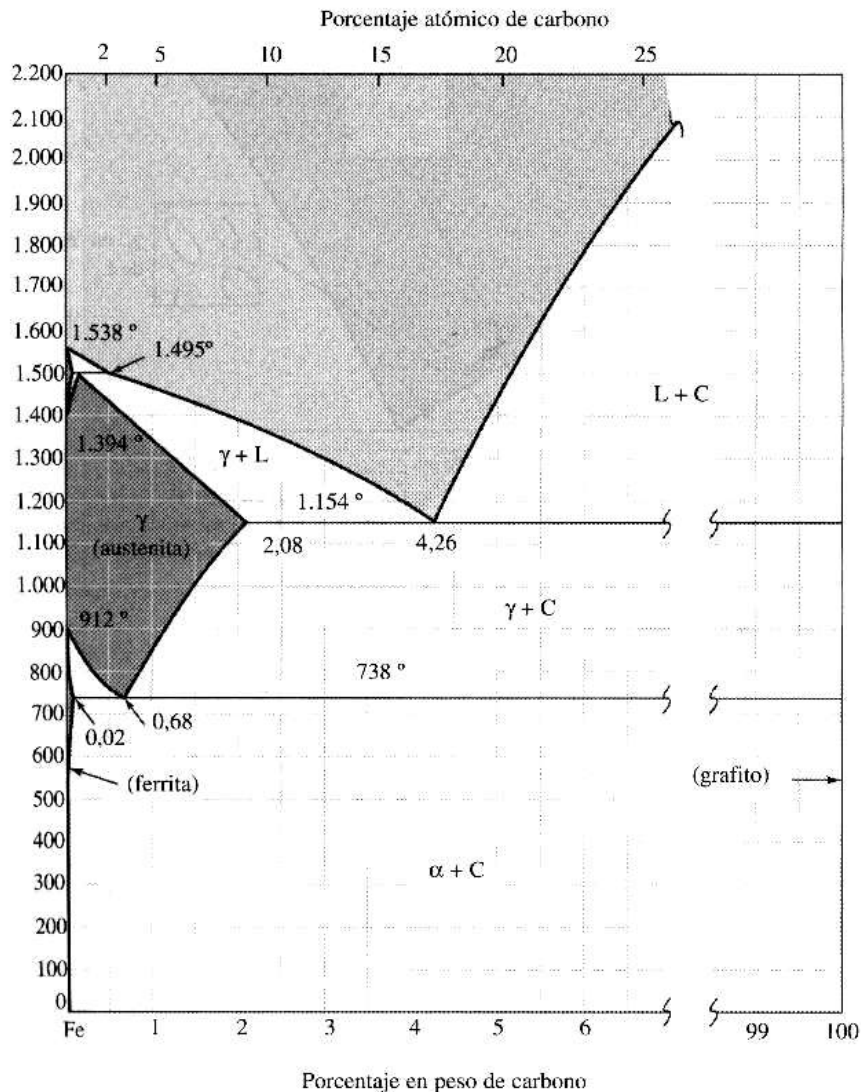


FIGURA 9-14 El cambio en estructura de una aleación Cu-40% Ni durante la solidificación en equilibrio. Los átomos de níquel y cobre deben difundirse durante el enfriamiento, a fin de satisfacer el diagrama de fases y producir una estructura en equilibrio uniforme.

EVOLUCION DE LA MICROESTRUCTURA DURANTE EL ENFRIAMIENTO LENTO DE UNA COMPOSICION EUTECTICA



SISTEMA Fe-C



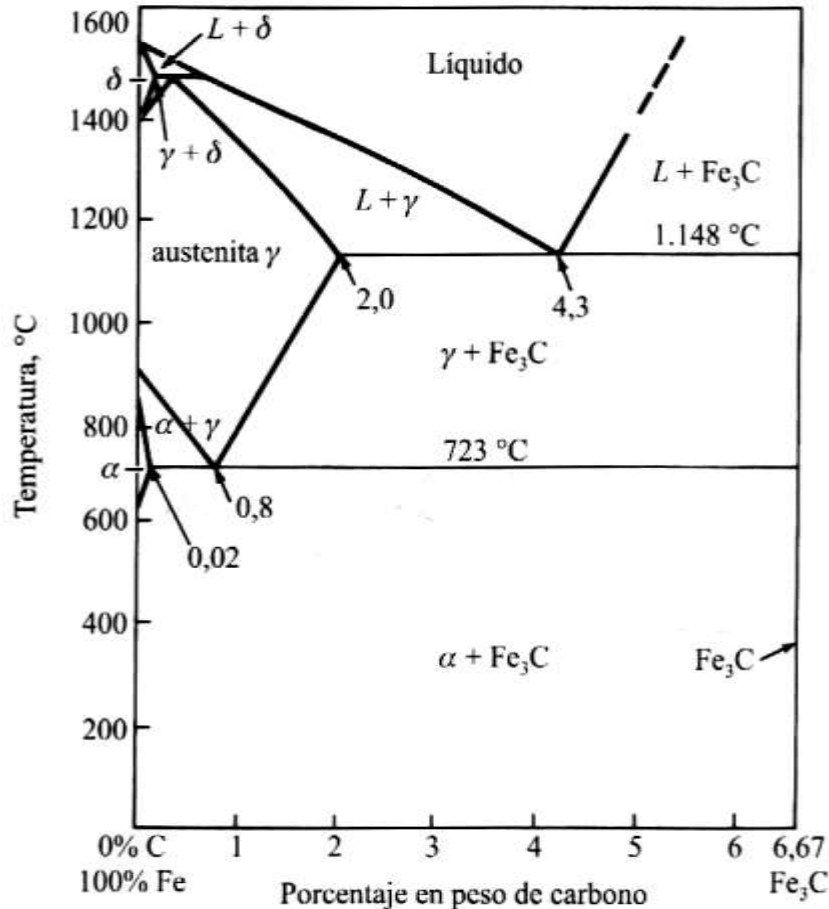
CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

La Temperatura a que tienen lugar los cambios alotrópicos en el hierro está influida por los elementos de aleación, de los cuales el más importante es el Carbono.

En el siguiente diagrama se muestra la porción de interés del Sistema de Aleación Hierro-Carbono. Esta es la parte entre hierro puro y un componente intersticial, carburo de hierro Fe_3C que contiene 6,67 % de Carbono por peso.

El Carburo de Hierro se llama fase metaestable ya que es un hecho que el componente carburo de hierro se descompondrá en Hierro y Carbono (Grafito), lo cual tomará un tiempo muy largo a temperatura ambiente, y aún a 1300 °F tarda varios años en formar grafito.

Ahora bien aunque representa condiciones metaestables, puede considerarse representante de cambios en equilibrio, bajo condiciones de enfriamiento y calentamiento relativamente lentas.



CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

El diagrama contiene las siguientes fases sólidas: ferrita α , austenita γ y cementita Fe₃ C y ferrita δ.

Ferrita α

1. Solución Sólida Intersticial de C en Fe α (b.c.c.).
2. Solubilidad máxima en estado sólido del 0,0218 % C a 727 °C y disminuye a 0.005 % a 0 °C.
3. Es la estructura más suave del diagrama.

Austenita γ

1. Solución Sólida Intersticial de C en Fe γ (f.c.c.).
2. Solubilidad máxima en estado sólido de carbono es del 2.11 % C a 1148°C y disminuye a un 0.8 % a 726 °C
3. Generalmente no es estable a temperatura ambiente.

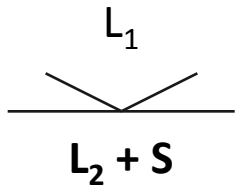
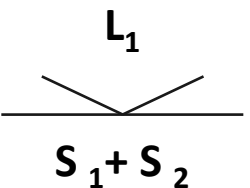
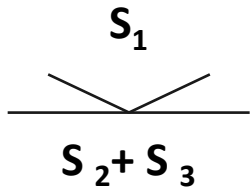
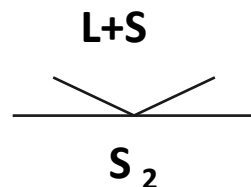
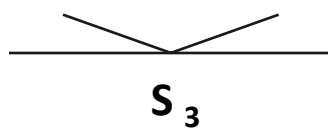
Cementita Fe₃ C

1. Compuesto intermetálico Fe₃ C
2. Tiene una composición del 6.67% en carbono y 93,33 % en hierro
3. Estructura cristalina ortorrómbica
4. Es duro y frágil

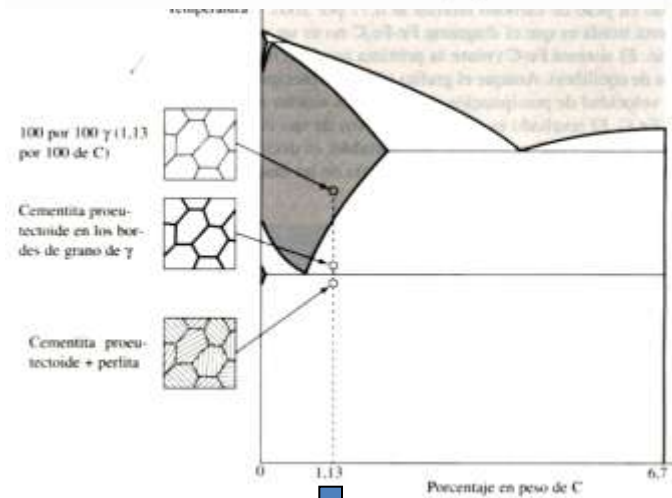
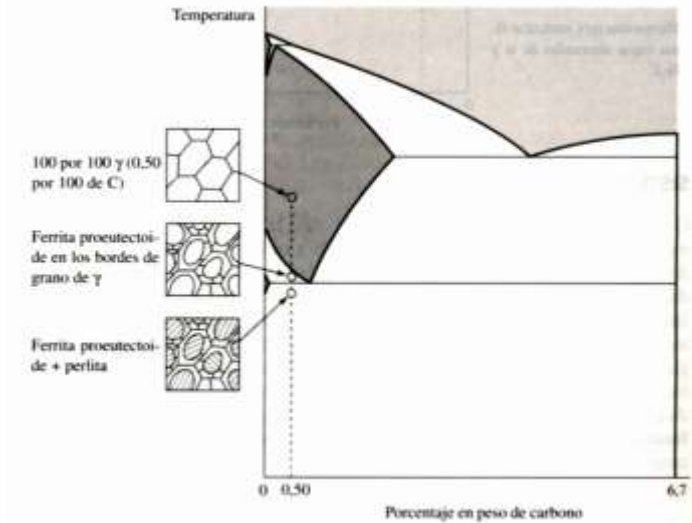
Ferrita δ.

1. Solución sólida intersticial de carbono en Fe δ (b.c.c)
2. Solubilidad máxima en estado sólido de carbono es del 0.09 % C a 1495°C

REACCIONES DE UN DIAGRAMA DE EQUILIBRIO

MONOTECTICA	$L_1 \leftrightarrow L_2 + S$	
EUTÉCTICA	$L_1 \leftrightarrow S_1 + S_2$	
EUTECTOIDE	$S_1 \leftrightarrow S_2 + S_3$	
PERITÉCTICA	$L + S_1 \leftrightarrow S_2$	
PERITECTOIDE	$S_1 + S_2 \leftrightarrow S_3$	

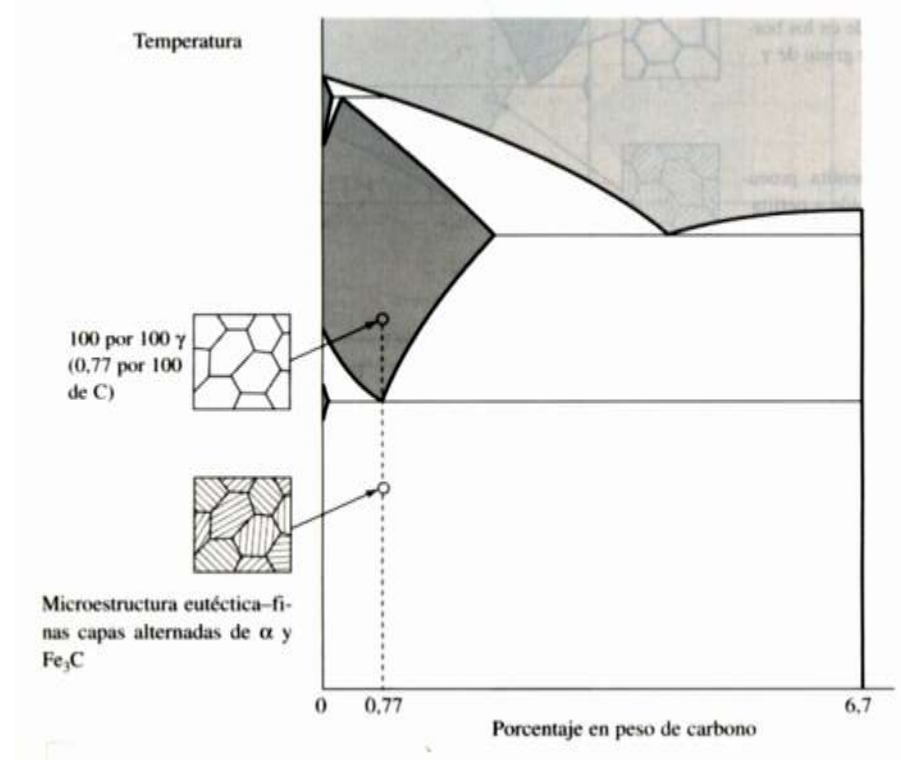
SISTEMA Fe-Fe₃C



Evolución microestructural de un acero hipereutectoide (1.13 % en peso de Carbono)



Evolución microestructural de un acero hipoeutectoide (0.50% en peso de Carbono)



Evolución microestructural de un acero eutectoide (0.77% en peso de Carbono)

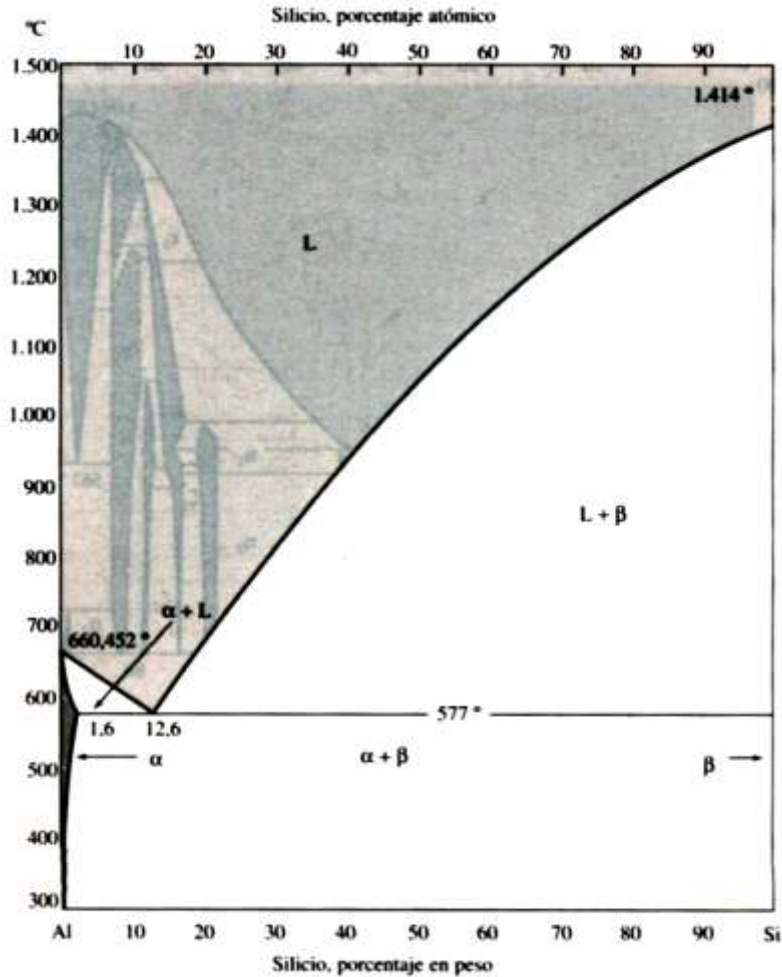


DIAGRAMA DE FASES Al-Si.

Sistema eutéctico Al-Si, existe una pequeña zona de solubilidad sólida. La región rica en aluminio describe el comportamiento de algunas aleaciones importantes de aluminio.

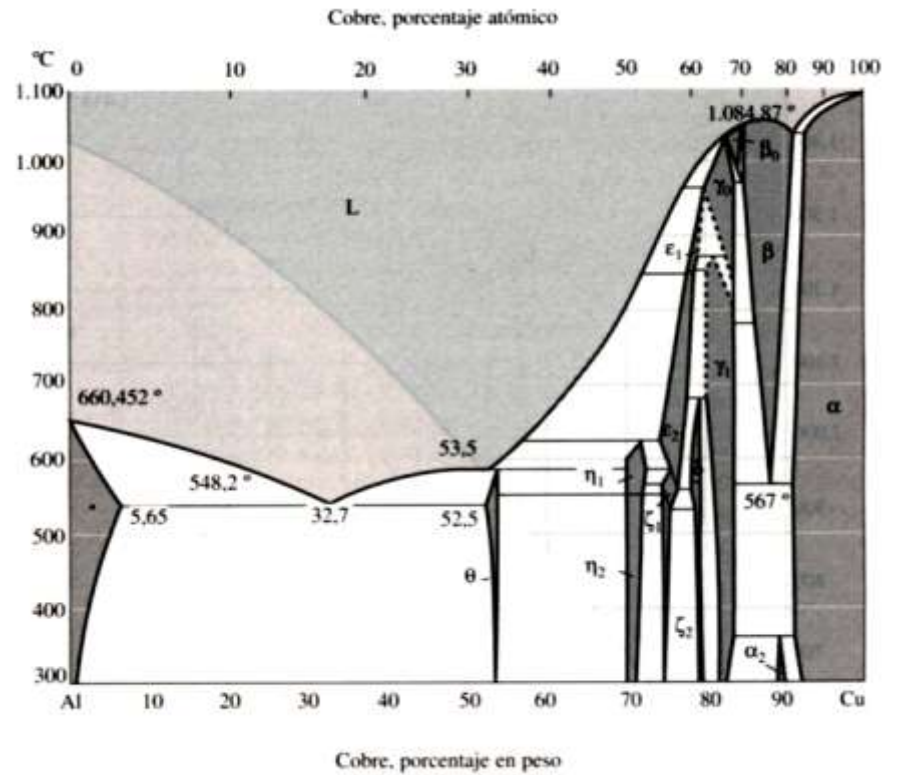


DIAGRAMA DE FASES Al-Cu

Diagrama complejo que puede analizarse como un diagrama eutéctico simple en la región de elevado contenido en aluminio.

SISTEMAS

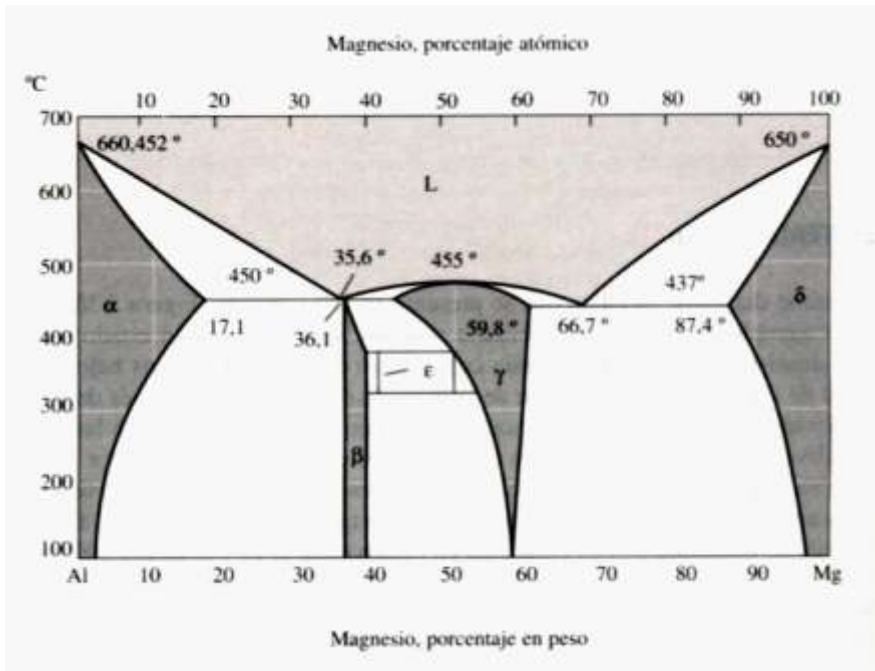


DIAGRAMA DE FASES Al-Mg.

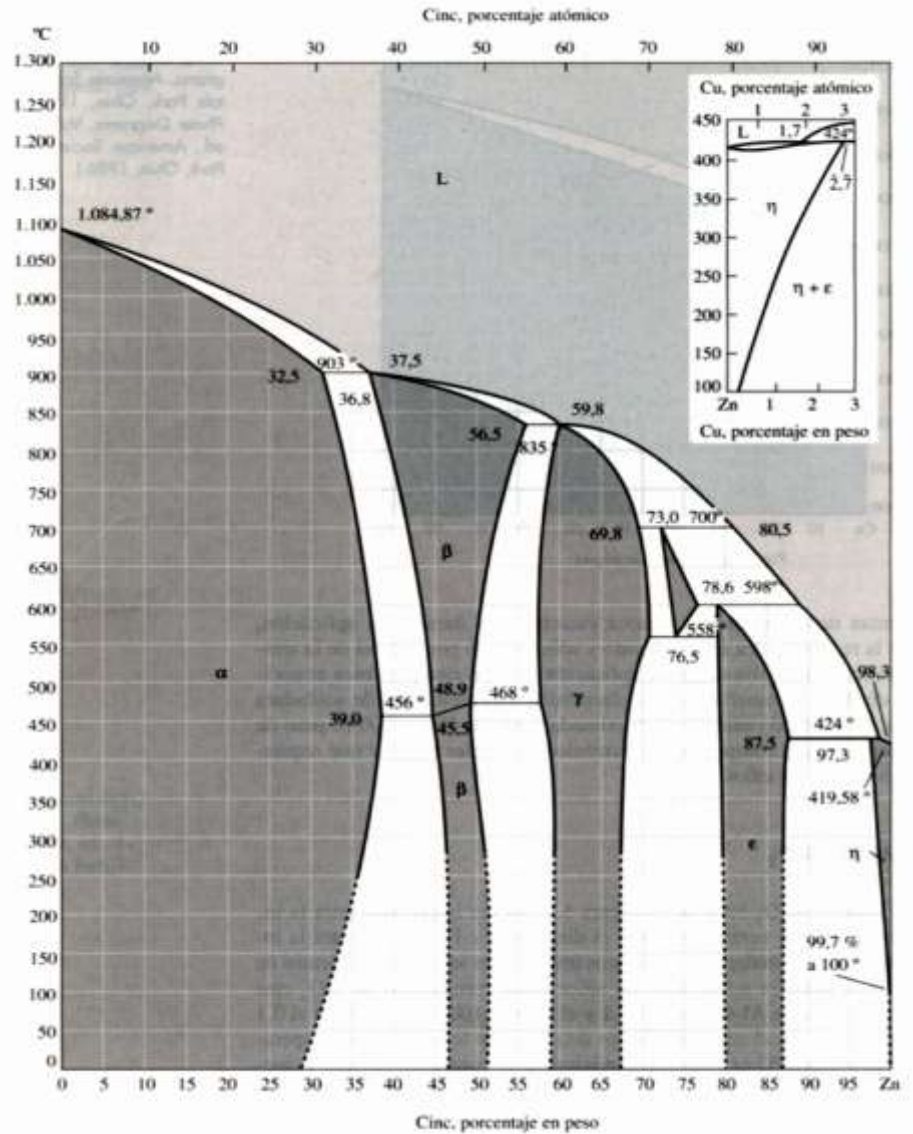


DIAGRAMA DE FASES Cu-Zn

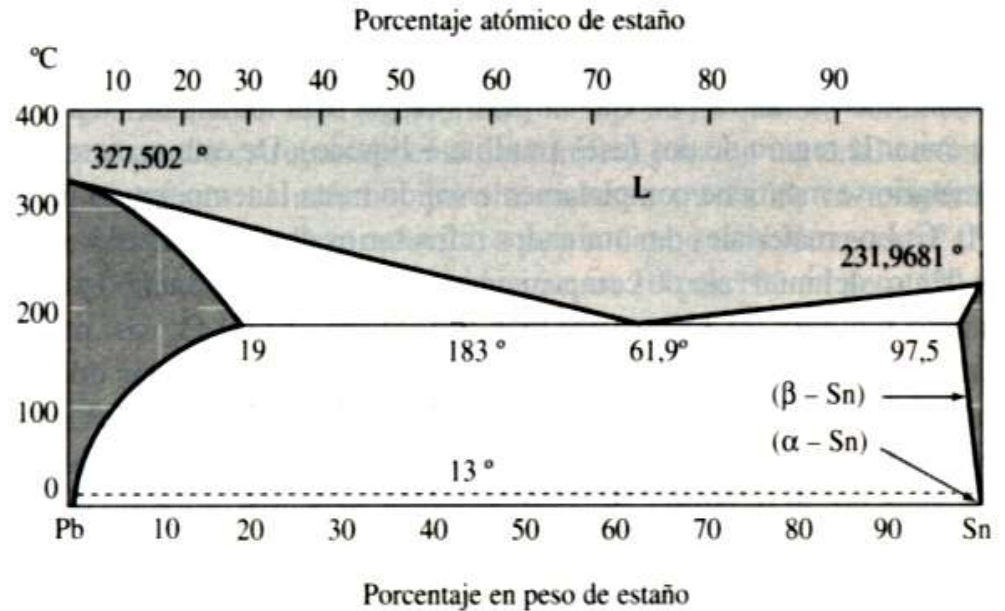
DIAGRAMA DE FASES Pb-Sn

Diagrama eutéctico binario con solubilidad parcial en estado sólido. Las aleaciones de soldadura caen dentro de este sistema.

Las aleaciones de soldadura con menos del 5% de peso en Sn se emplea sellando recipientes, revestimientos, unión de metales y aplicaciones con temperaturas de servicio que excedan los 120°C.

Las aleaciones entre un 10 y 20% en peso de Sn se emplean en sellar radiadores de automóviles y para rellenar juntas y hendiduras en los automóviles.

Las aleaciones entre un 40 y 50 % en peso de Sn presentan una consistencia pastosa durante su aplicación y su aplicación va desde la fontanería hasta la electrónica.



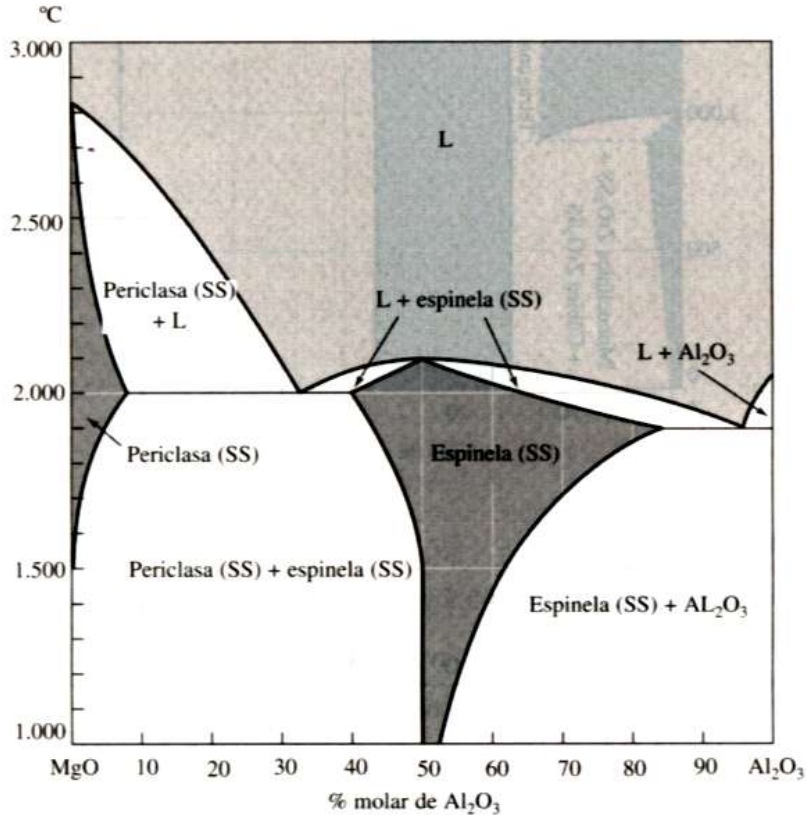


DIAGRAMA DE FASES MgO- Al₂O₃

Diagrama que incluye el compuesto intermedio, espinela MgO.Al₂O₃ (Espinela) o MgAl₂O₄, con extenso rango de de solución sólida. Las espinelas refractarias son muy utilizadas en la industria.

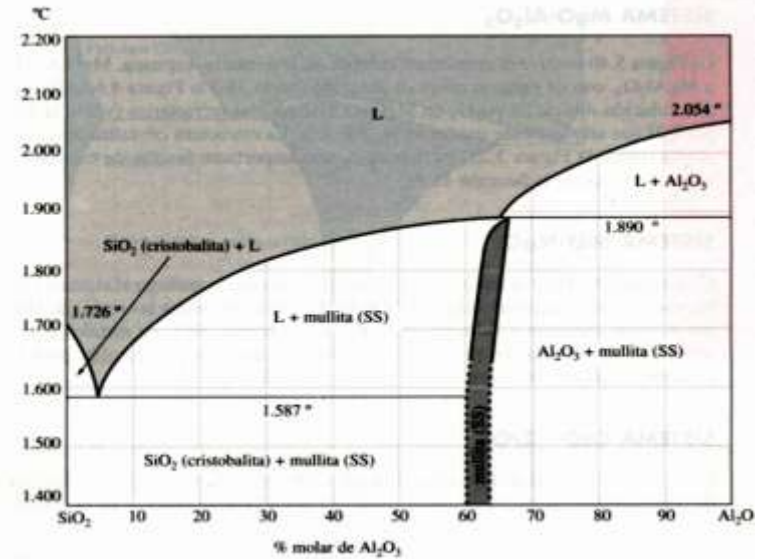


DIAGRAMA DE FASES Al₂O₃– SiO₂

Diagrama importante en la industria de los materiales cerámicos.

Los ladrillos refractarios de sílice están compuestos de SiO₂ casi puro con Al₂O₃ entre 0.1 y 0.6% molar.

Los de arcilla comunes están localizados en el intervalo de un 16 a 32% molar de Al₂O₃. Su utilidad como elementos estructurales en el diseño de hornos esta limitada por una temperatura eutéctica de 1587°C.

La mullita es un compuesto intermedio Al₂O₃. 2SiO₂.

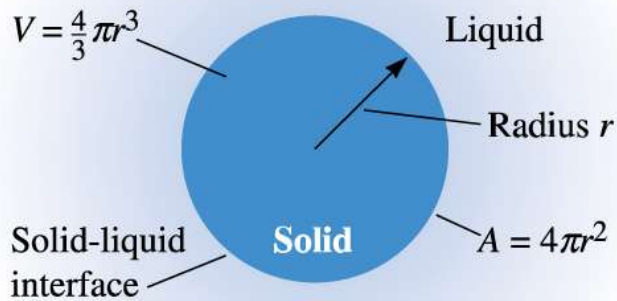
El Al₂O₃ casi puro representa la mas alta capacidad refractaria de los materiales pertenecientes al sistema Al₂O₃.

Condiciones para una solubilidad sólida ilimitada

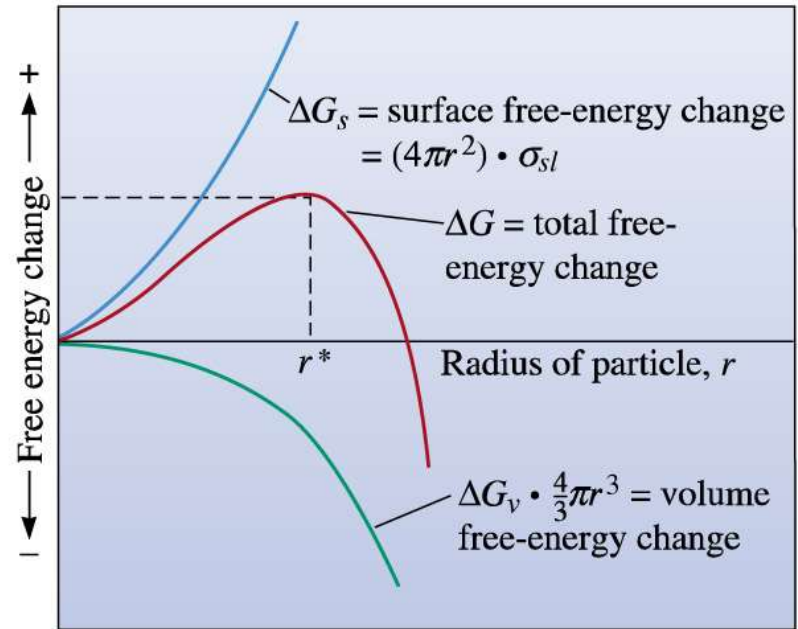
Para que una aleación como el cobre-níquel tenga solubilidad sólida ilimitada, deberán satisfacerse ciertas condiciones. Éstas, conocidas como las reglas de **Hume-Rothery**, son las siguientes:

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 alentará 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.

Las condiciones de Hume-Rothery deben cumplirse, pero no son necesariamente suficientes para que dos metales tengan solubilidad sólida ilimitada.



(a)



(b)

Figure 9-1 (a) An interface is created when a solid forms from the liquid. (b) The total free energy of the solid-liquid system changes with the size of the solid. The solid is an embryo if its radius is less than the critical radius, and is a nucleus if its radius is greater than the critical radius.

TABLE 9-1 ■ Values for freezing temperature, latent heat of fusion, surface energy, and maximum undercooling for selected materials

	Freezing Temperature (T_m)	Heat of Fusion (ΔH_f)	Solid-Liquid Interfacial Energy (σ_{sl})	Typical Undercooling for Homogeneous Nucleation (ΔT)
Metal	(°C)	(J/cm ³)	(J/cm ²)	(°C)
Ga	30	488	56×10^{-7}	76
Bi	271	543	54×10^{-7}	90
Pb	327	237	33×10^{-7}	80
Ag	962	965	126×10^{-7}	250
Cu	1085	1628	177×10^{-7}	236
Ni	1453	2756	255×10^{-7}	480
Fe	1538	1737	204×10^{-7}	420
NaCl	801			169
CsCl	645			152
H ₂ O	0			40

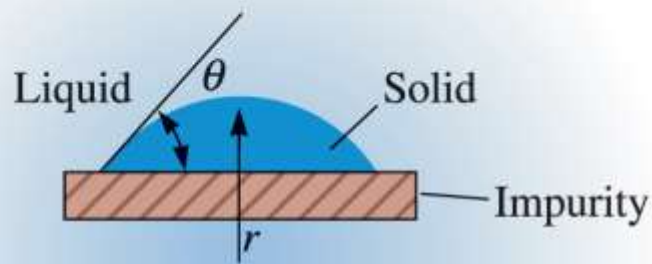


Figure 9-2

A solid forming on an impurity can assume the critical radius with a smaller increase in the surface energy. Thus, heterogeneous nucleation can occur with relatively low undercoolings.

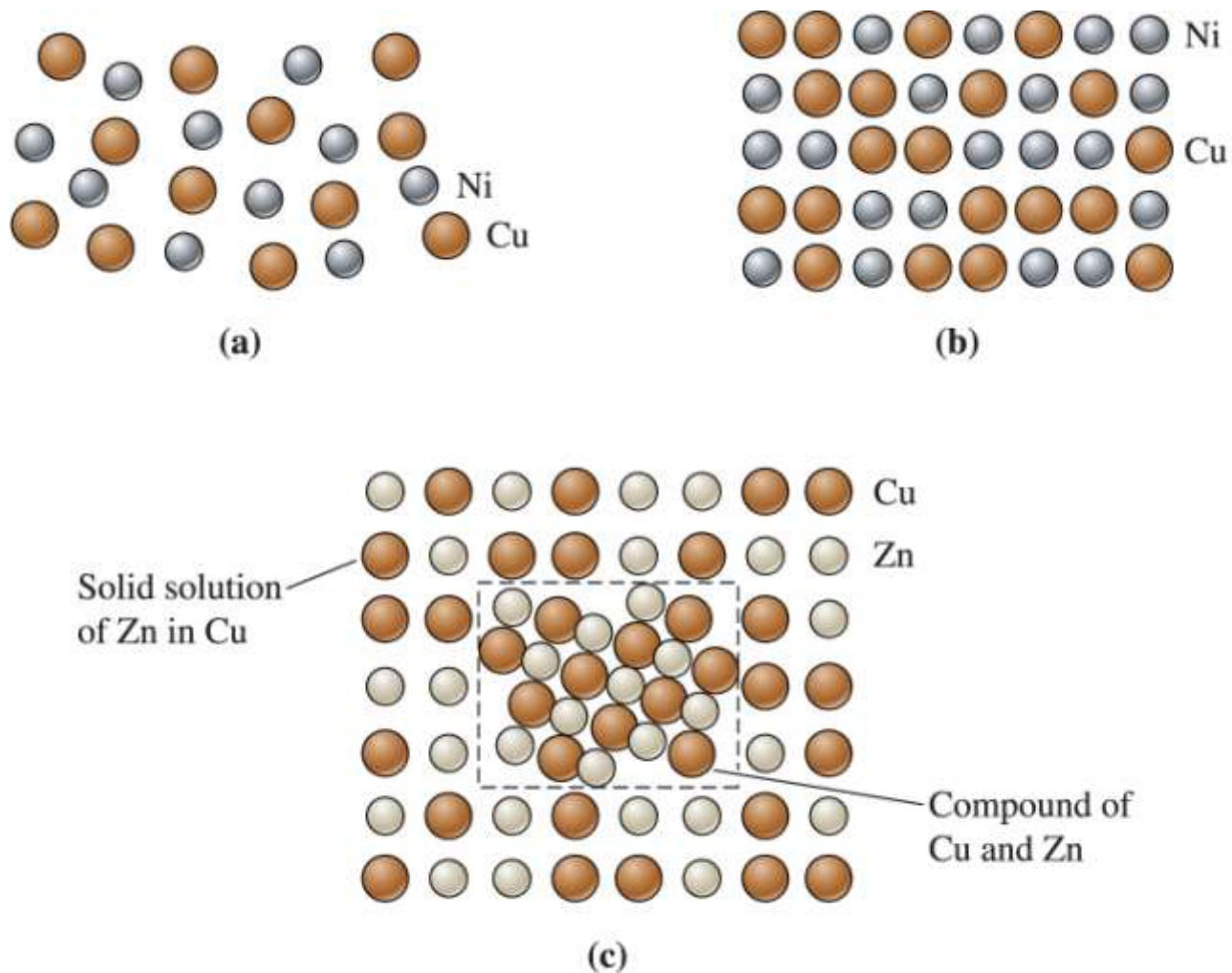


Figure 10-3 (a) Liquid copper and liquid nickel are completely soluble in each other. (b) Solid copper-nickel alloys display complete solid solubility, with copper and nickel atoms occupying random lattice sites. (c) In copper-zinc alloys containing more than 30% Zn, a second phase forms because of the limited solubility of zinc in copper.

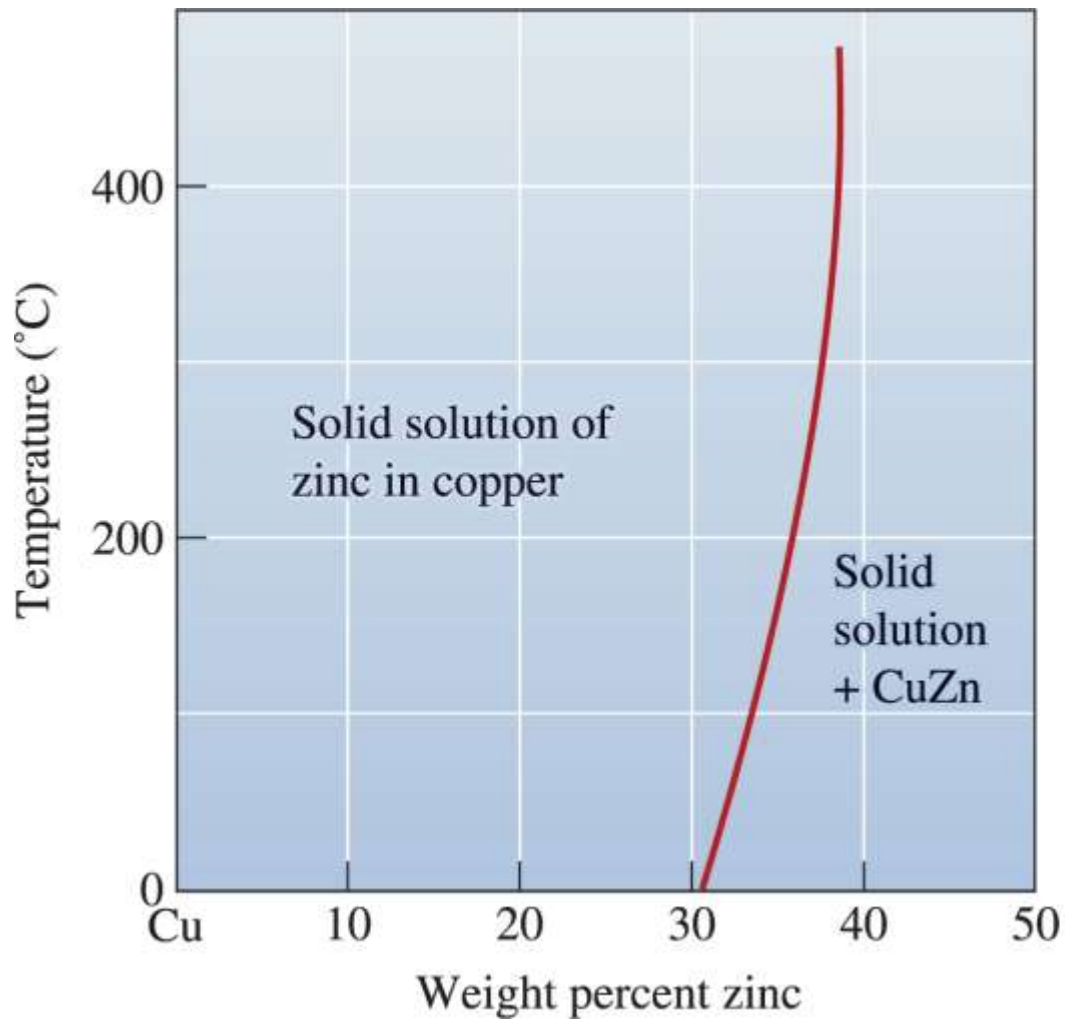


Figure 10-4

The solubility of zinc in copper. The solid line represents the solubility limit; when excess zinc is added, the solubility limit is exceeded and two phases coexist.

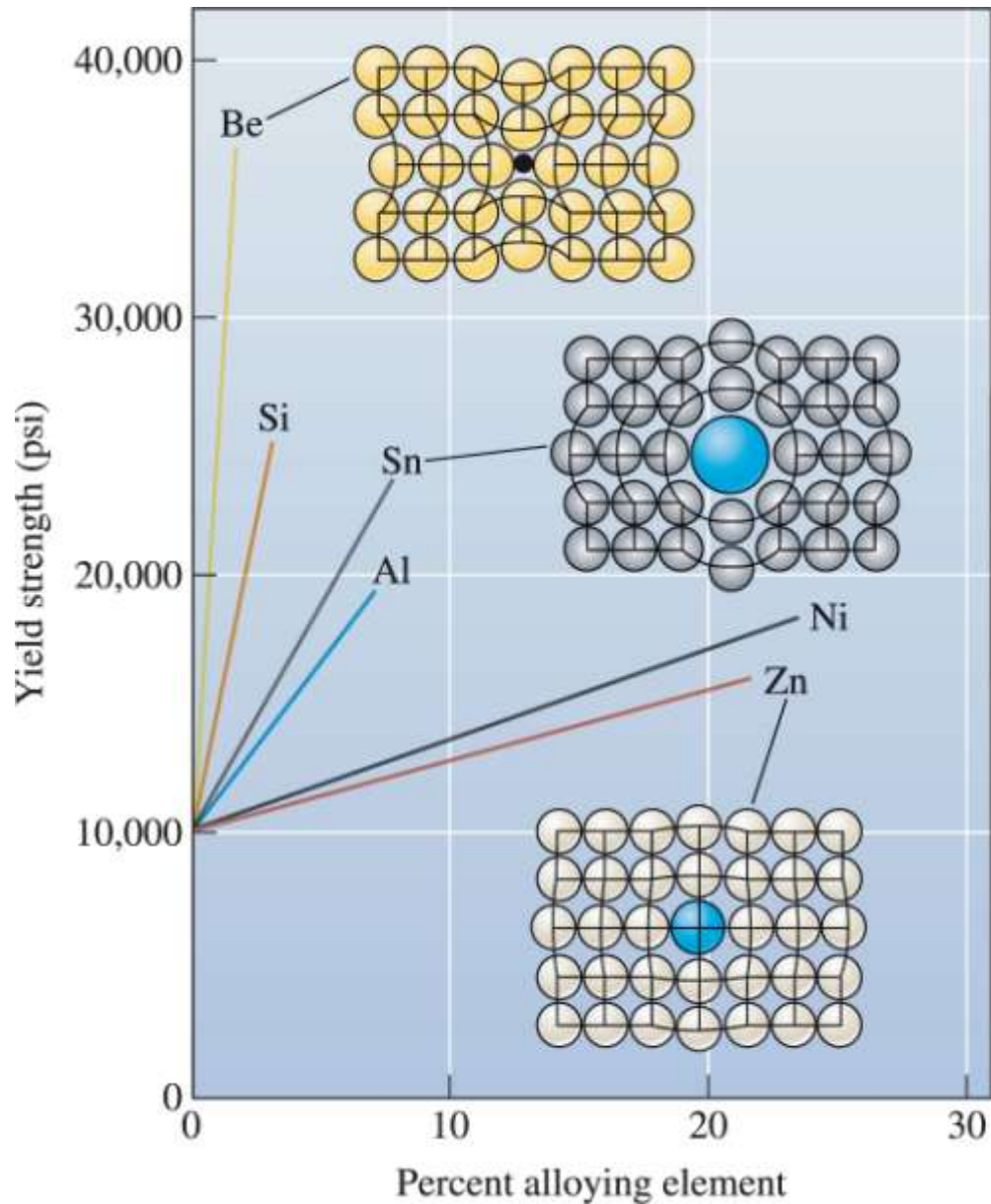


Figure 10-7

The effects of several alloying elements on the yield strength of copper. Nickel and zinc atoms are about the same size as copper atoms, but beryllium and tin atoms are much different from copper atoms. Increasing both atomic size difference and amount of alloying element increases solid-solution strengthening.

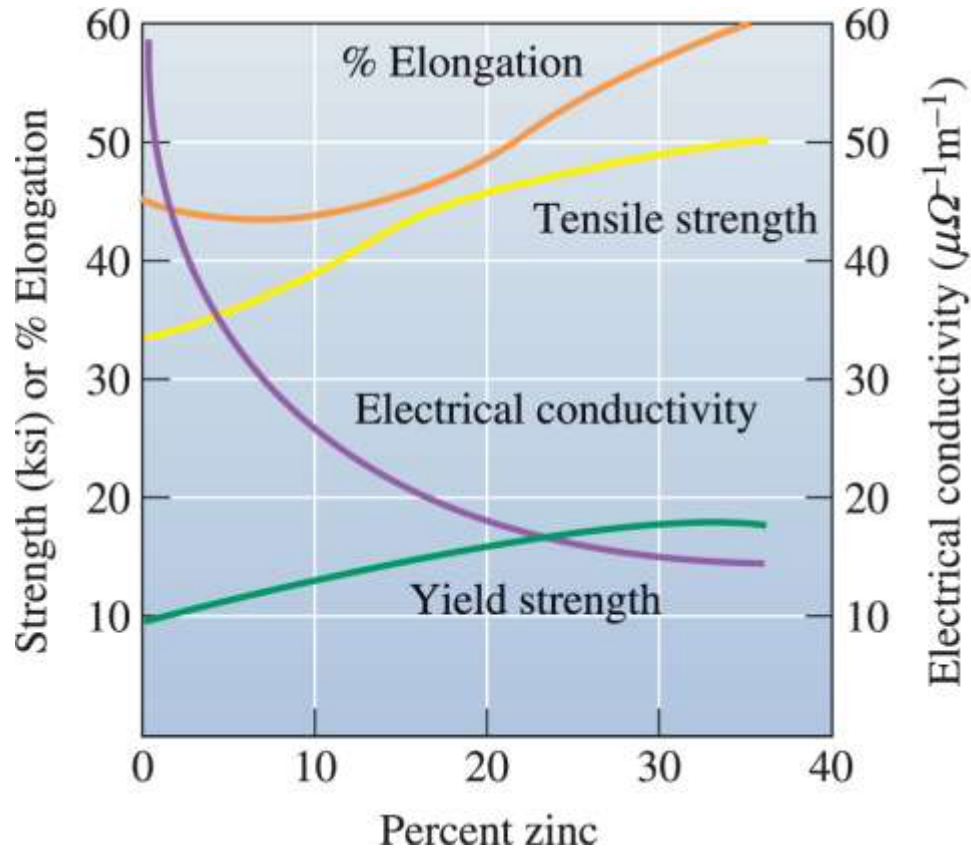


Figure 10-8

The effect of additions of zinc to copper on the properties of the solid-solution-strengthened alloy. The increase in % elongation with increasing zinc content is *not* typical of solid-solution strengthening.

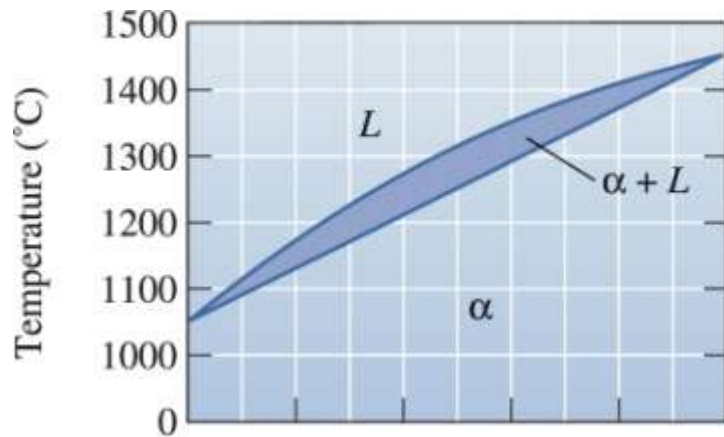
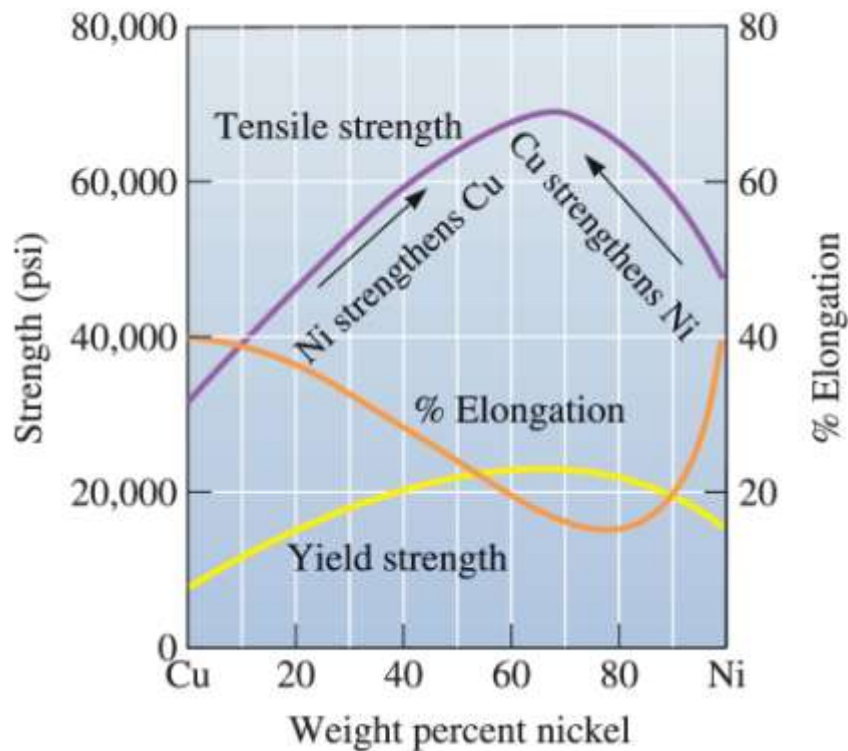


Figure 10-14

The mechanical properties of copper-nickel alloys. Copper is strengthened by up to 60% Ni and nickel is strengthened by up to 40% Cu.



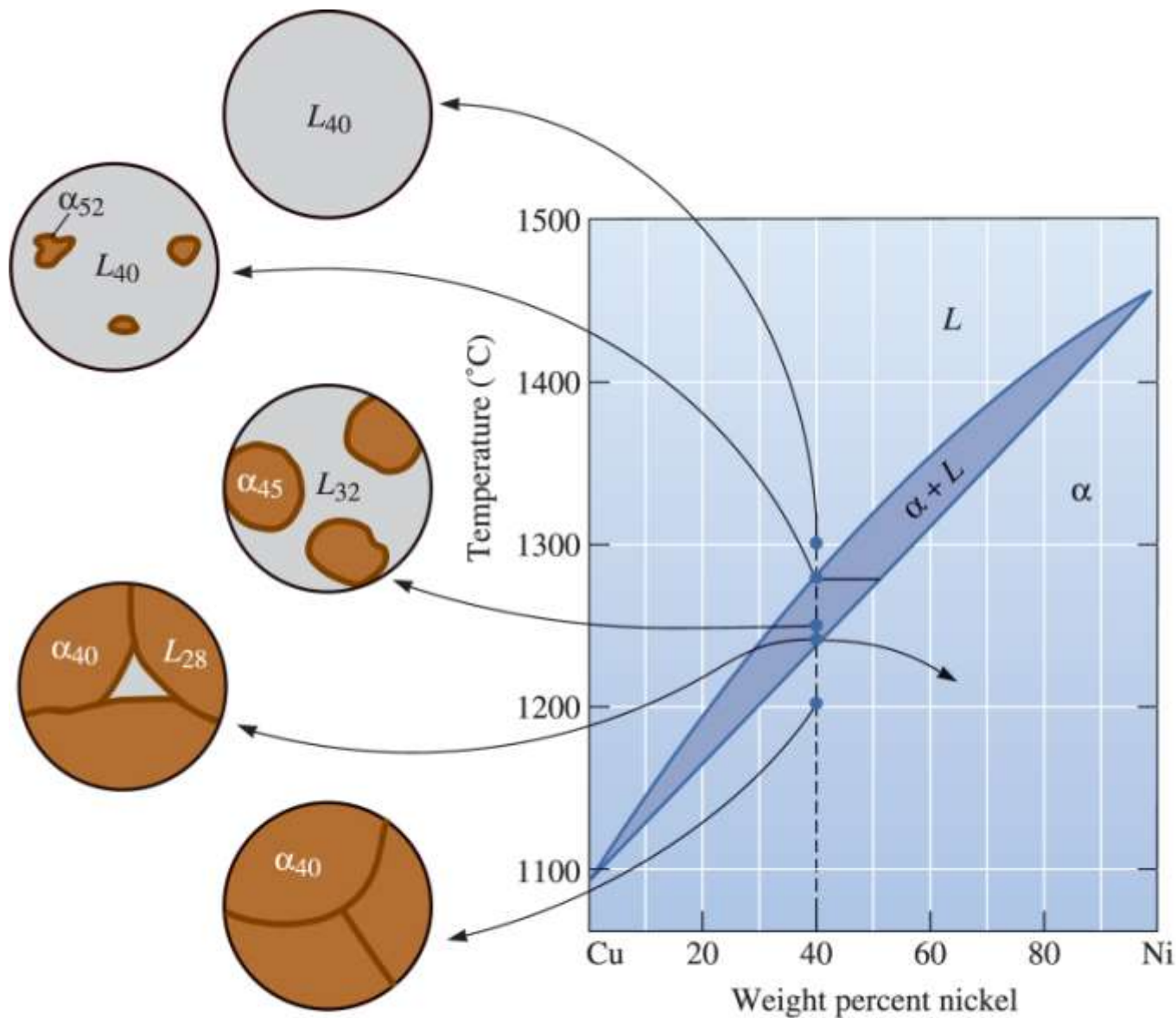


Figure 10-15 The change in structure of a Cu-40% Ni alloy during equilibrium solidification. The nickel and copper atoms must diffuse during cooling in order to satisfy the phase diagram and produce a uniform equilibrium structure.

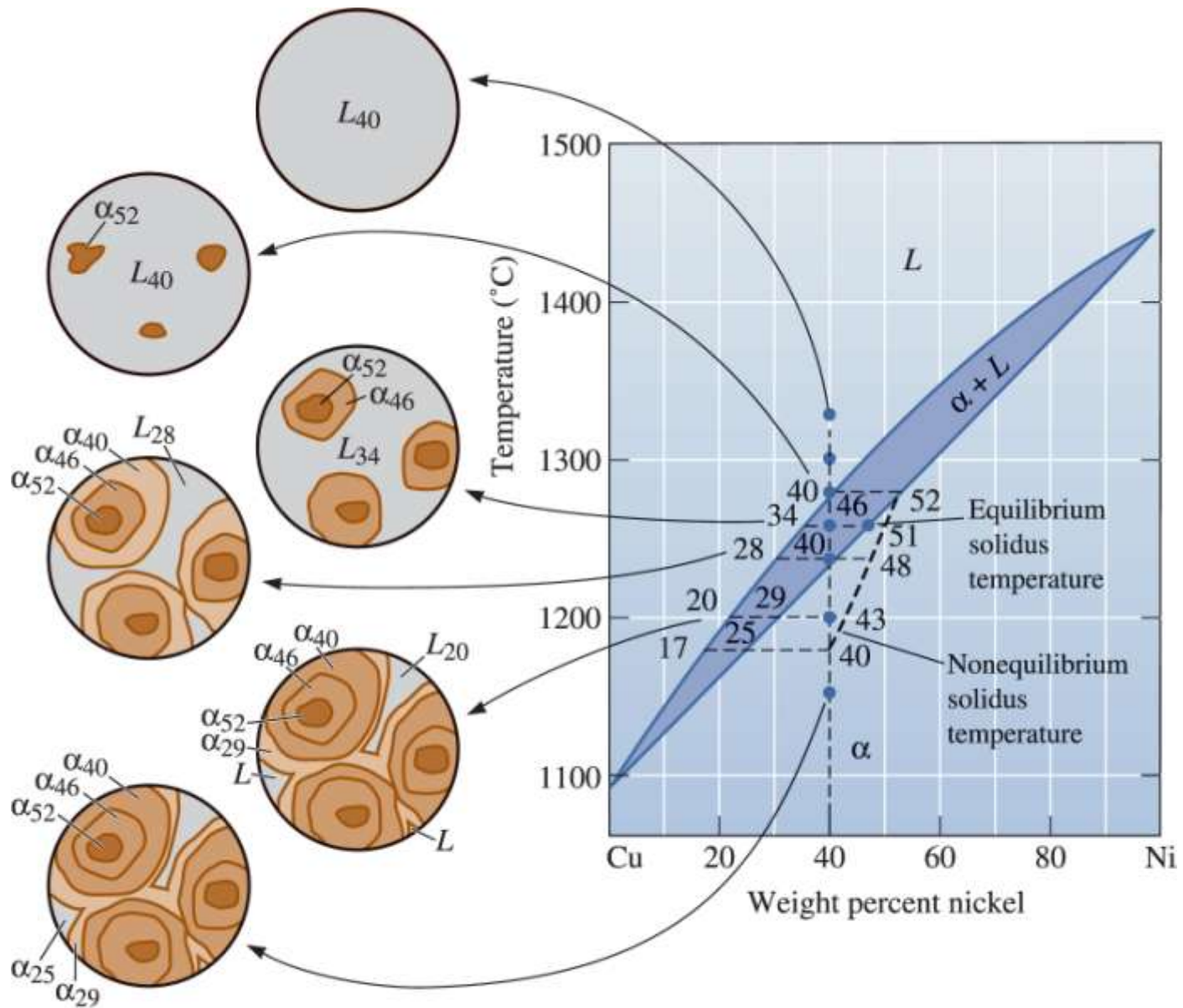


Figure 10-17 The change in structure of a Cu-40% Ni alloy during nonequilibrium solidification. Insufficient time for diffusion in the solid produces a segregated structure. Notice the non-equilibrium solidus curve.

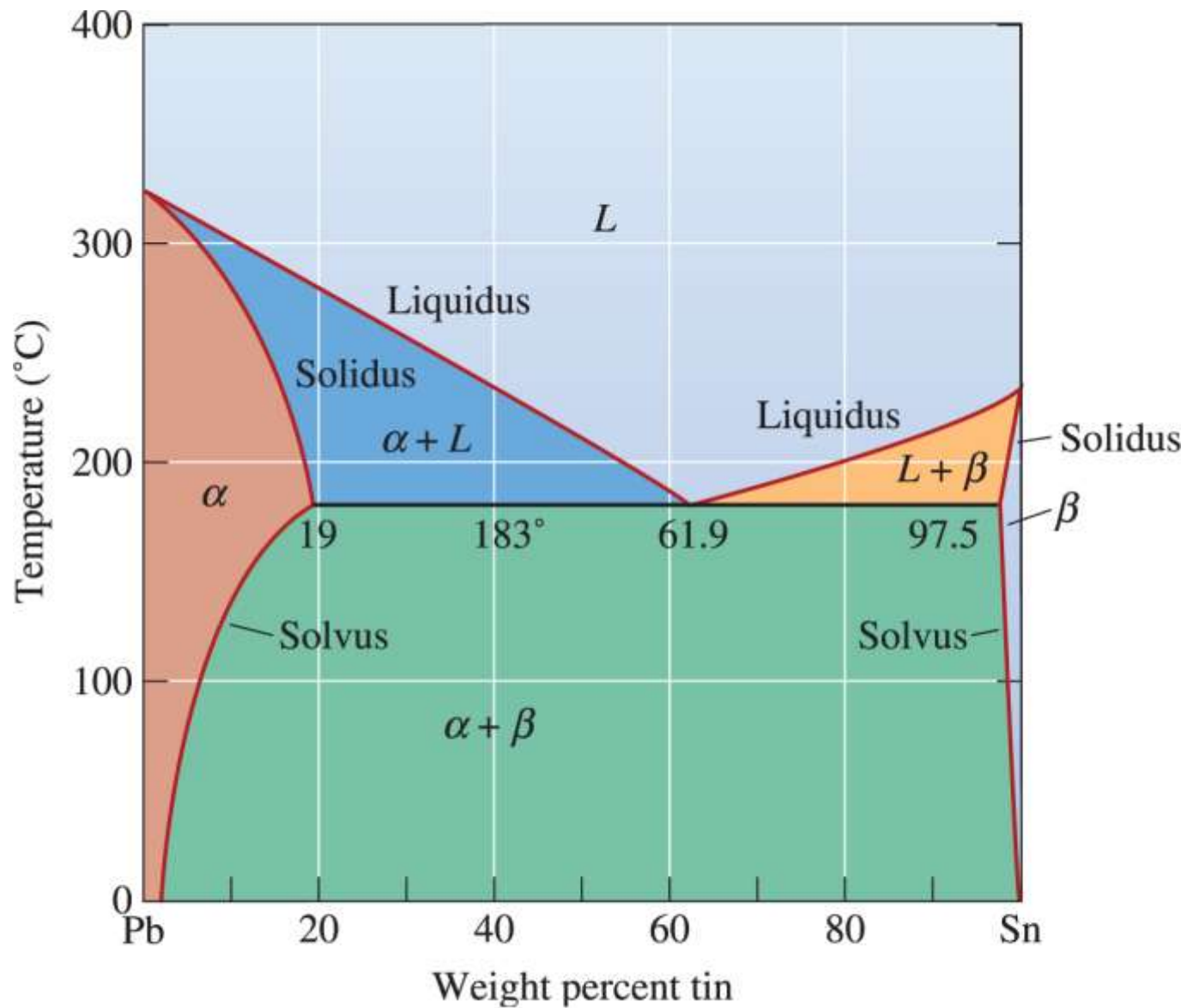


Figure 11-6 The lead–tin equilibrium phase diagram.

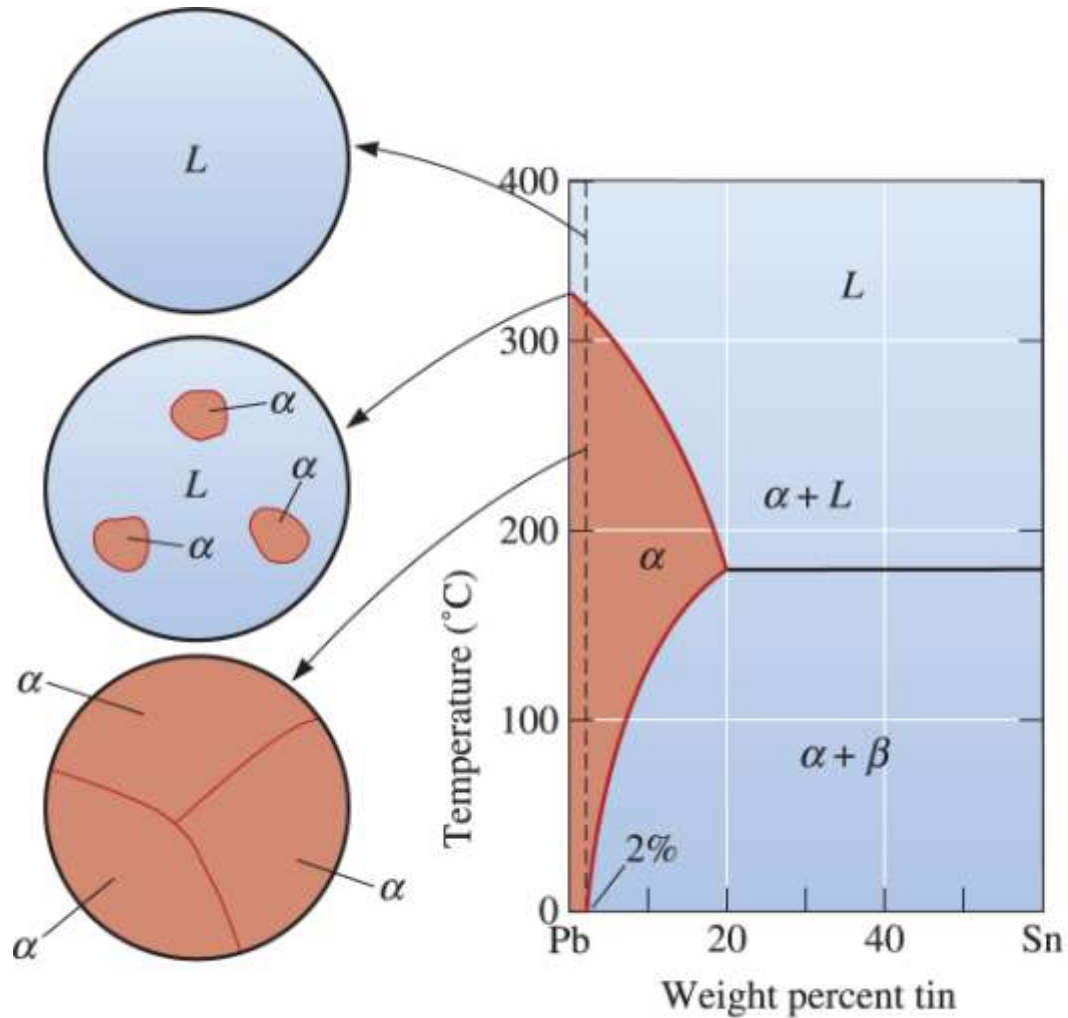


Figure 11-7 Solidification and microstructure of a Pb-2% Sn alloy. The alloy is a single-phase solid solution.

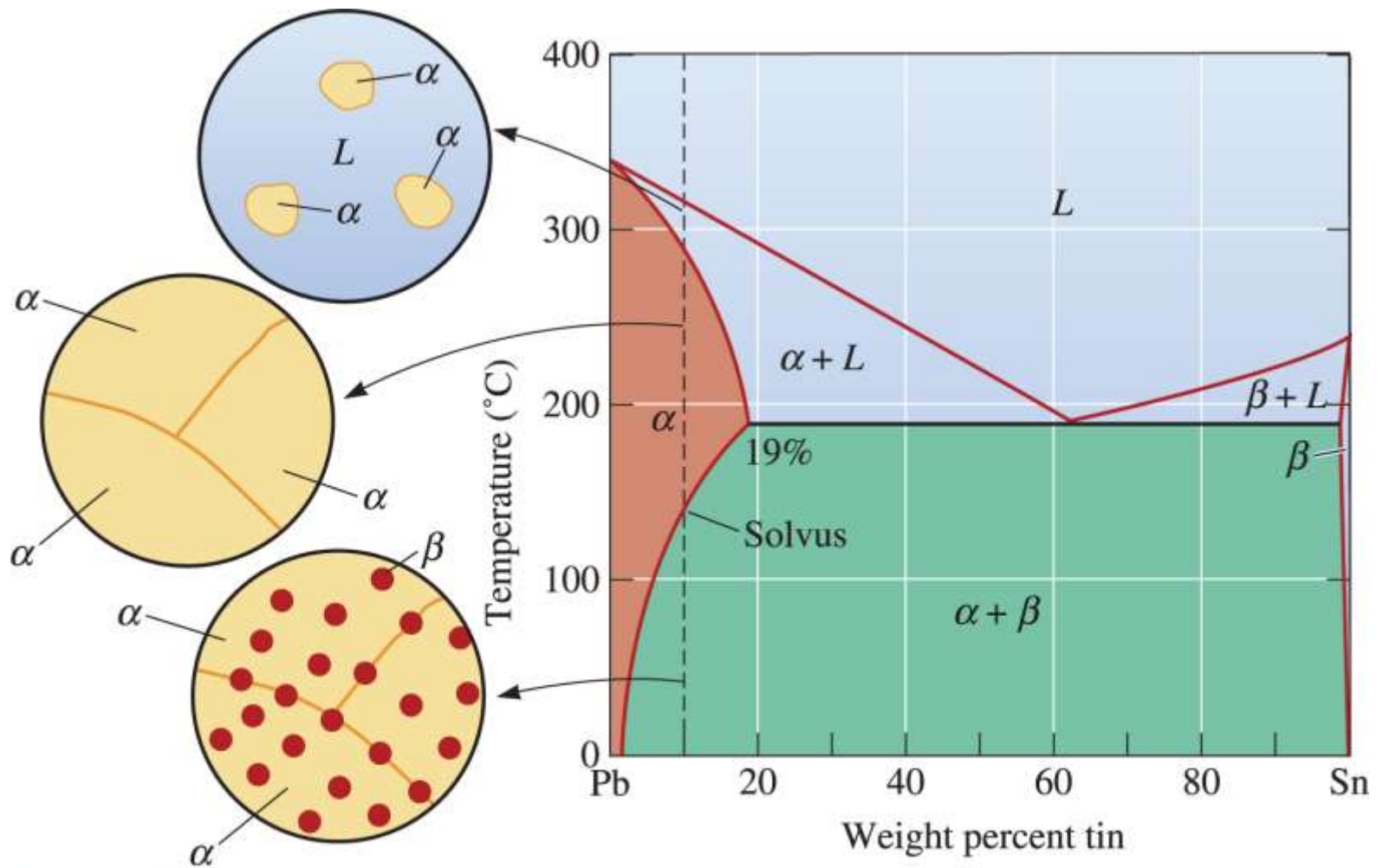


Figure 11-8 Solidification, precipitation, and microstructure of a Pb-10% Sn alloy. Some dispersion strengthening occurs as the β solid precipitates.

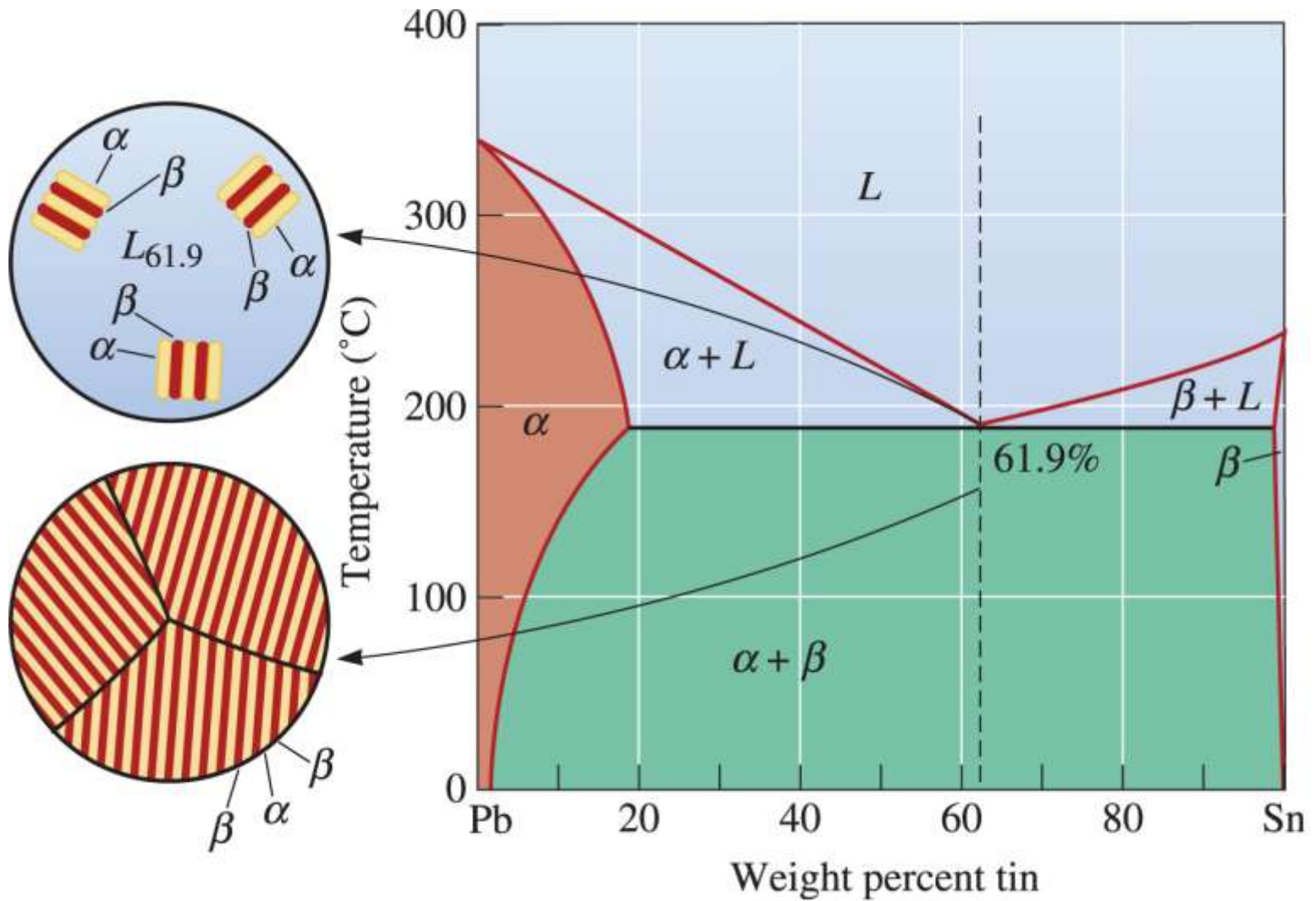


Figure 11-9 Solidification and microstructure of the eutectic alloy Pb-61.9% Sn.

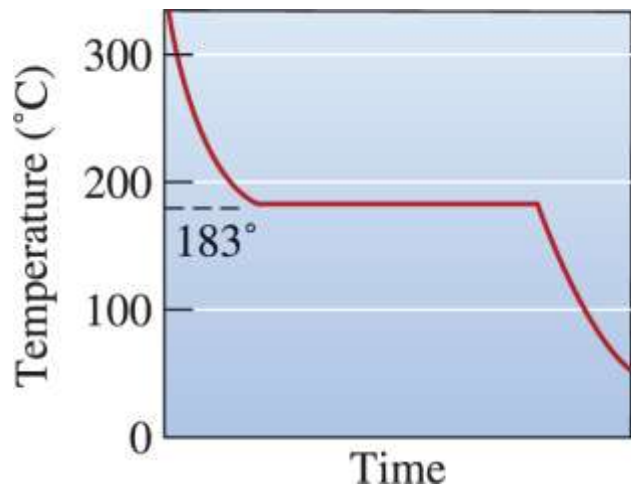
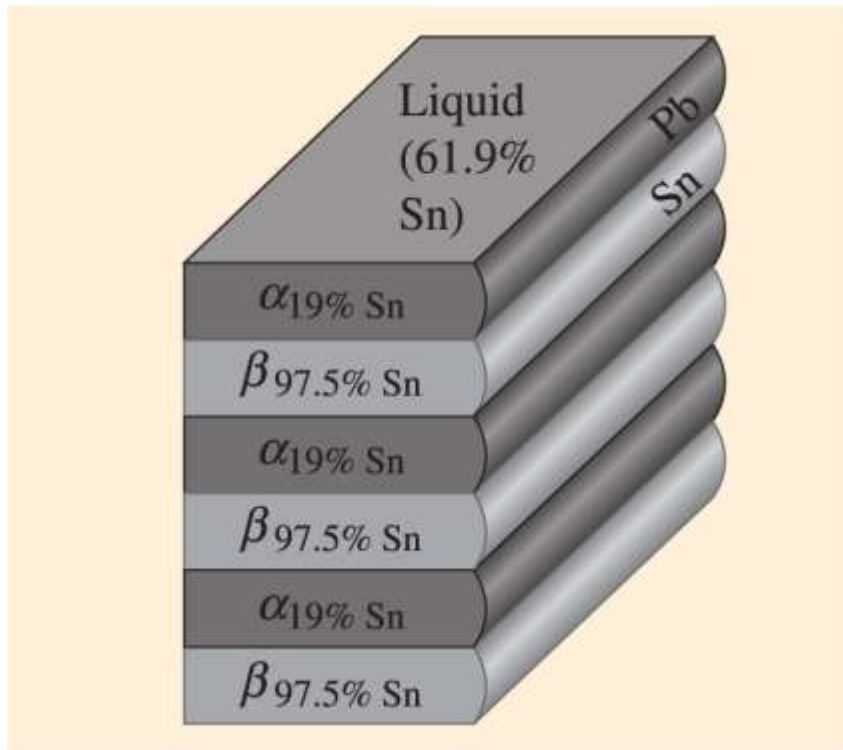
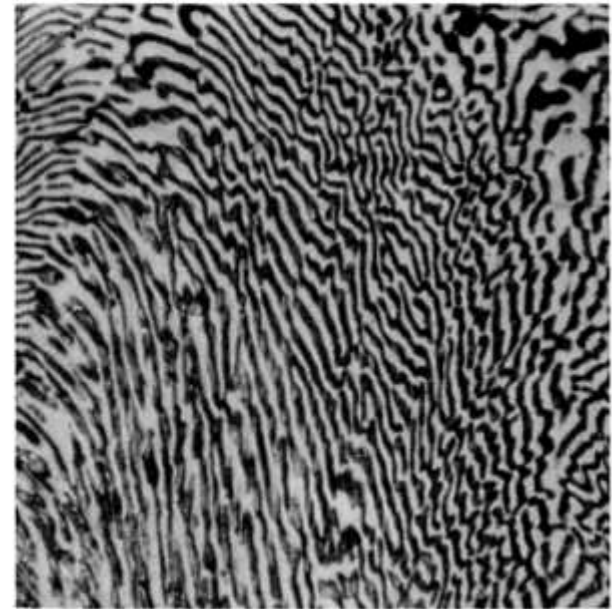


Figure 11-10

The cooling curve for an eutectic alloy is a simple thermal arrest, since eutectics freeze or melt at a single temperature.



(a)



(b)

Figure 11-11 (a) Atom redistribution during lamellar growth of a lead–tin eutectic. Tin atoms from the liquid preferentially diffuse to the β plates, and lead atoms diffuse to the α plates. (b) Photomicrograph of the lead-tin eutectic microconstituent ($\times 400$).

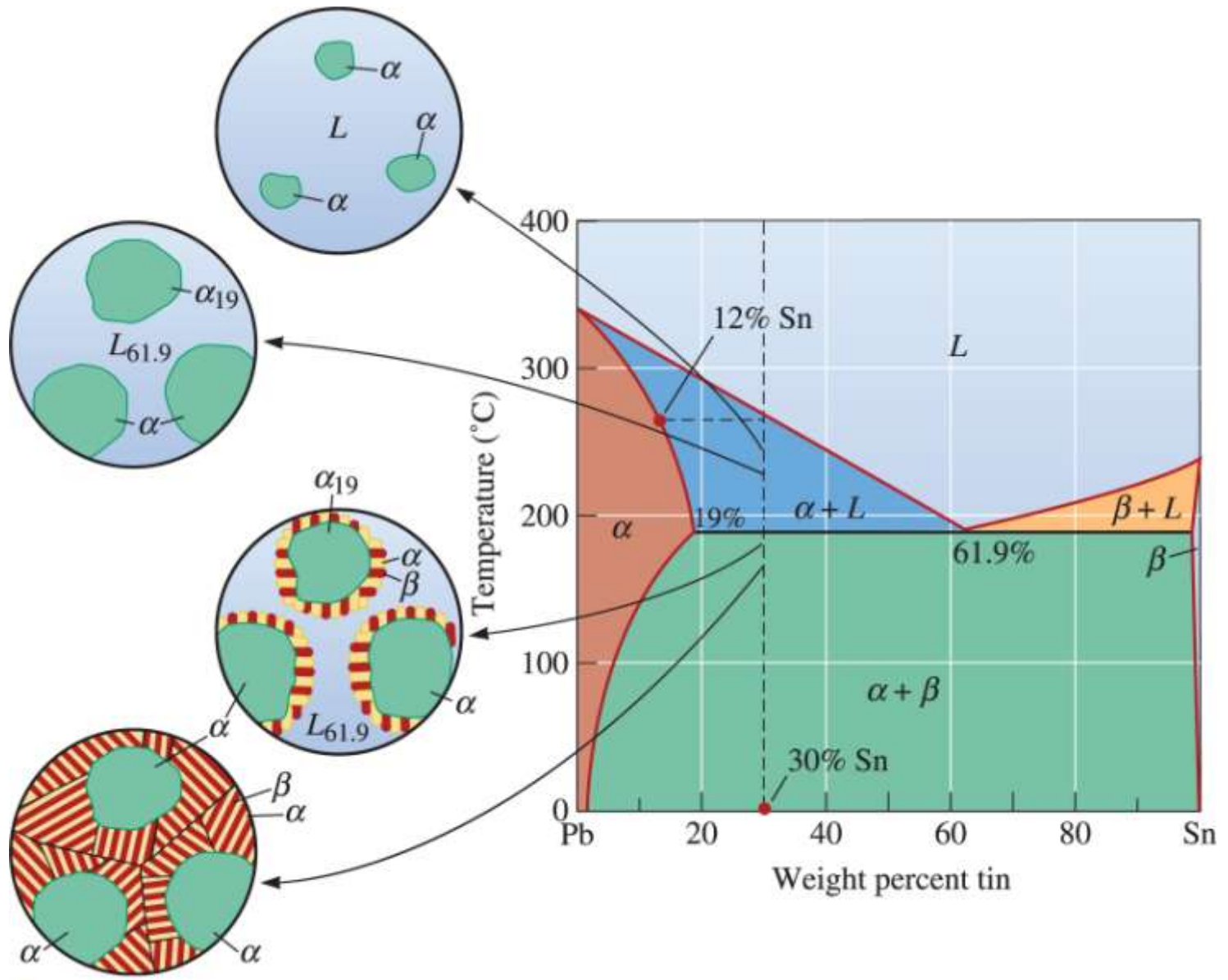


Figure 11-13 The solidification and microstructure of a hypoeutectic alloy (Pb-30% Sn).



(a)



(b)

Figure 11-14 (a) A hypoeutectic lead-tin alloy. (b) A hypereutectic lead-tin alloy. The dark constituent is the lead-rich solid α , the light constituent is the tin-rich solid β , and the fine plate structure is the eutectic ($\times 400$).

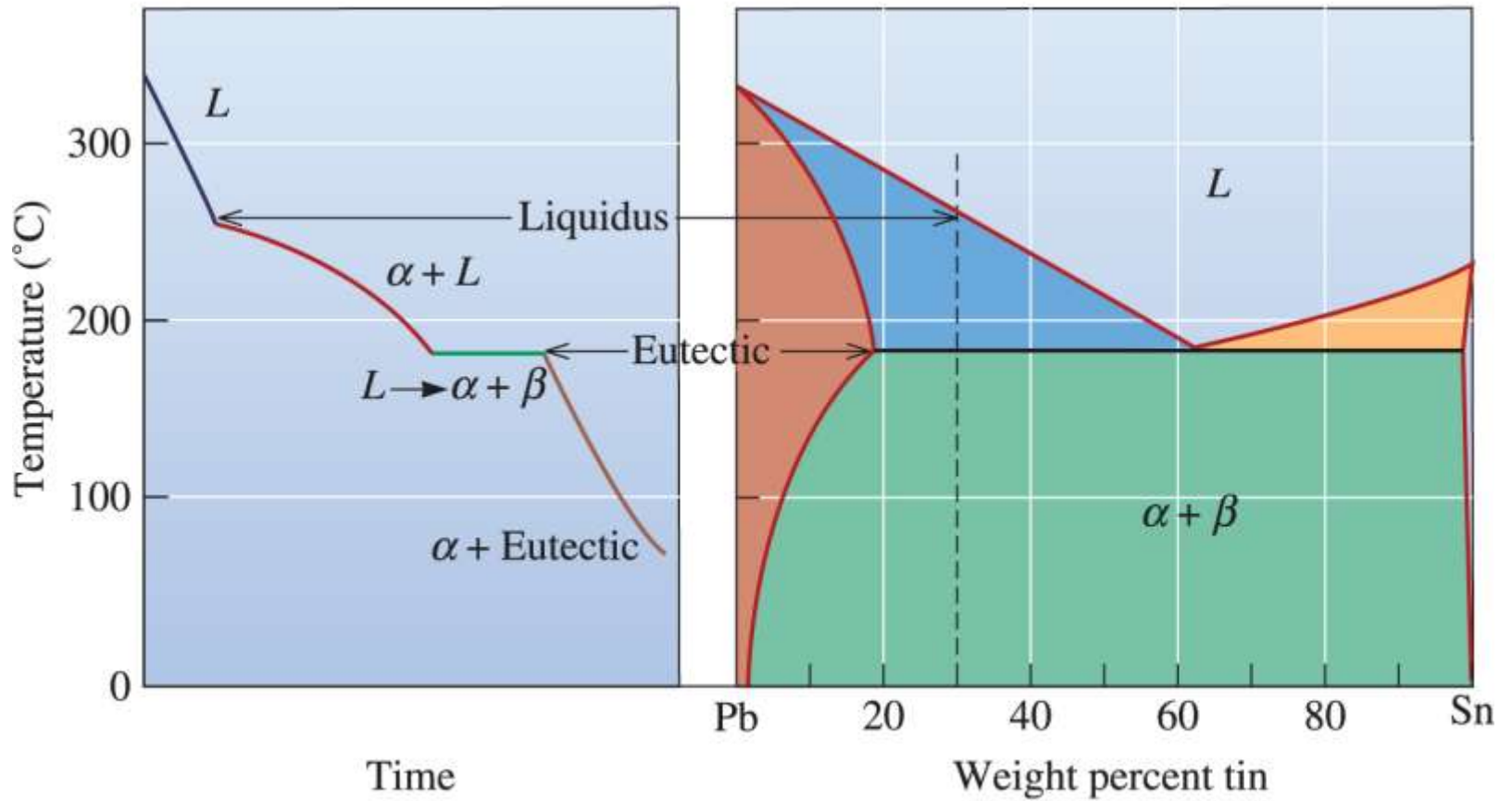
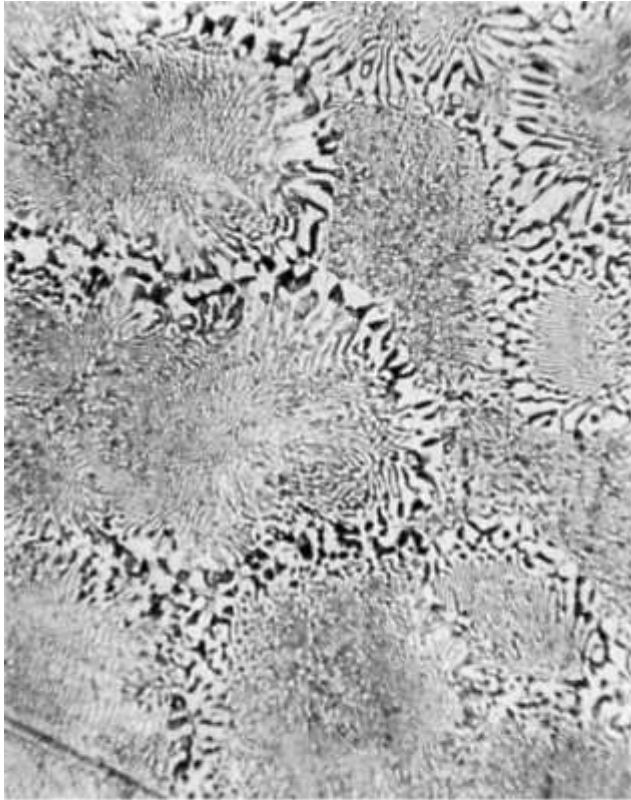
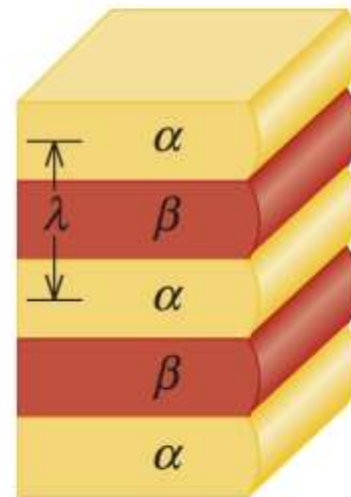


Figure 11-15 The cooling curve for a hypoeutectic Pb-30% Sn alloy.



(a)



(b)

Figure 11-16 (a) Colonies in the lead–tin eutectic ($\times 300$). (b) The interlamellar spacing in a eutectic microstructure.

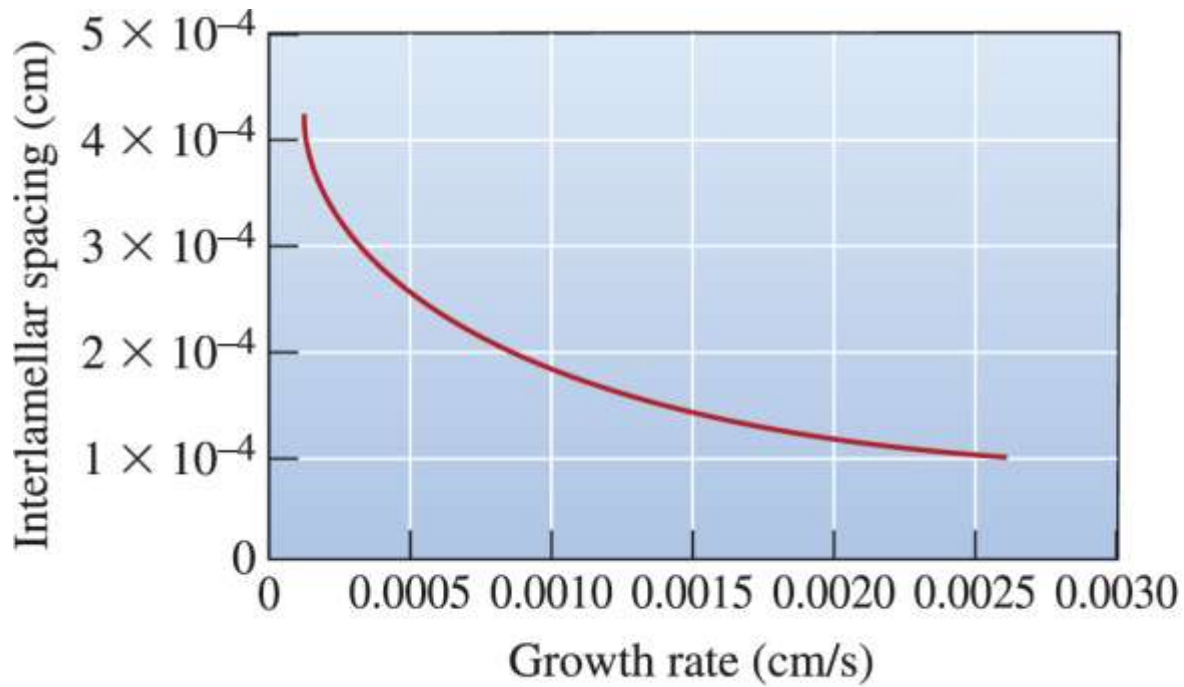
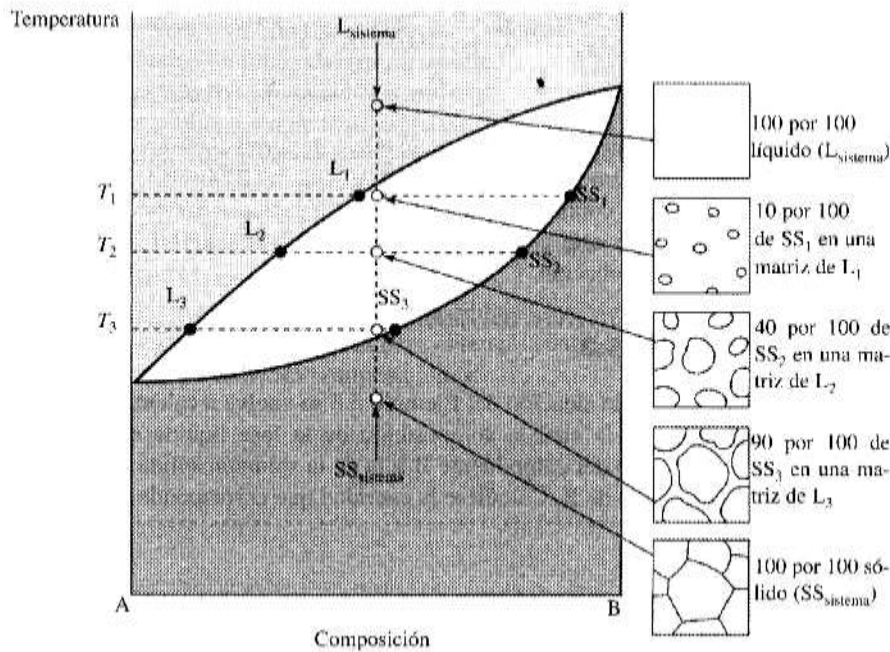


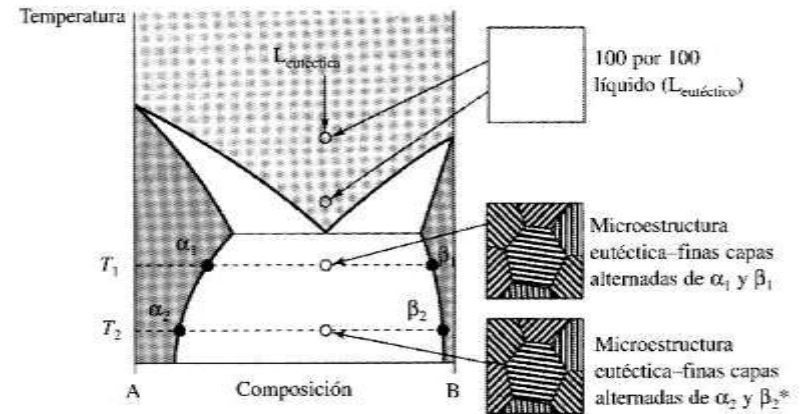
Figure 11-17 The effect of growth rate on the interlamellar spacing in the lead–tin eutectic.

COMPOSICION QUIMICA Y CANTIDADES RELATIVAS DE CADA FASE

EVOLUCION DE LA MICROESTRUCTURA DURANTE EL ENFRIAMIENTO LENTO DE UNA COMPOSICION 50% A , 50% B EN UN DIAGRAMA DE FASES CON SOLUBILIDAD TOTAL EN ESTADO SOLIDO.



EVOLUCION DE LA MICROESTRUCTURA DURANTE EL ENFRIAMIENTO LENTO DE UNA COMPOSICION EUTÉCTICA

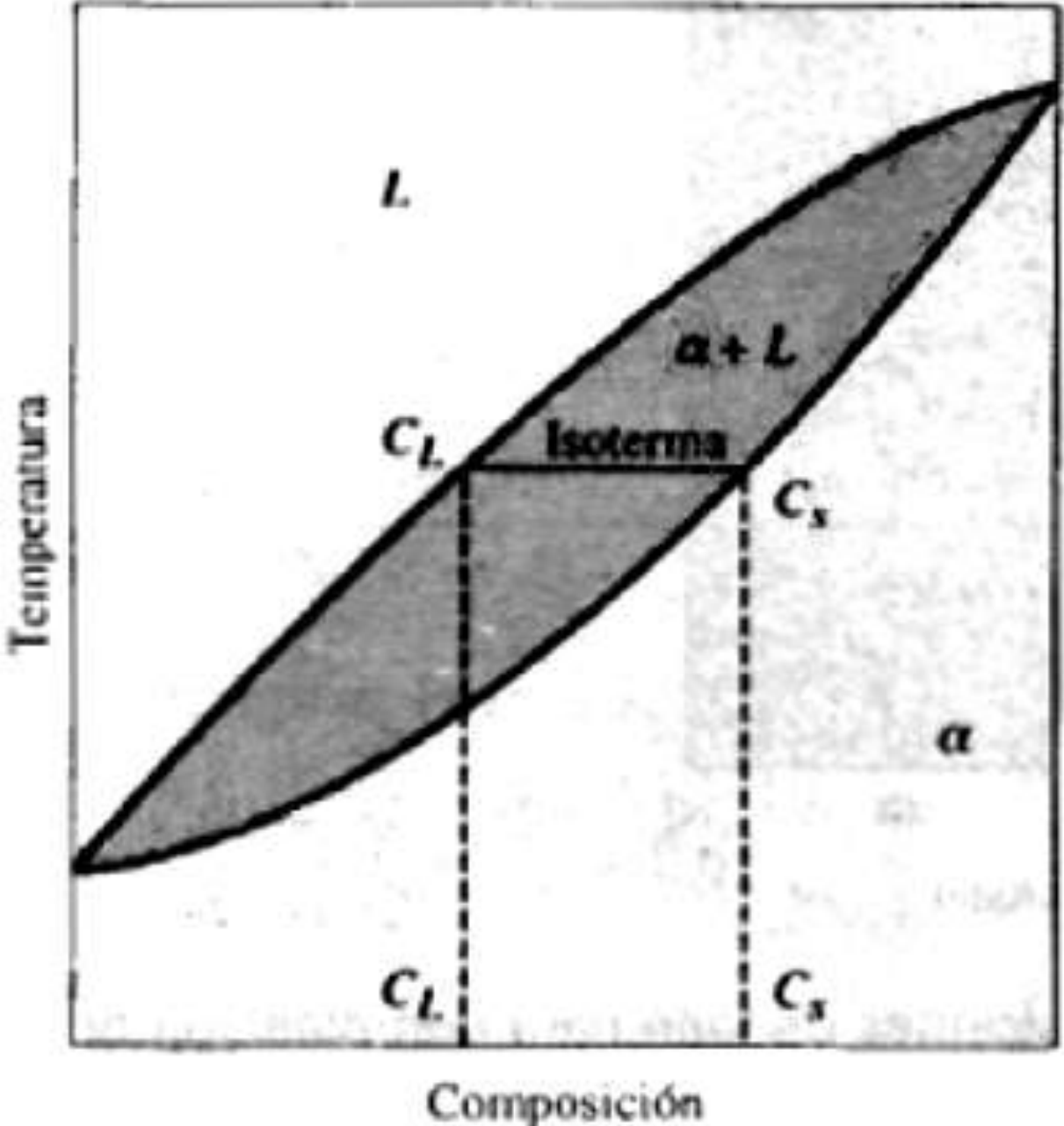


* Las únicas diferencias con respecto a la microestructura correspondiente a T_1 son las composiciones de las fases y las cantidades relativas de cada fase. Por ejemplo, la cantidad de b será proporcional a:

$$\frac{x_{eutética} - x_{\alpha}}{x_{\beta} - x_{\alpha}}$$

Determinación de la composición de las fases en una isoterma del diagrama isomórfico

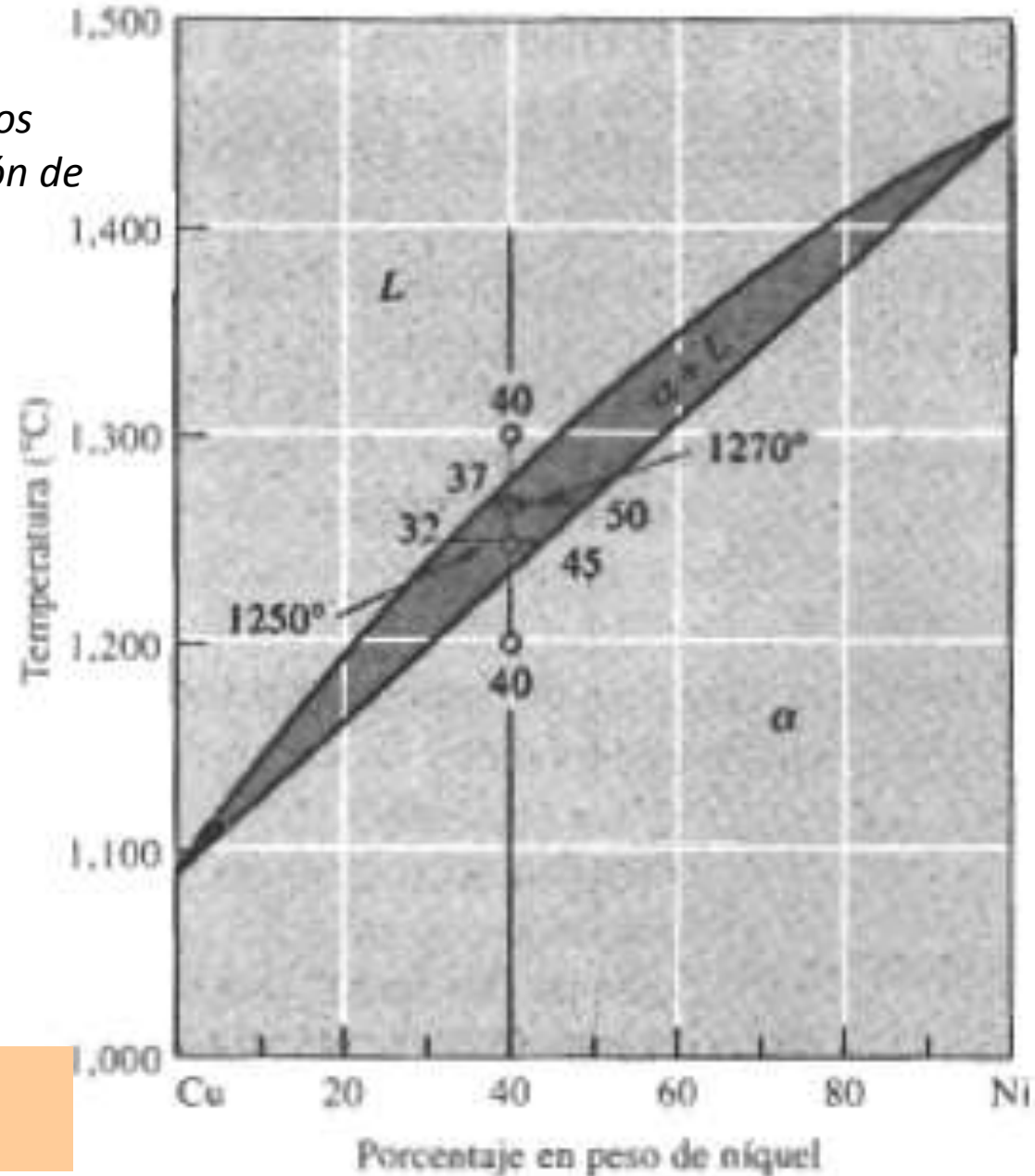
Toda línea de temperatura constante que atraviese la región de mezcla de fases (sólido+líquido), generará la composición de equilibrio del sólido y del líquido a dicha temperatura



Determinación de la composición de las fases en una isoterma del diagrama isomórfico

Para una aleación cualquiera, digamos Cu-40%Ni podemos ver la composición de cada fase presente para cualquier temperatura

- 1300 °C.... Sólo tenemos líquido (una fase) cuya composición es 40% Ni (la nominal)
- 1270 °C Se presentan dos fases (líquido y sólido α). El líquido tiene una composición de 37% de Ni y el sólido de 50 % Ni
- 1250 °C Se presentan dos fases (líquido y sólido α). El líquido tiene una composición de 32% de Ni y el sólido de 45 % Ni
- 1200 °C Región monofásica del sólido α . De composición nominal 40% Ni



Redistribución de soluto en el equilibrio

Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

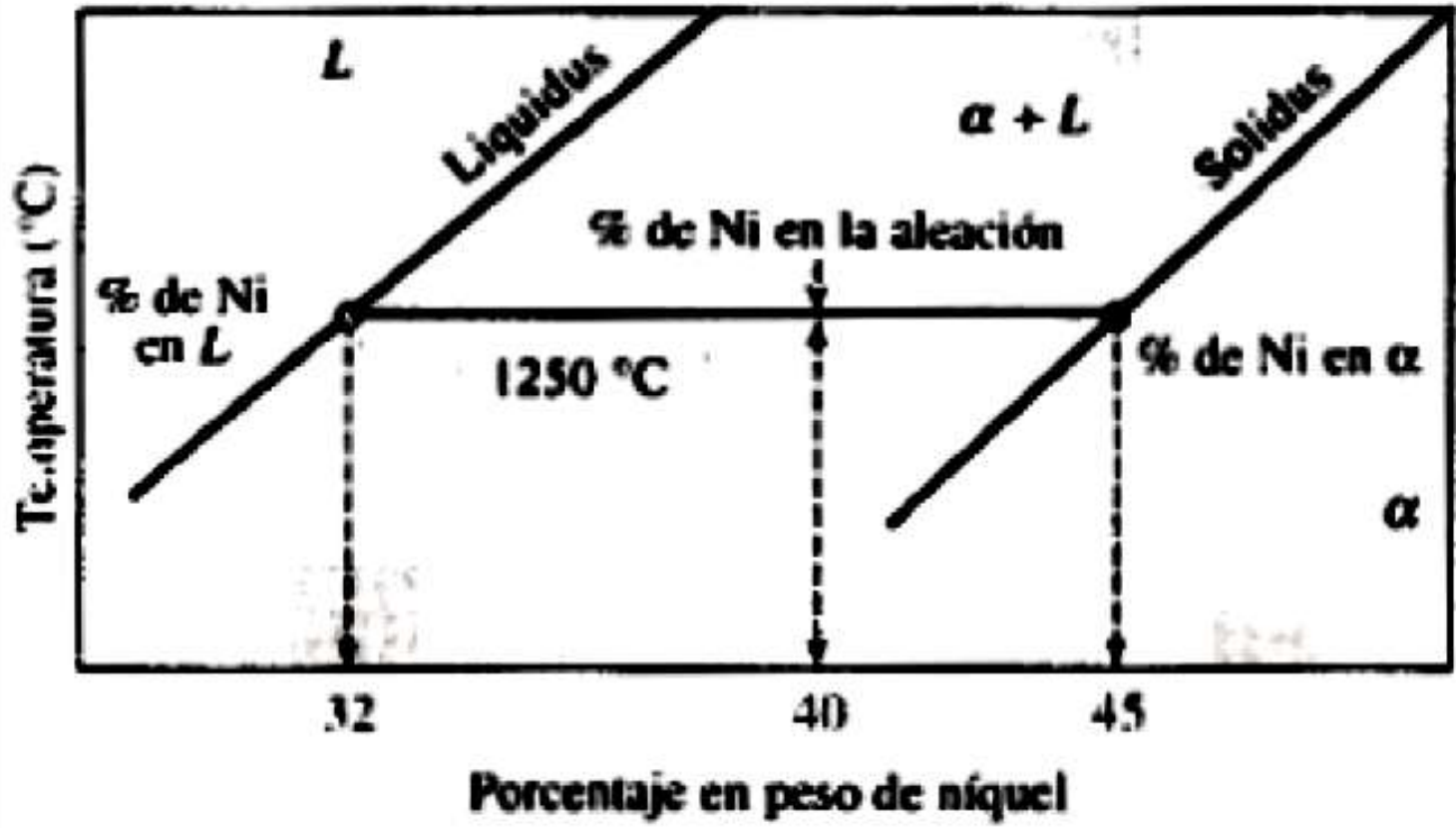
La cantidad de líquido y sólido presente, se construye una palanca sobre la isoterma, con su punto de apoyo en la composición original de la aleación. El brazo de la palanca opuesto a la composición de la fase cuya cantidad se calcula se divide por la longitud total de la palanca, para obtener la cantidad de dicha fase.

$$\% \text{ fase} = (\text{brazo opuesto de palanca}) / (\text{longitud total de la palanca})$$

Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

$\% \text{ Líquido} = (45-40)/(45-32)=38\%$
 $\% \text{ sólido} = (40-32)/(45-32)=62\%$

A 1250 °C



Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

Determine la cantidad de cada fase en la aleación Cu-40% Ni que se muestra en la figura 9-11 a 1300°C, 1270°C, 1250°C y 1200°C.

SOLUCIÓN

1300°C: Sólo hay una fase por lo que tenemos 100% de *L*.

$$1270^\circ\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

$$1250^\circ\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

1200°C: Existe sólo una fase, por tanto: 100% de α .

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Diseño de un Material Compuesto

Una manera de mejorar la resistencia a la fractura de un material cerámico, consiste en reforzar la matriz con fibras cerámicas.

Se sugiere reforzar la alúmina Al_2O_3 con fibras de Cromia Cr_2O_3 (25%), las cuales interferirán con la propagación de grietas. Se espera que el material compuesto esté expuesto, bajo carga, A 2000 °C por un período de varios meses.

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

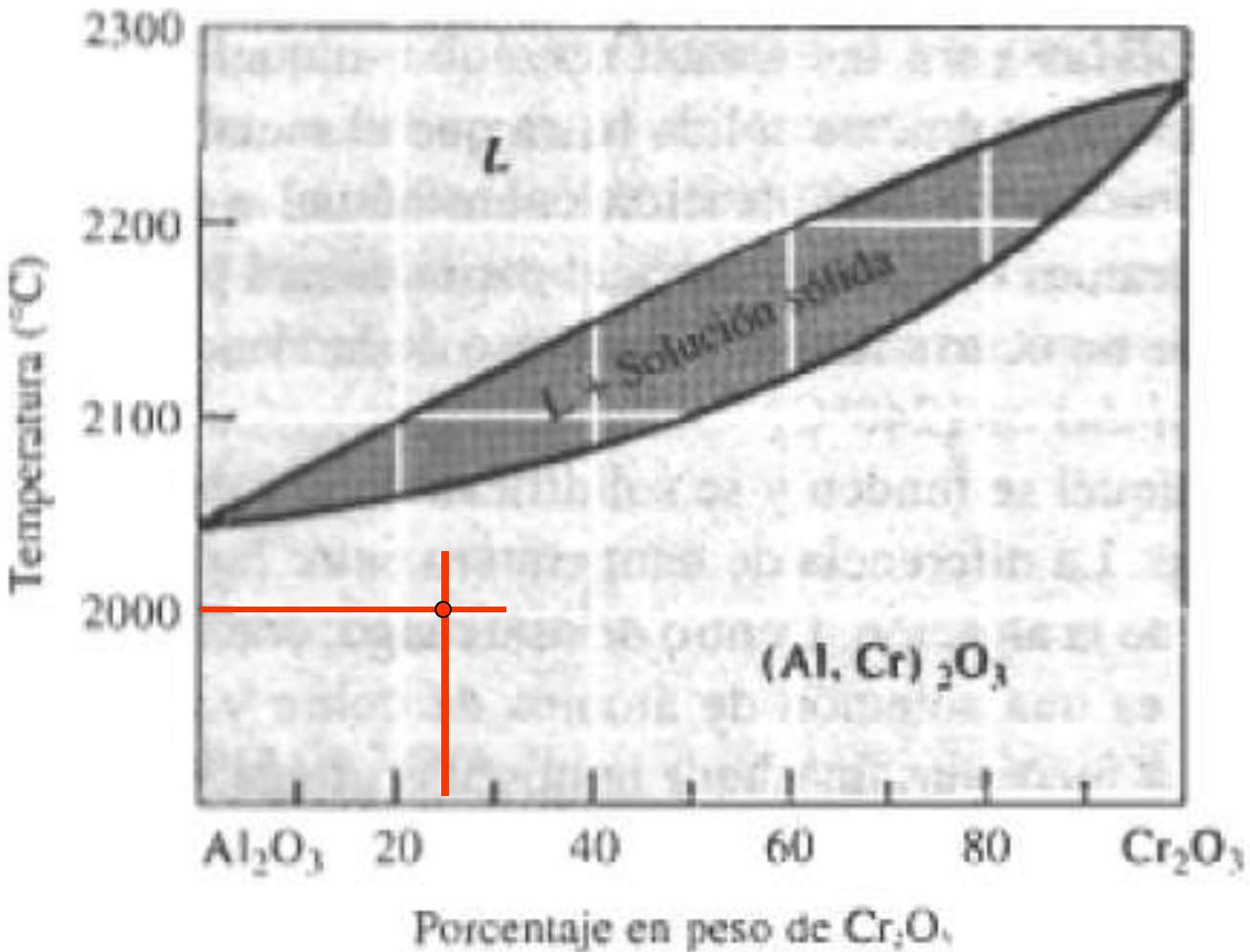


Diagrama de fases del sistema Al₂O₃- Cr₂O₃

Este es un diagrama isomórfico

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Análisis

- La fibra y la matriz no deben reaccionar entre sí a la temperatura de operación.
- La composición Al_2O_3 -25% Cr_2O_3 presentan temperatura de solidus por encima de 2000 °C. por lo tanto no hay riesgo que se fundan.
- Sin embargo, el Al_2O_3 y el Cr_2O_3 presentan una solubilidad sólida ilimitada.
- A temperaturas del orden de 2000 °C, los iones Al^{+3} se difundirán de la matriz hacia la fibra, reemplazando los iones de Cr^{+3} existentes en la fibra. De manera simultánea, los iones Cr^{+3} migrarán hacia la matriz.
- Estos procesos de difusión harán que las fibras se disuelvan totalmente en la matriz. Al desaparecer la fibra, resistencia a la fractura será deficiente.

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

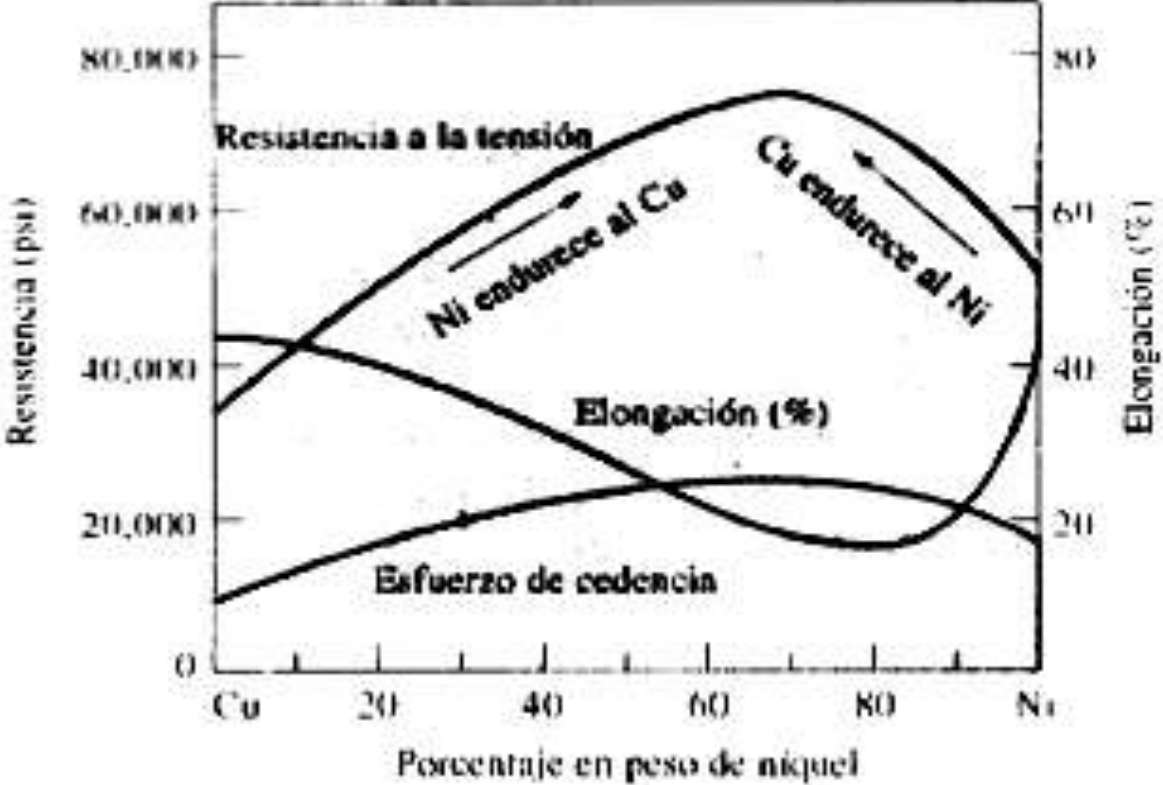
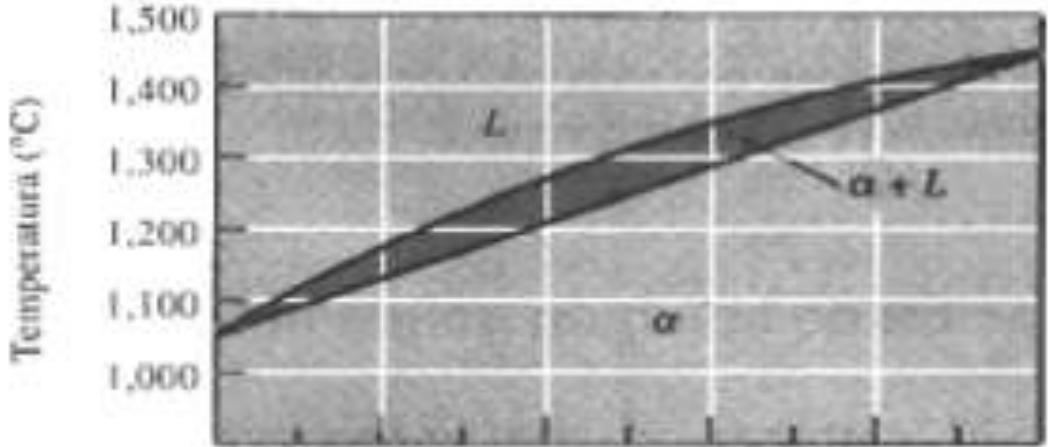
Relación entre las propiedades del material y el diagrama de fases

Ni: 11.5 USD/kg

Cu: 3.5 USD/kg

<http://www.metalprices.com>

Sistema de aleaciones Cu-Ni.
Alto cobre (plata alemana): joyería
Alto níquel (Monel) : aleaciones anticorrosivas de alta resistencia, resiste contacto con sales y ácidos.
Economía



Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Diseño de Procesos de Fusión

Se desea producir una aleación Cu-Ni con un esfuerzo de cedencia mínimo de 20000 psi., resistencia a la tracción mínima de 60000 psi. Y un % elongación mínimo de 20%. Se tiene como materia prima una aleación Cu-20% Ni y Ni puro. Diseñe el método para producir esta aleación.

Primer paso: Correlacionamos el diagrama de propiedades con el diagrama de fases del sistema de aleaciones Cu-Ni. Evaluamos opciones y seleccionamos una composición que entre en especificaciones.

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

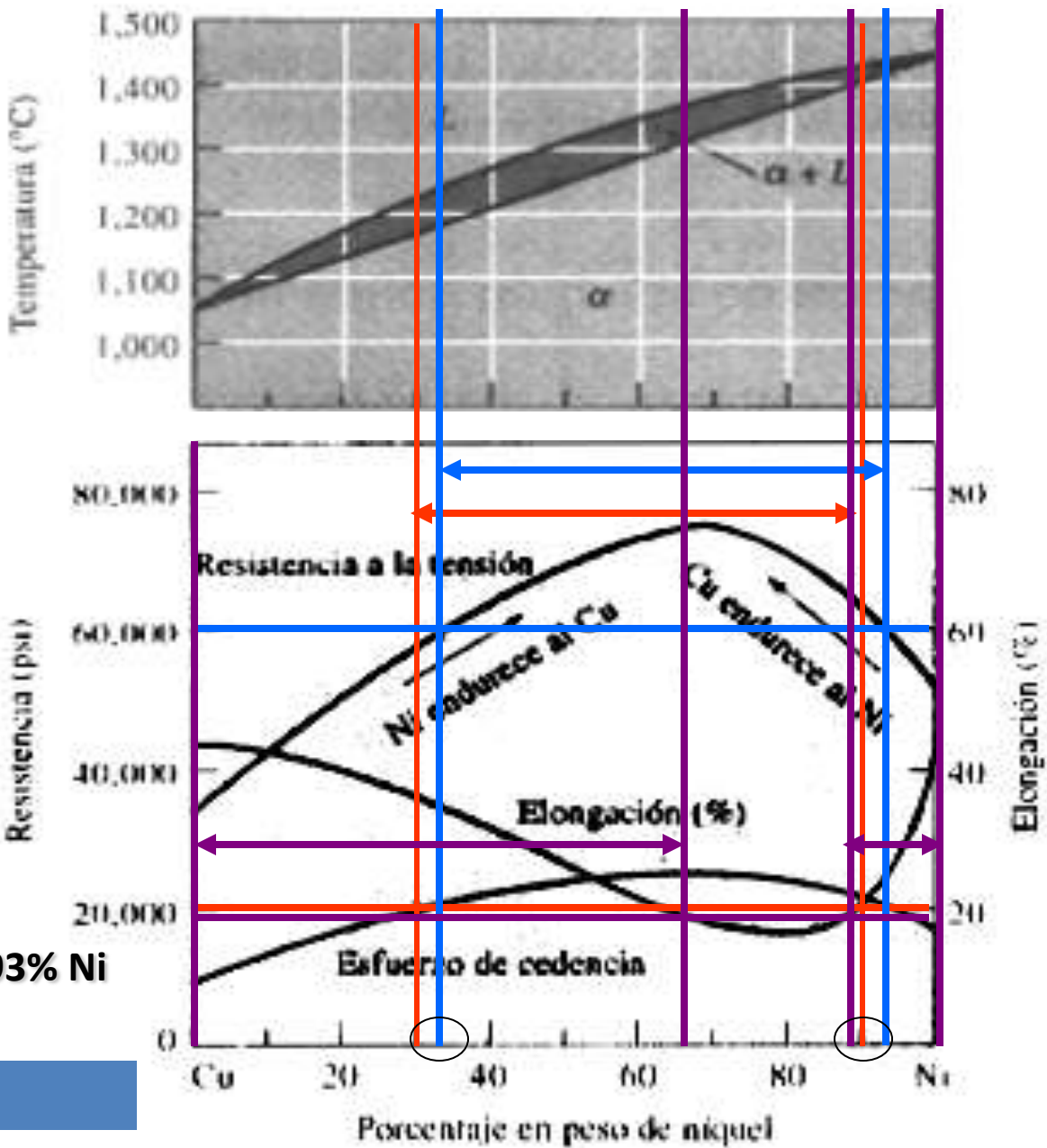
Rango Rojo: Validez de composiciones para alcanzar esfuerzo de fluencia de 30 a 90 % Ni

Rango Azul: Validez de composiciones para alcanzar esfuerzo de Tracción de 33 a 93 % Ni

Rangos Verdes: Validez de composiciones para Especificaciones de % elongación entre 0 y 68 % ó entre 88 y 100 % Ni

Posibilidades: 33% a 65 % Ni ó 93% Ni

Se selecciona 33% Ni por costos



Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Diseño de Procesos de Fusión

Se desea producir una aleación Cu-Ni con un esfuerzo de cedencia mínimo de 20000 psi., resistencia a la tracción mínima de 60000 psi. Y un % elongación mínimo de 20%. Se tiene como materia prima una aleación Cu-20% Ni y Ni puro. Diseñe el método para producir esta aleación.

Segundo paso: Seleccionada como candidata la aleación Cu-33% Ni, pensaremos entonces en el proceso de fusión

El proceso de fusión consiste en “preparar” una receta de ingredientes (materias primas) que nos den como resultado la aleación que deseamos. Técnicamente se conoce como “Balance de Cargas”. Estas materias primas se agregan al horno, donde son fundidas y se forma la solución que luego al solidificarse será nuestra aleación

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Diseño de Procesos de Fusión

Se desea producir una aleación Cu-Ni con un esfuerzo de cedencia mínimo de 20000 psi., resistencia a la tracción mínima de 60000 psi. Y un % elongación mínimo de 20%. Se tiene como materia prima una aleación Cu-20% Ni y Ni puro. Diseñe el método para producir esta aleación.

Disponemos de chatarra de Cu – 20% Ni y lingotes de Ni Puro.

Consideremos que deseamos producir 100 kg. Eso implica que lo que produzcamos deberá contener 33 kg de Ni. Llegamos a dos ecuaciones y dos incógnitas

$$33 \text{ kg Ni} = \text{masa de chatarra} \times 0.20 + \text{masa de níquel puro}$$

$$100 \text{ kg de aleación} = \text{masa de chatarra} + \text{masa de níquel puro}$$

Análisis de Situaciones que involucran el uso de diagramas de fase

Diseño de Procesos de Fusión

Se desea producir una aleación Cu-Ni con un esfuerzo de cedencia mínimo de 20000 psi., resistencia a la tracción mínima de 60000 psi. Y un % elongación mínimo de 20%. Se tiene como materia prima una aleación Cu-20% Ni y Ni puro. Diseñe el método para producir esta aleación.


$$33 \text{ kg Ni} = \text{masa de chatarra} \times 0.20 + \text{masa de niquel puro}$$

$$100 \text{ kg de aleacion} = \text{masa de chatarra} + \text{masa de niquel puro}$$

$$100 \text{ kg de aleacion} - \text{masa de niquel puro} = \text{masa de chatarra}$$

$$\text{Masa Ni Puro} = \frac{33 - 20}{0,8} = 16,25 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de Chatarra} = 100 - 16,25 = 83,75 \text{ kg}$$

Constitución de aleaciones

Se refiere a cómo está hecha la aleación y es mucho más que simplemente su composición (atómica o en peso) de los elementos en la aleación

La constitución de la aleación está dada por el diagrama de fases, y la misma está descrita por:

- a) La composición general (nominal) de la aleación
- b) El número de fases presentes
- c) La composición de cada fase
- d) La proporción en peso de cada fase

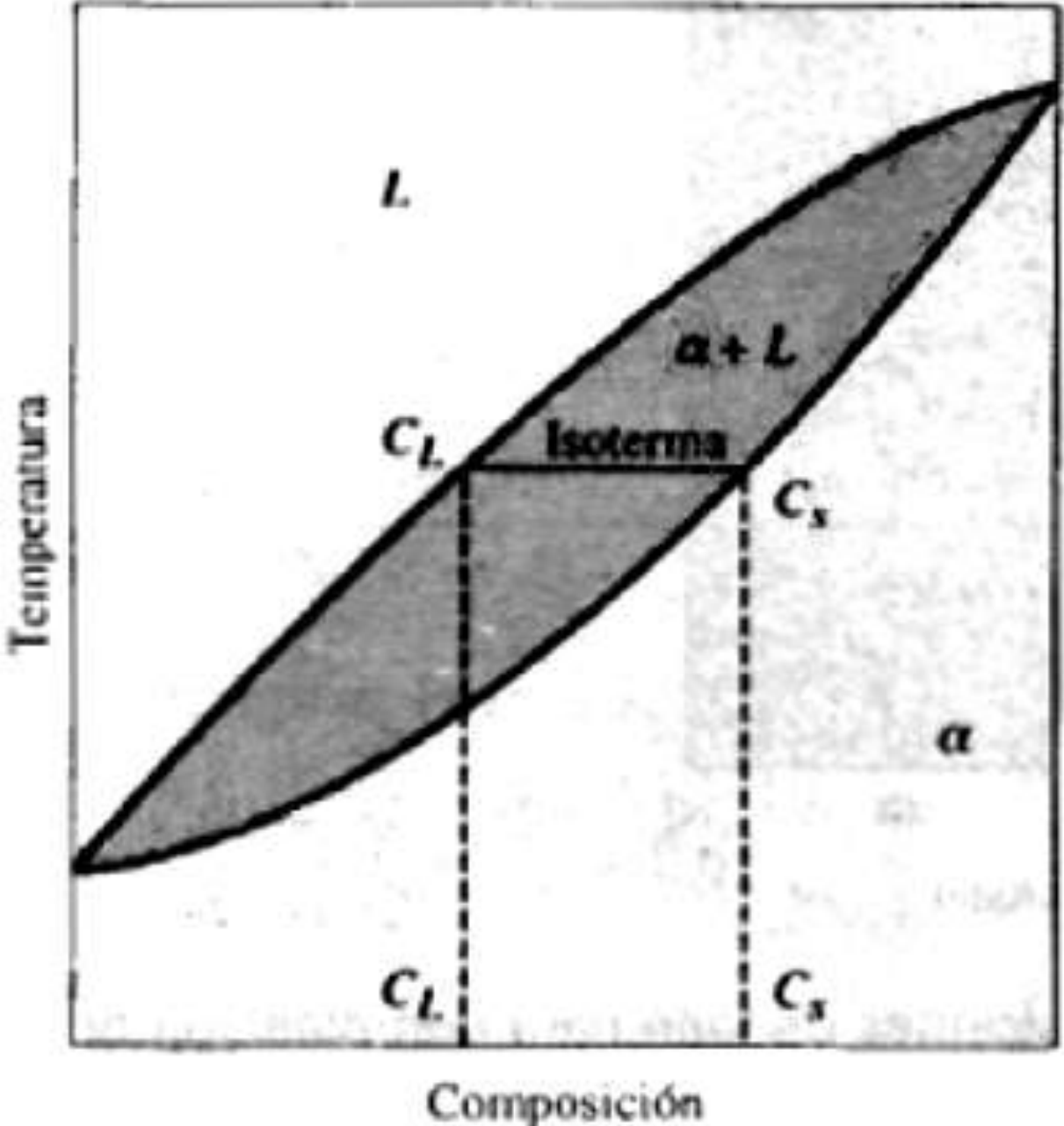
Constitución de aleaciones

Se refiere a cómo está hecha la aleación y es mucho más que simplemente su composición (atómica o en peso) de los elementos en la aleación

Es importante señalar que los diagramas de fase son diagramas de equilibrio, esto quiere decir que sus campos, o la información de ellos extraída, es válida en procesos de enfriamiento o calentamiento muy lentos, las cuales permiten que ocurra la difusión de átomos en el estado sólido.

Determinación de la composición de las fases en una isoterma del diagrama isomórfico

Toda línea de temperatura constante que atraviese la región de mezcla de fases (sólido+líquido), generará la composición de equilibrio del sólido y del líquido a dicha temperatura



Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

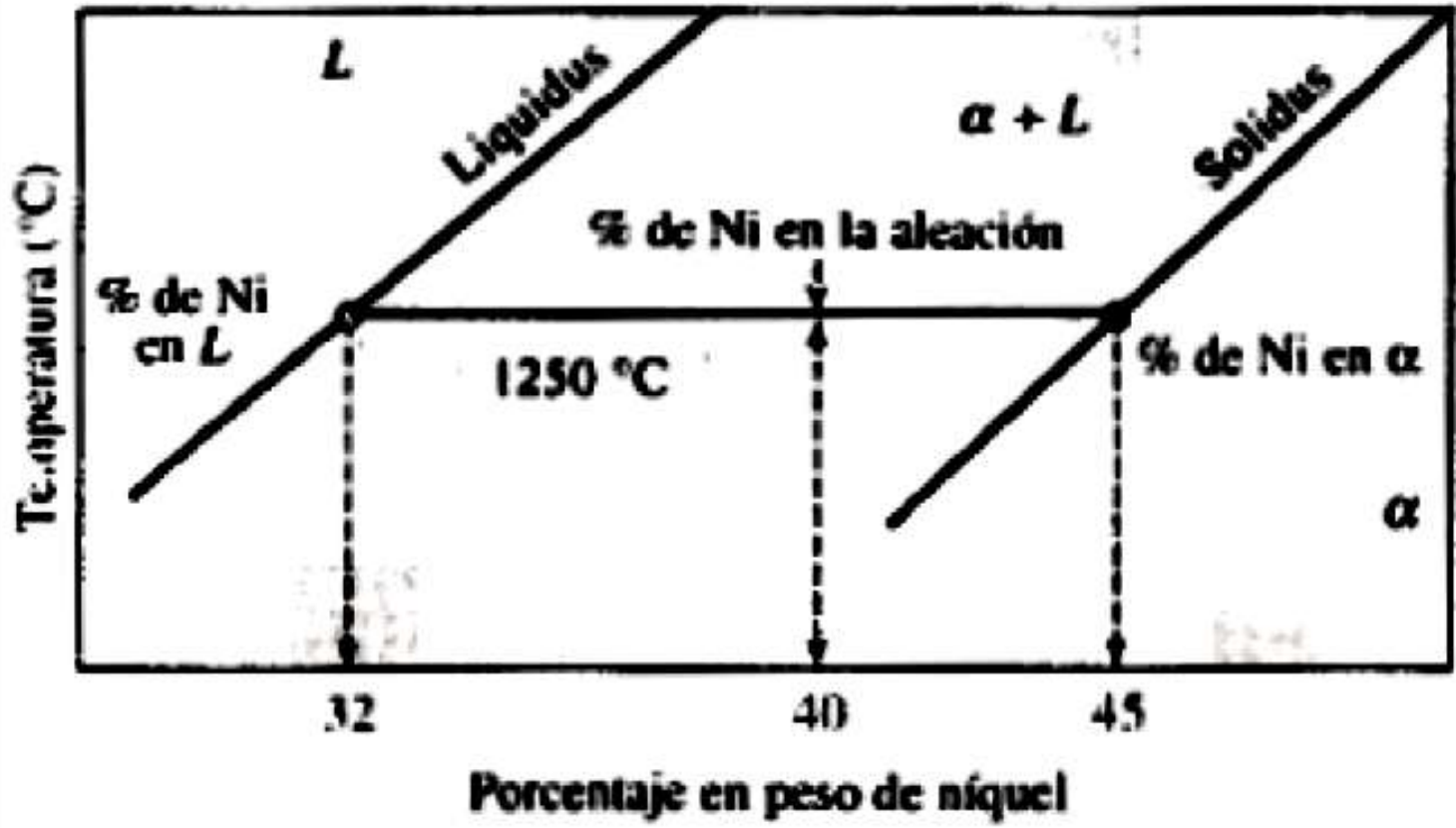
La cantidad de líquido y sólido presente, se construye una palanca sobre la isoterma, con su punto de apoyo en la composición original de la aleación. El brazo de la palanca opuesto a la composición de la fase cuya cantidad se calcula se divide por la longitud total de la palanca, para obtener la cantidad de dicha fase.

$$\% \text{ fase} = (\text{brazo opuesto de palanca}) / (\text{longitud total de la palanca})$$

Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

$\% \text{ Líquido} = (45-40)/(45-32)=38\%$
 $\% \text{ sólido} = (40-32)/(45-32)=62\%$

A 1250 °C



Determinación de la proporción o cantidad de fases presentes en una isoterma del diagrama isomórfico: Regla de la palanca

Determine la cantidad de cada fase en la aleación Cu-40% Ni que se muestra en la figura 9-11 a 1300°C, 1270°C, 1250°C y 1200°C.

SOLUCIÓN

1300°C: Sólo hay una fase por lo que tenemos 100% de *L*.

$$1270^{\circ}\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

$$1250^{\circ}\text{C}: \% \text{ de } L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\%$$

$$\% \text{ de } \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

1200°C: Existe sólo una fase, por tanto: 100% de α .

Desarrollo microestructural en el diagrama isomórfico: solidificación de Equilibrio

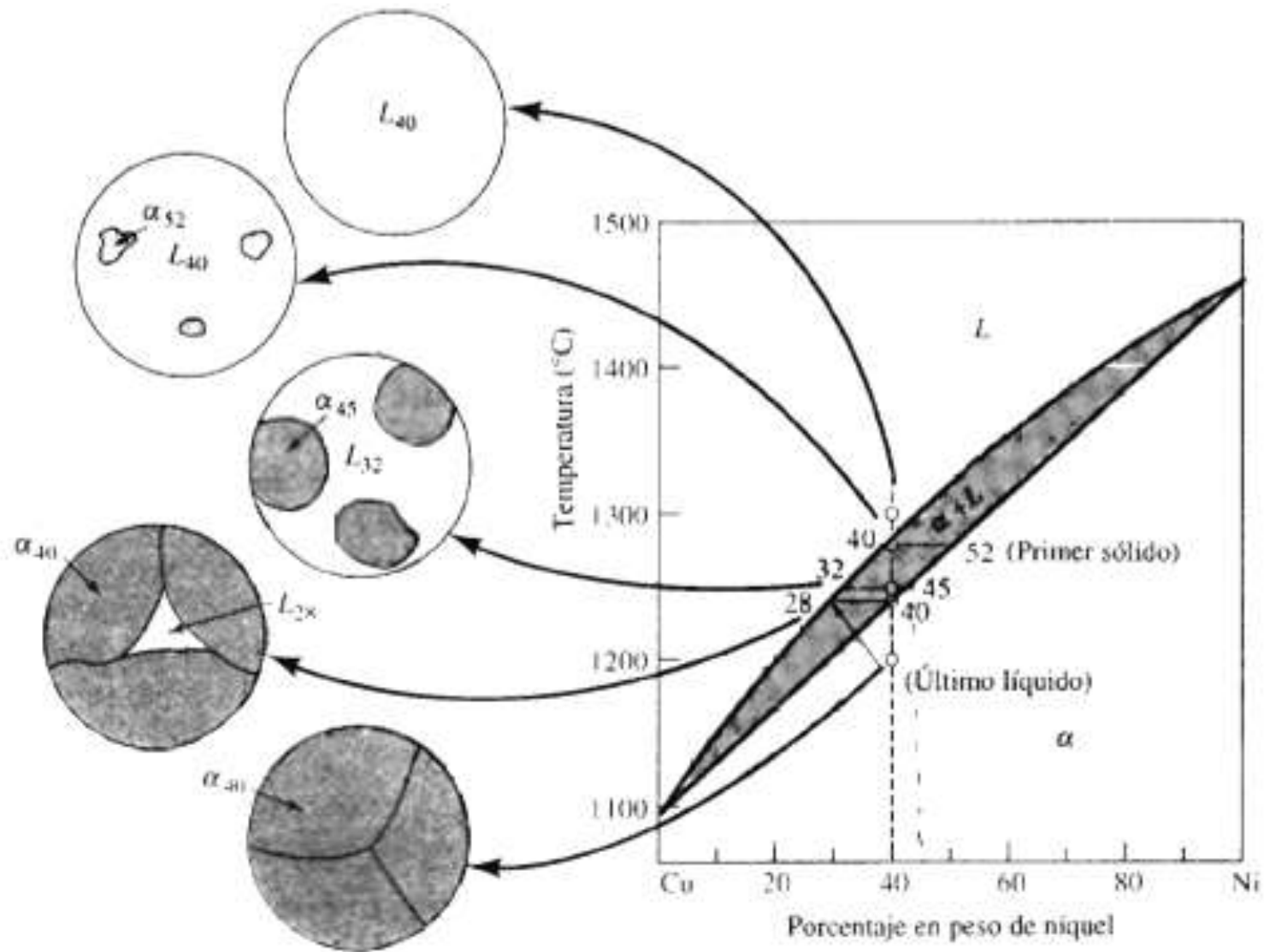
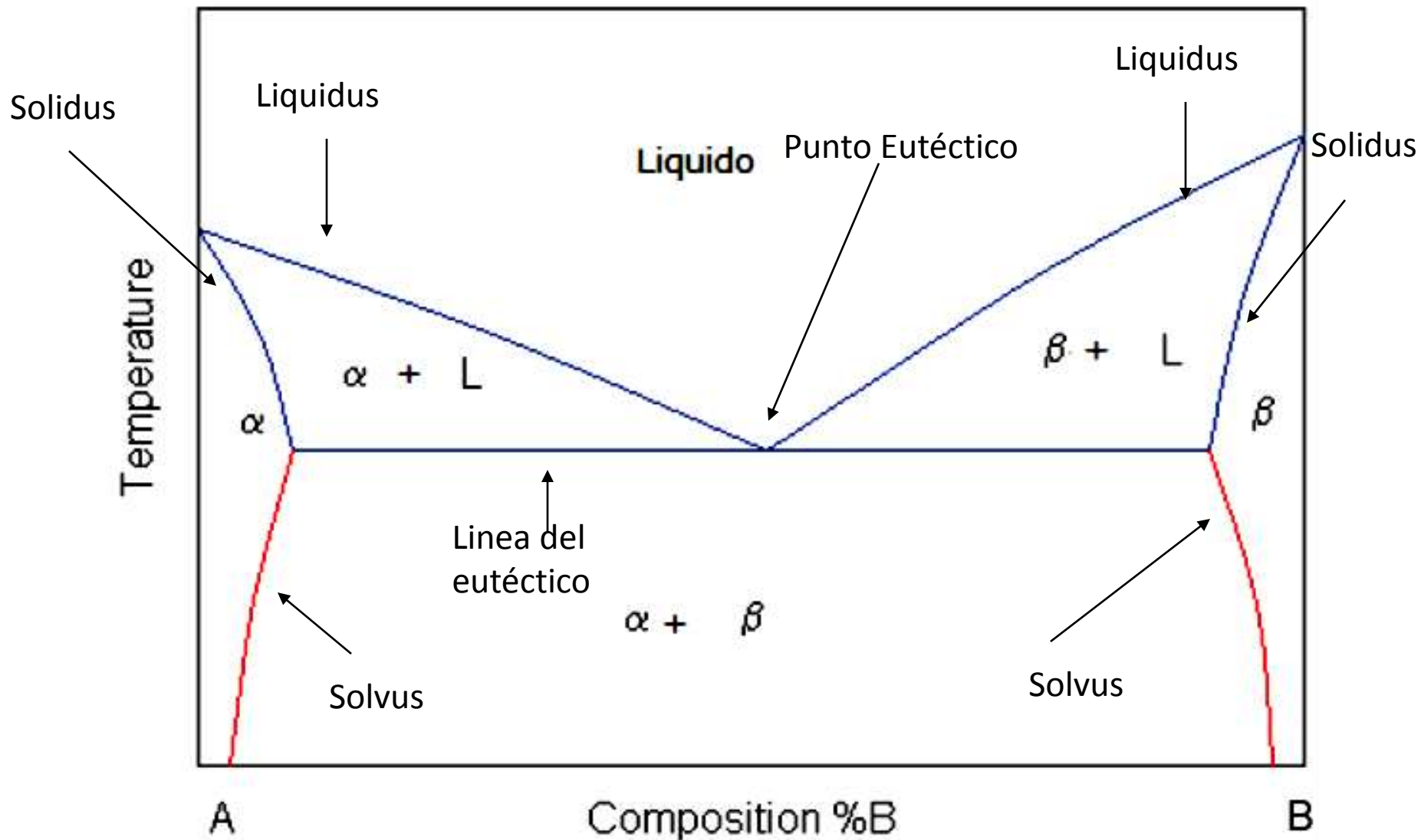
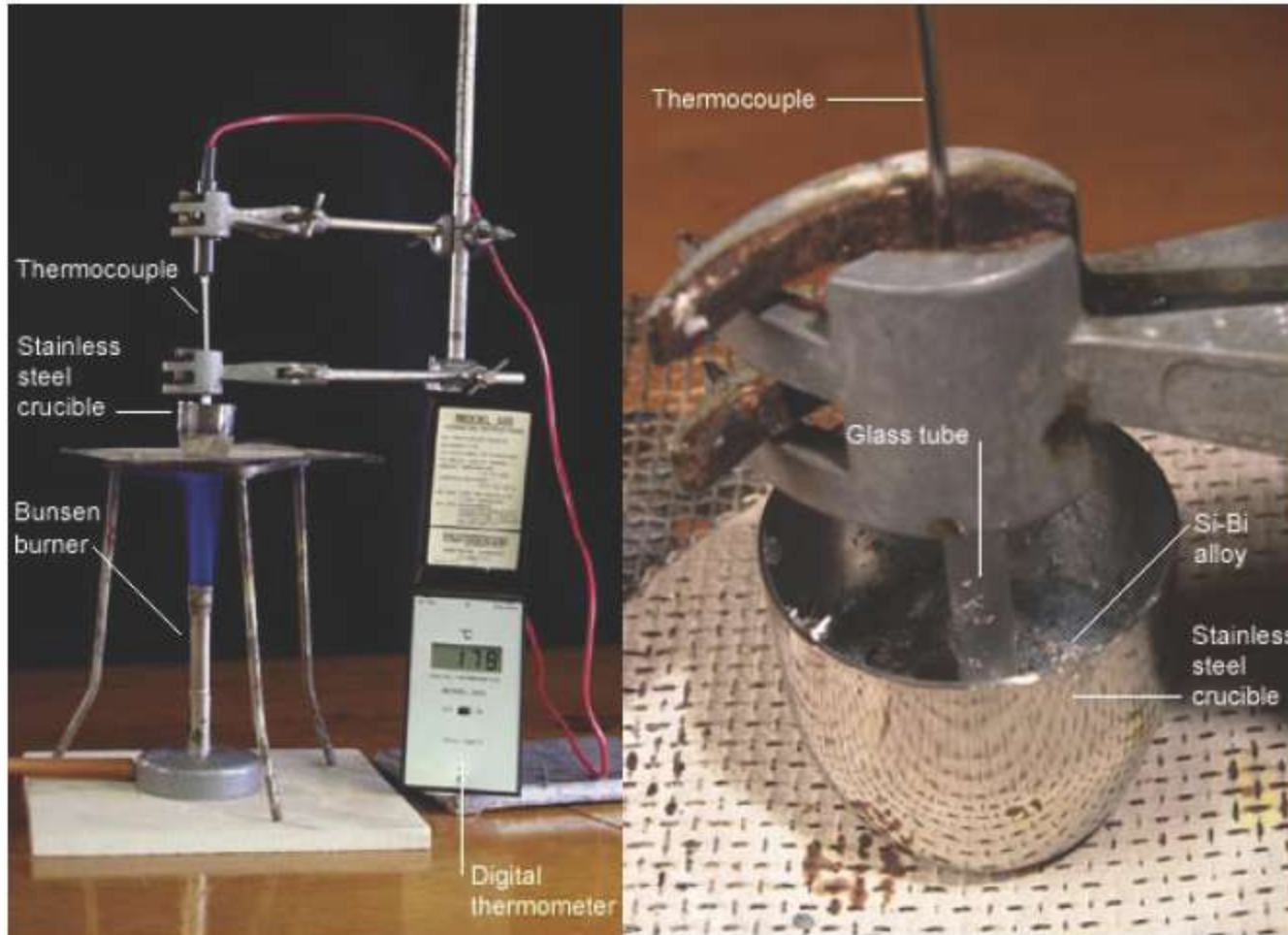


FIGURA 9-14 El cambio en estructura de una aleación Cu-40% Ni durante la solidificación en equilibrio. Los átomos de níquel y cobre deben difundirse durante el enfriamiento, a fin de satisfacer el diagrama de fases y producir una estructura en equilibrio uniforme.

El próximo paso.... El diagrama de Fases Eutéctico: Solubilidad Parcial en el estado sólido y solubilidad total en el estado líquido con punto de mínima temperatura de Fusión (Punto Eutéctico)

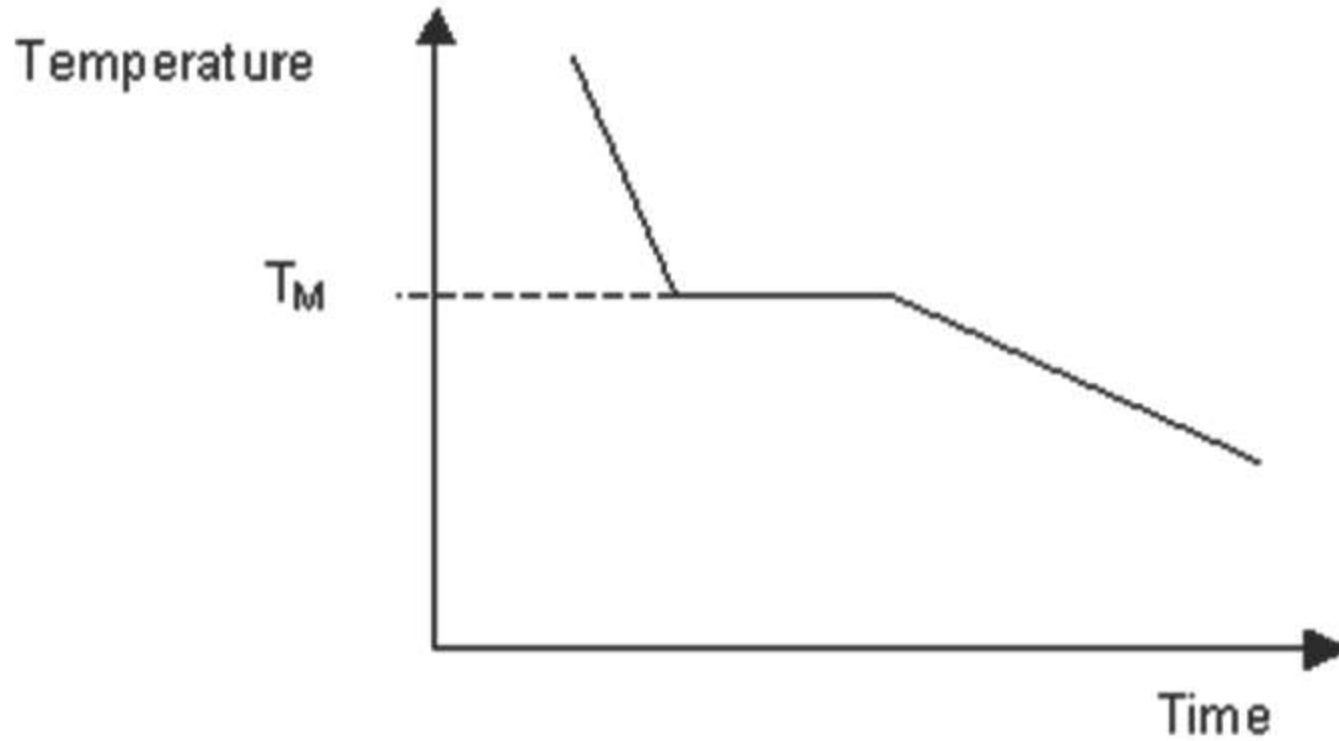


Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



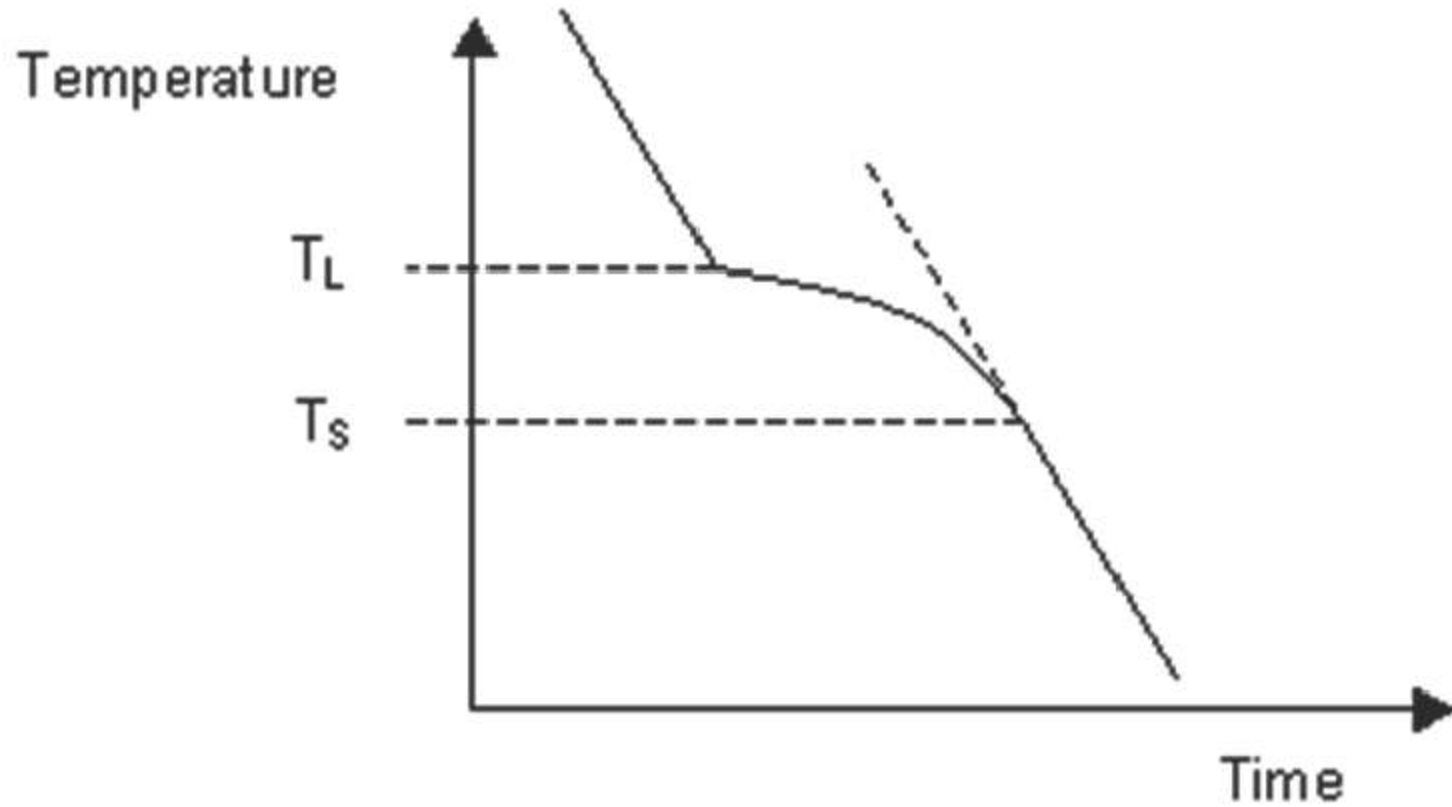
Sistema Experimental

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



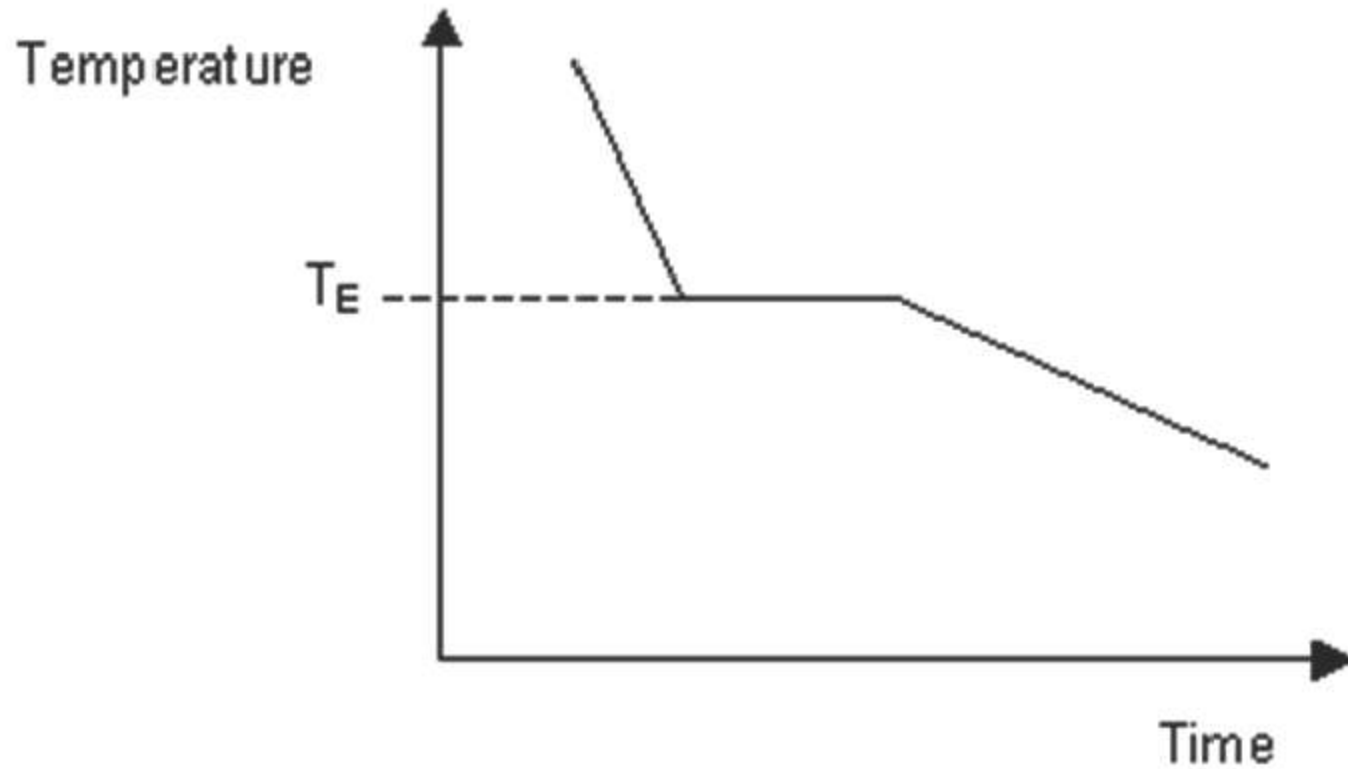
Sistema de un Componente

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



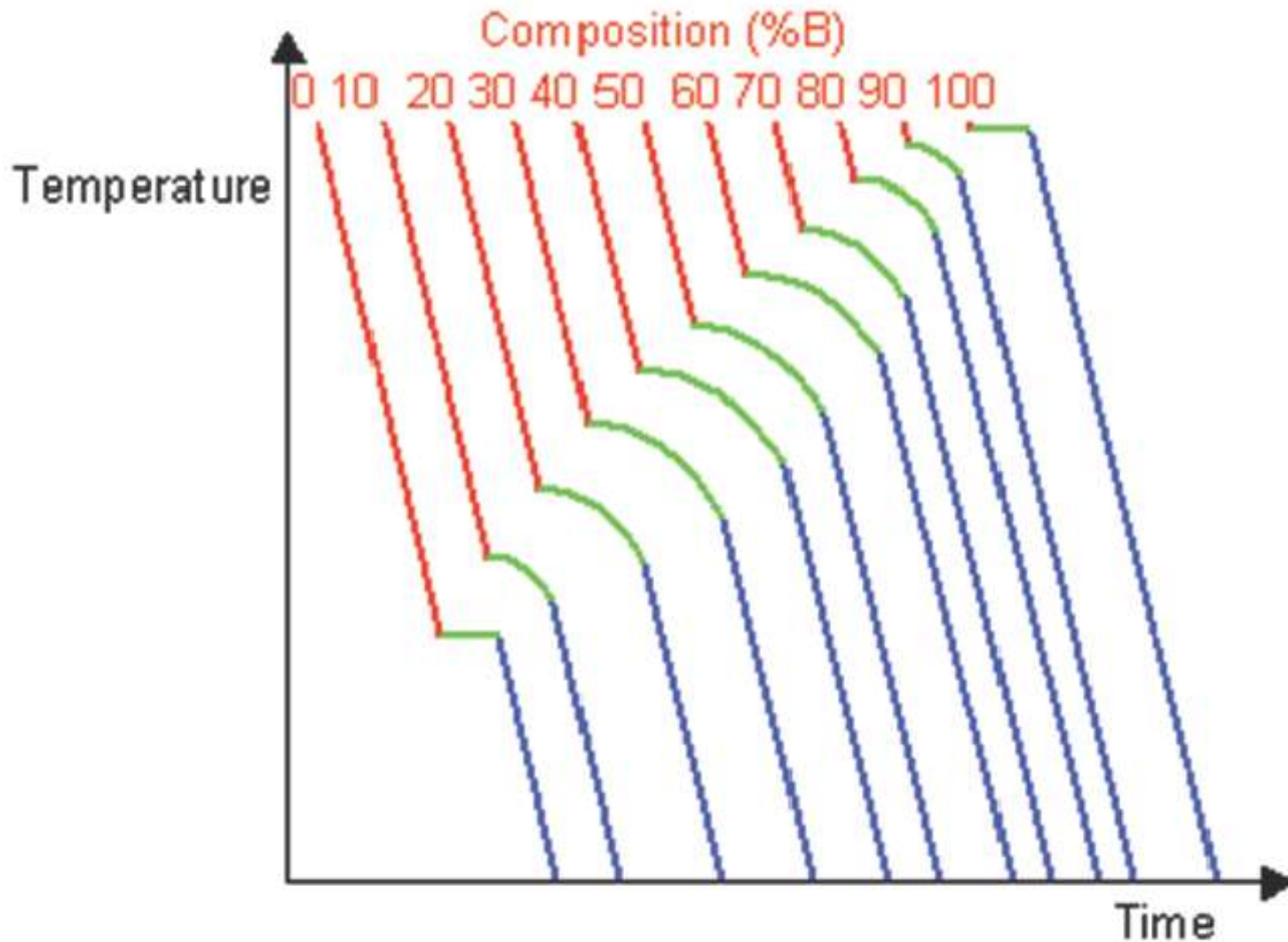
Sistema Binario

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



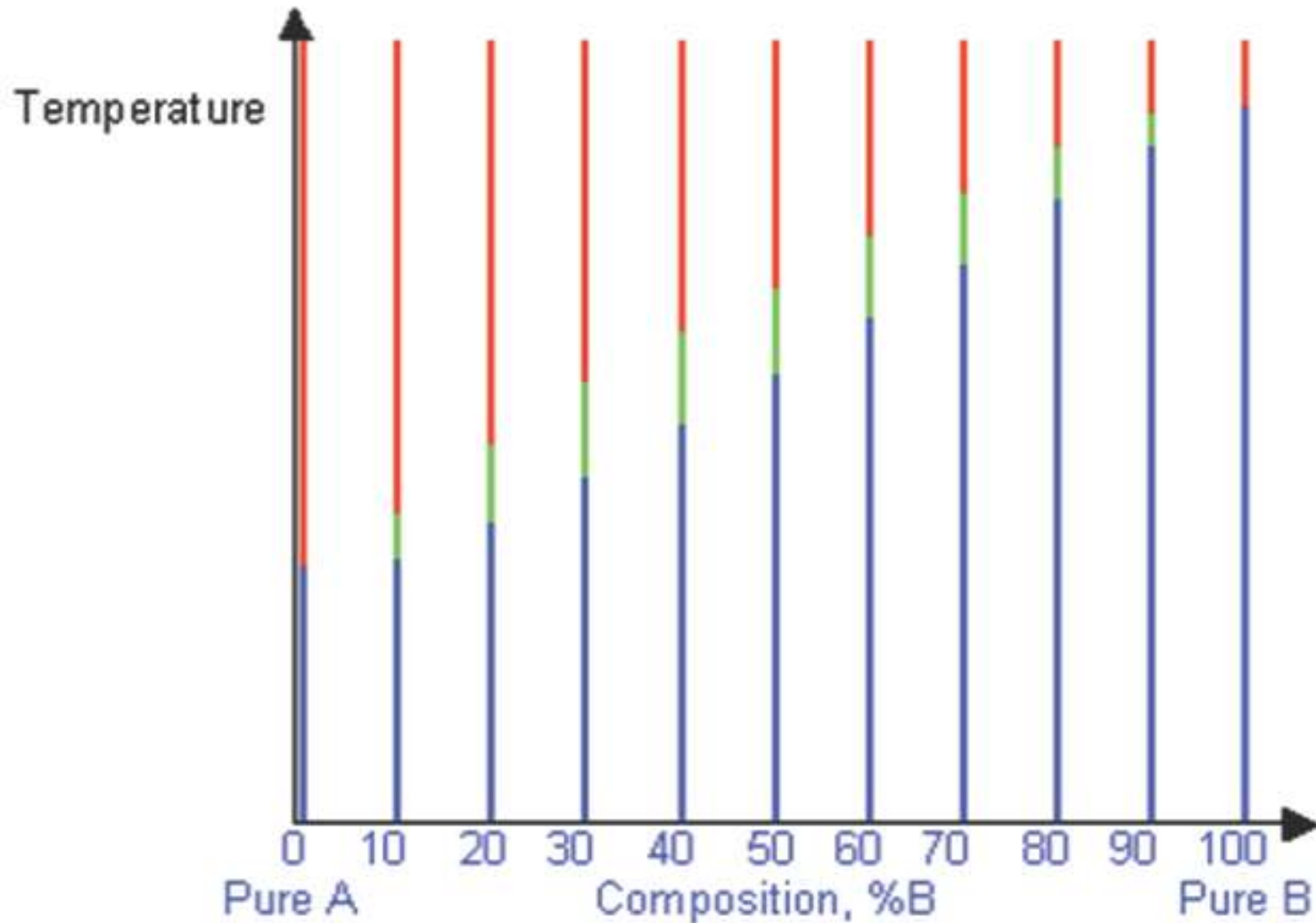
Sistema Binario Composición Eutectica

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



Curvas de Enfriamiento para Diferentes Composiciones

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



Curvas de Temperatura vrs Composición

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento

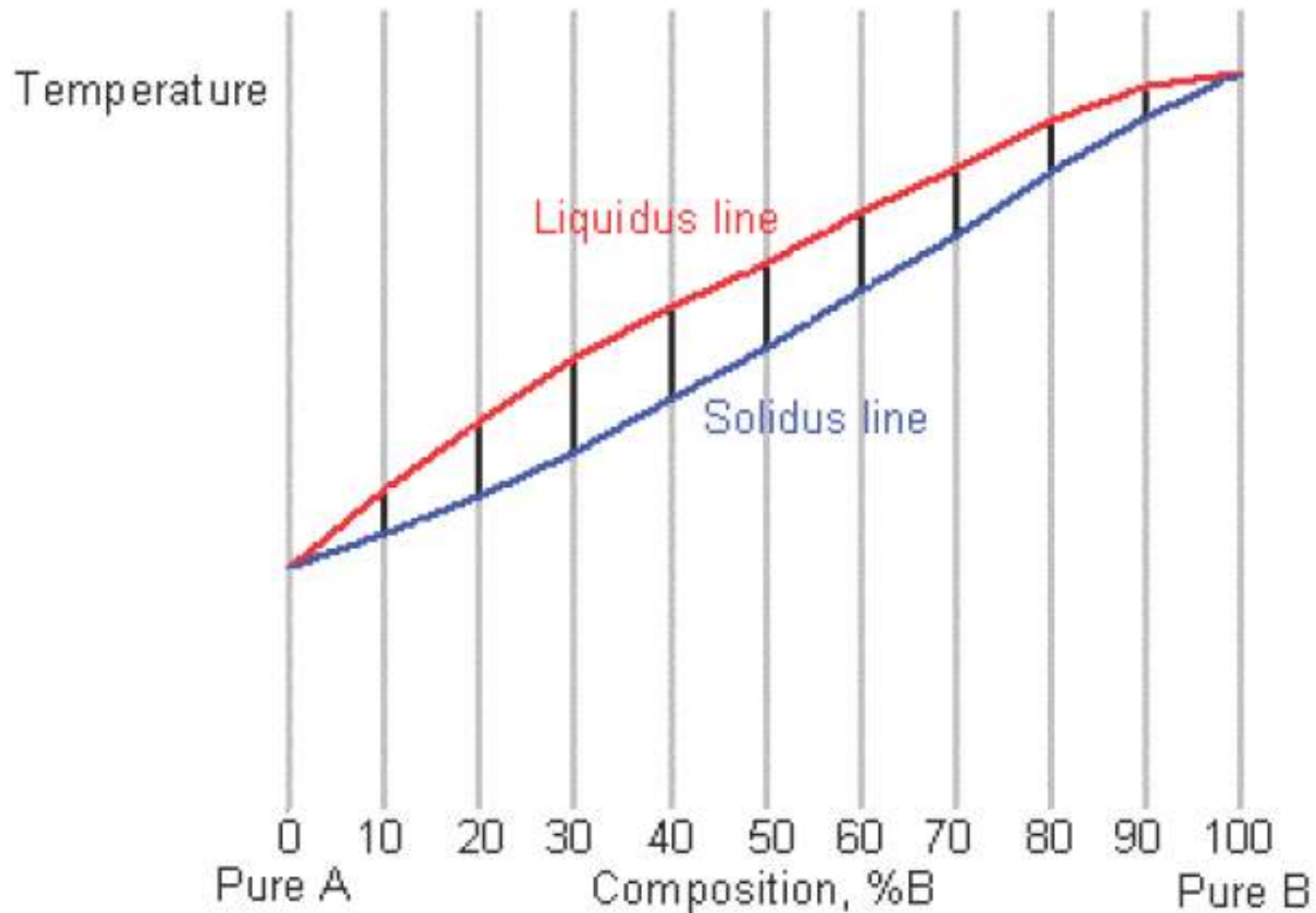
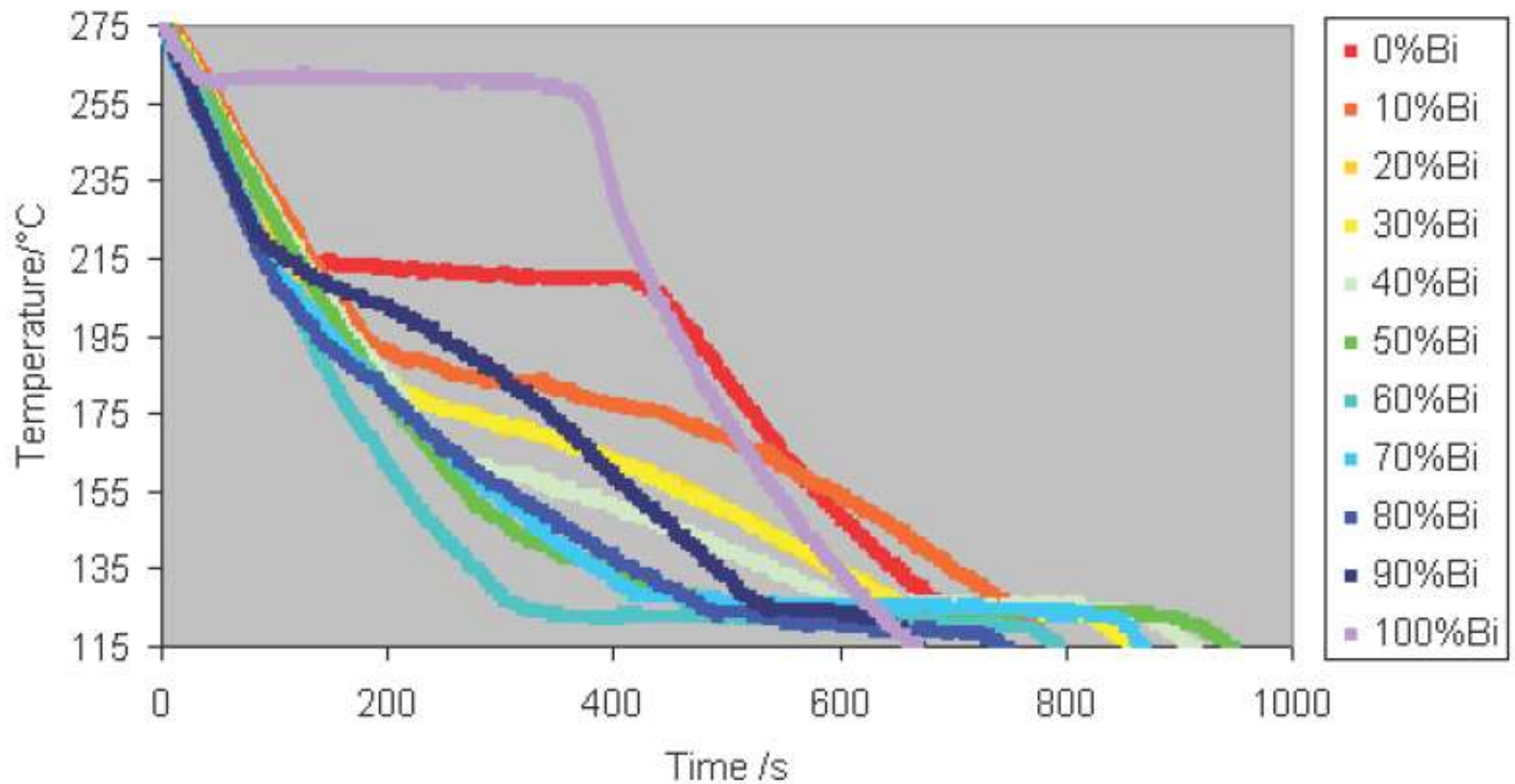


Diagrama de Fases Sistema Binario A-B

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento

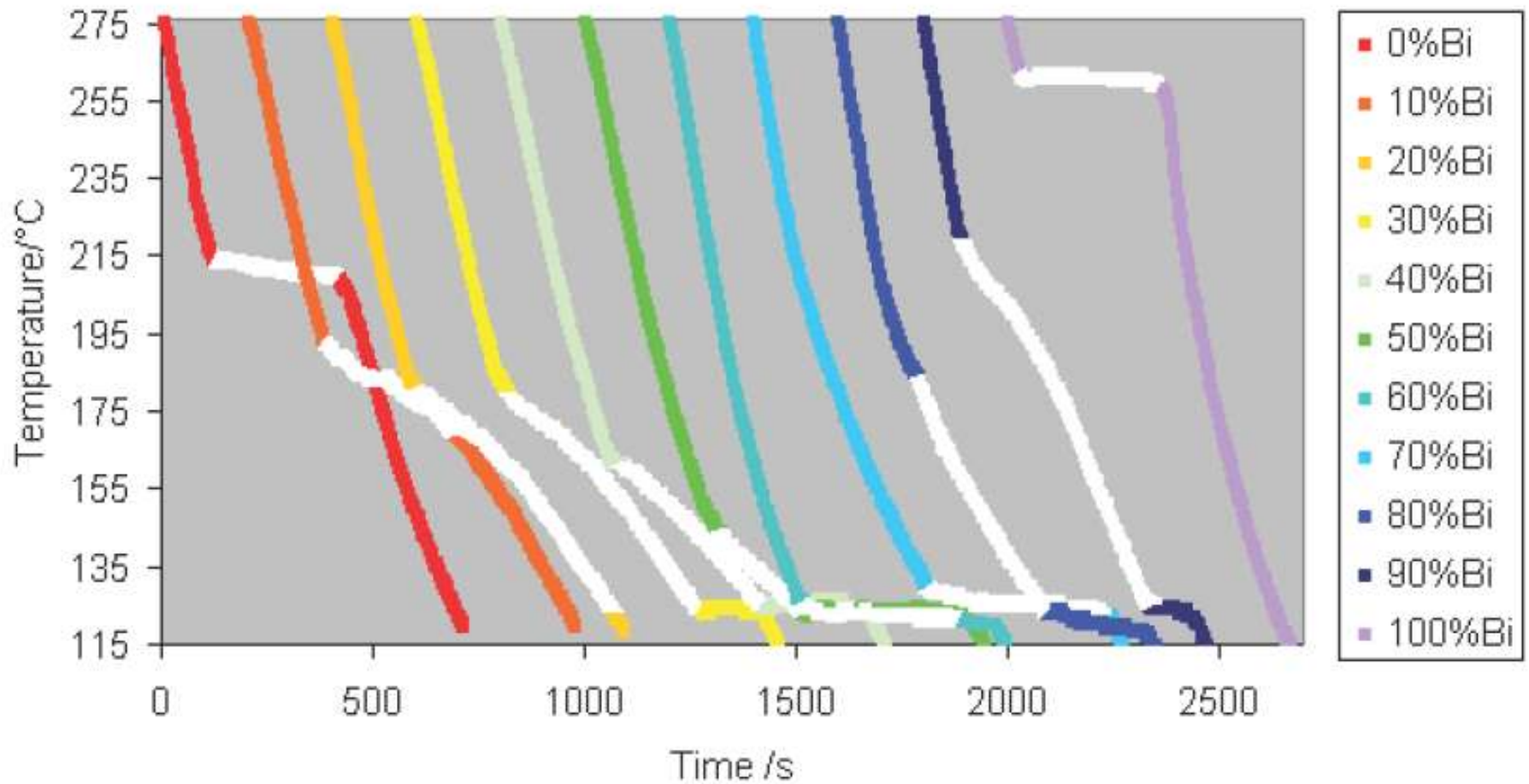
Graph showing the temperature of several tin-bismuth alloys cooling over a period of time



Curvas de Enfriamiento Experimentales

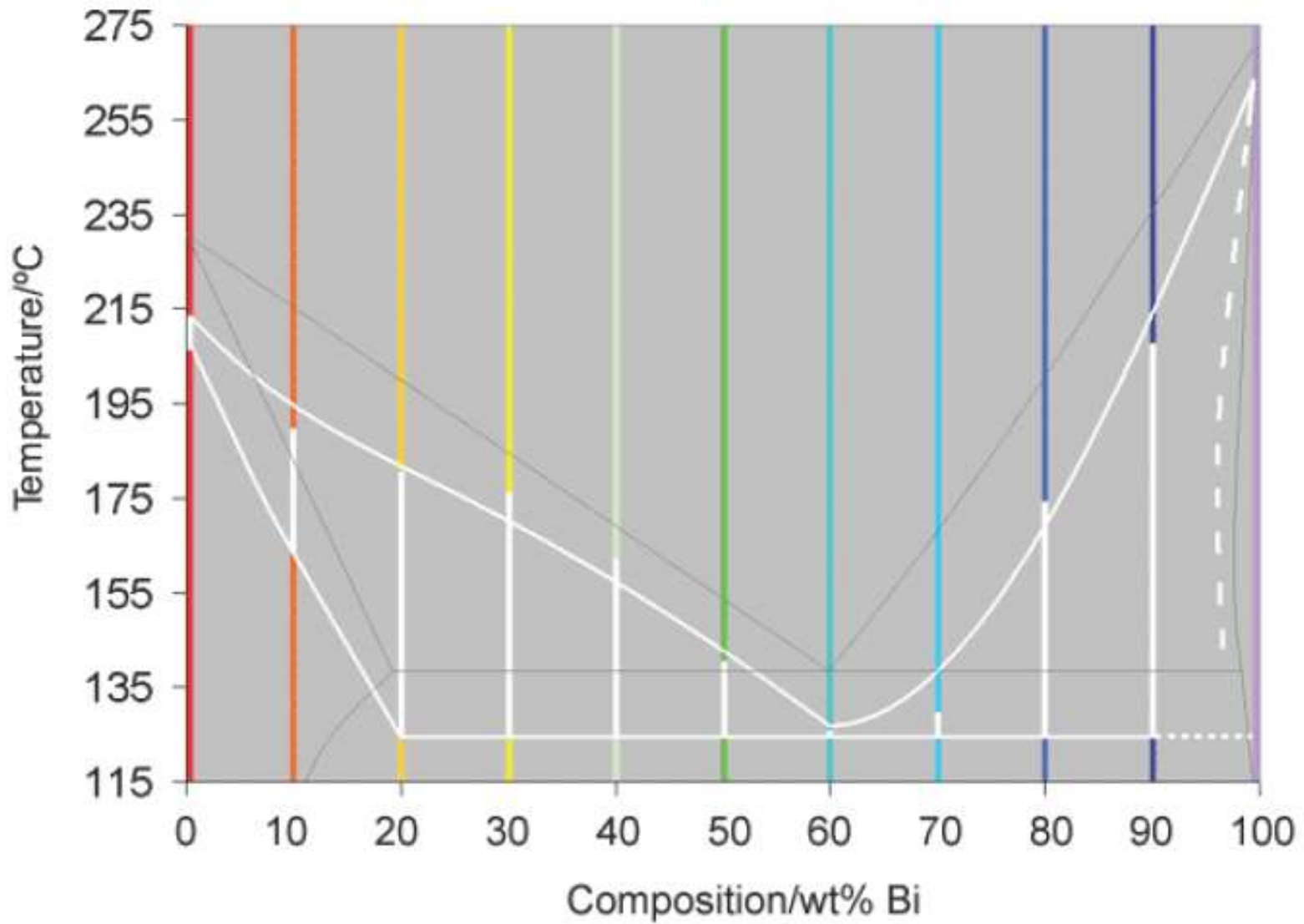
Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento

Graph showing the temperature of several tin-bismuth alloys cooling over a period of time, lines displaced along the time axis



Curvas de Enfriamiento Experimentales

Construcción de diagramas de fase a partir de curvas de Enfriamiento



Sistema Sn-Bi