



Introducción a la Ciencia de Materiales TIM 50

Tecnólogo Industrial Mecánico



Constitución de las Aleaciones

Una aleación es una sustancia que tiene propiedades metálicas y está constituida por dos o más elementos químicos de los cuales por lo menos uno es metálico.

Un sistema de aleaciones contiene todas las aleaciones posibles que pueden formarse por varios elementos combinados en todas las proporciones posibles.

- Sistema de aleación binario: formado por dos elementos.
- Sistema de aleación ternario: formado por tres elementos.

El número de aleaciones posibles es casi infinito.

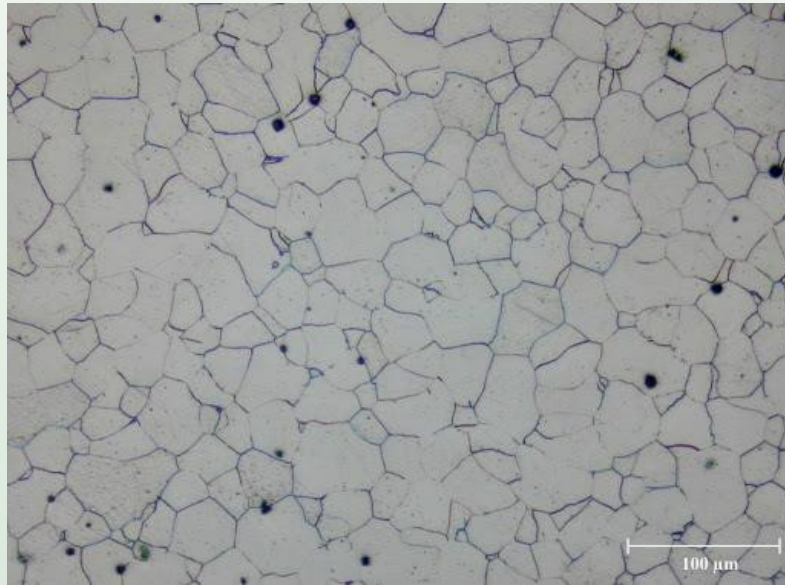
Las aleaciones pueden clasificarse según su estructura y los sistemas de aleación se clasifican según su diagrama de fase.

Clasificación de las aleaciones:

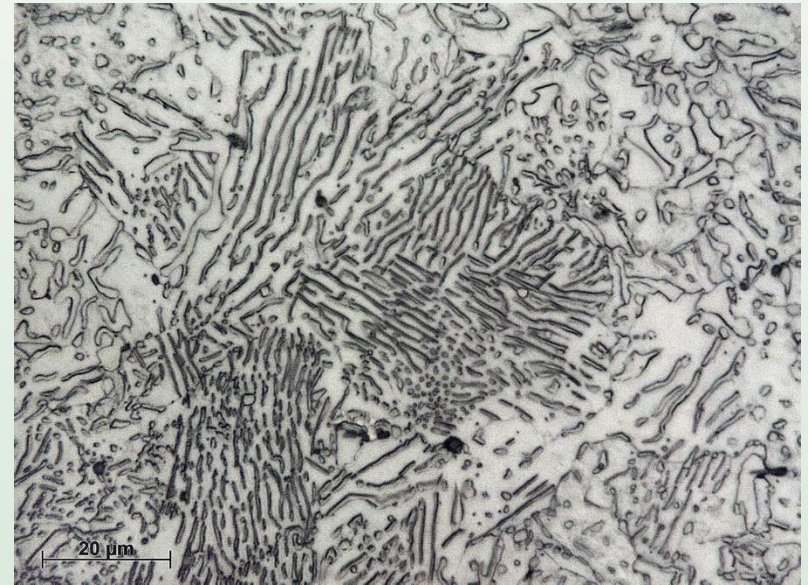
Pueden clasificarse según si son homogéneas o mezclas.

- Aleaciones homogéneas constan de una fase.
- Aleaciones con mezclas de más de una fase.

Fase: es cualquier cosa homogénea y físicamente distinta. Cualquier estructura que sea visiblemente distinta desde el punto de vista físico al microscopio puede considerarse como una fase.



Fase única, aleación homogénea



Mezcla de dos fases

Para la mayoría de los elementos puros la fase es sinónimo de estado por lo que para los elementos puros tenemos:

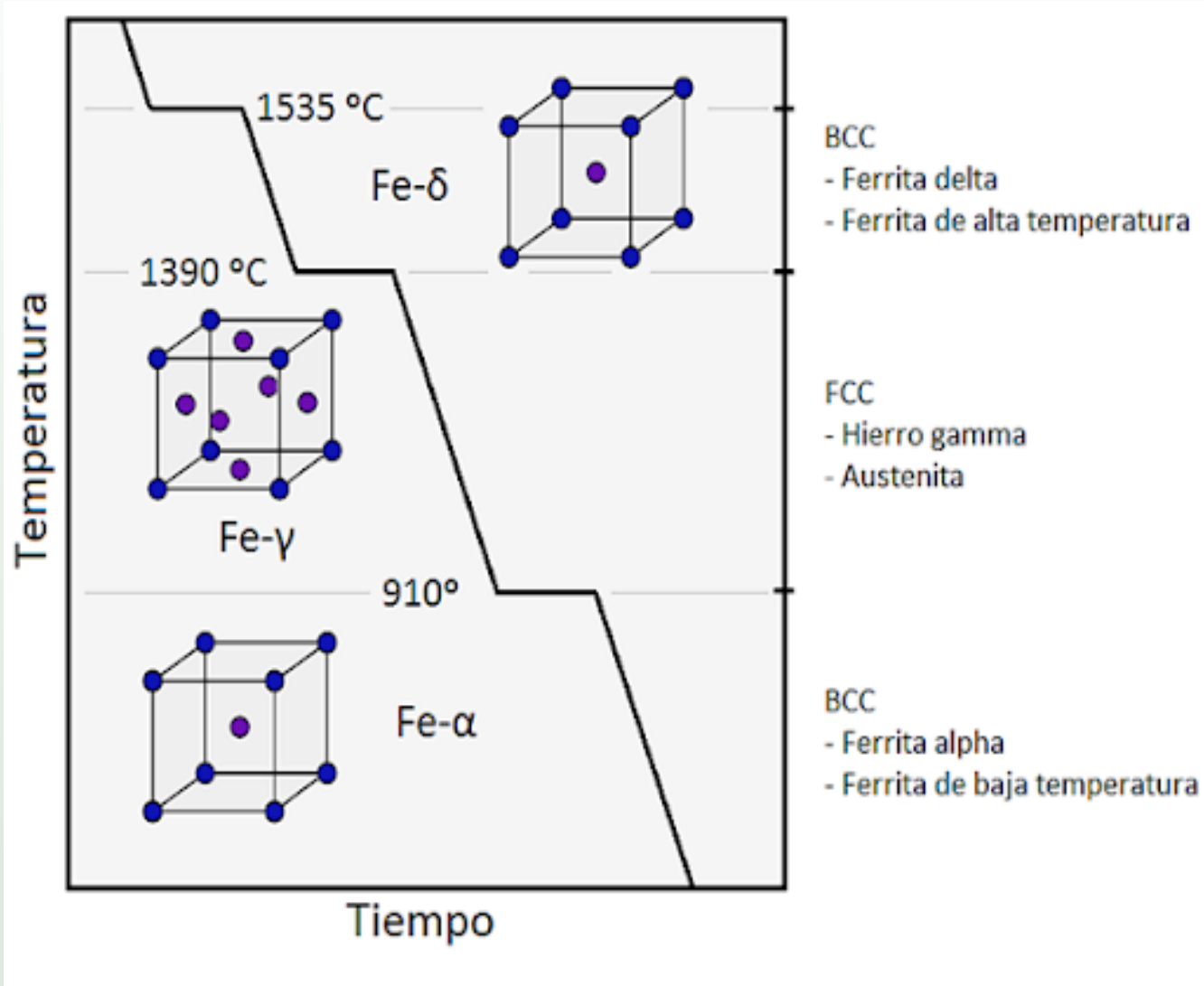
- fase gaseosa
- fase líquida
- fase sólida

Algunos metales son **alotrópicos** en estado sólido (cambio de fase en estado sólido).

Cuando un metal sufre un cambio en su estructura cristalina, experimenta un cambio de fase.

En el estado sólido tenemos tres fases posibles:

- Metal Puro
- Fase de aleación intermedia o compuesto
- Fase de solución sólida



Hierro metal alotrópico.

Si una aleación es homogénea (constituida por una sola fase) en estado sólido, solo puede ser una solución sólida o un compuesto.

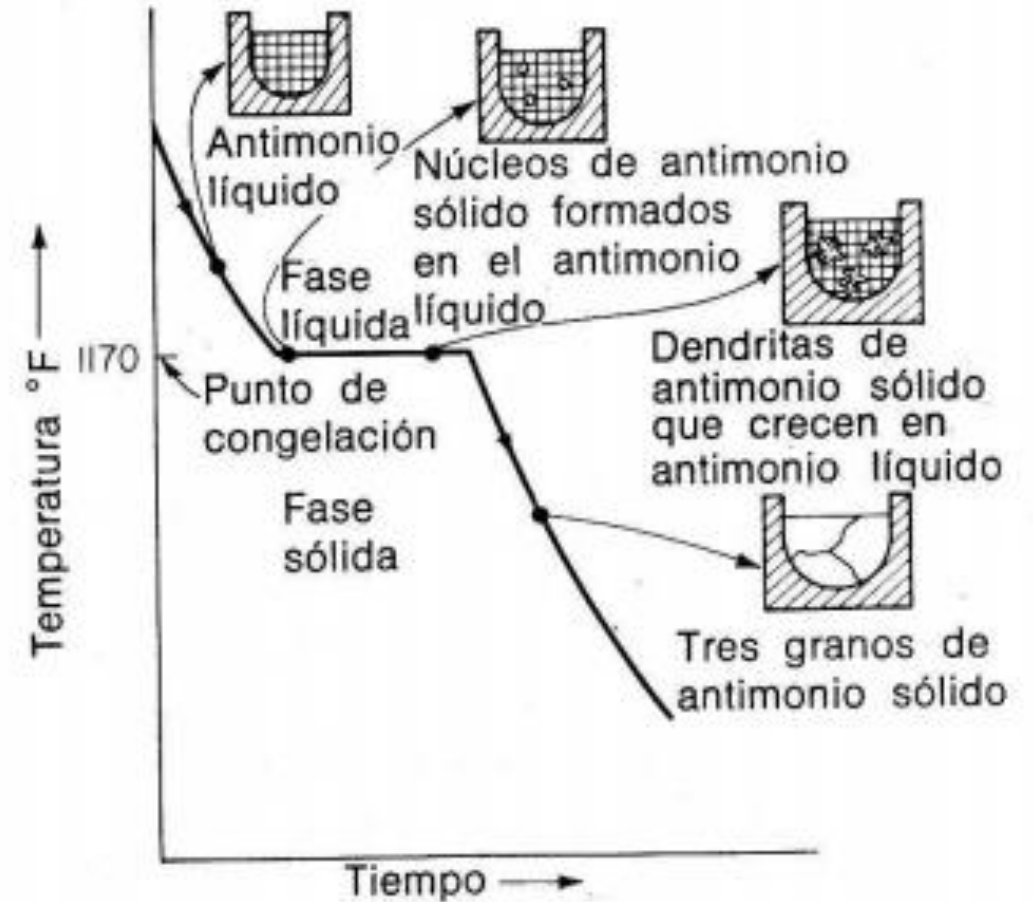
Si la aleación es una mezcla, entonces está compuesta por cualquier combinación de las fases posibles en estado sólido.

- Metal Puro y Compuesto
- Compuesto y Fase de solución sólida
- Fase de solución sólida y Metal Puro
- Otras combinaciones

Metal Puro

En condiciones de equilibrio, todos los metales puros exhiben un punto de fusión o solidificación definido.

Entendiéndose por condición de equilibrio a enfriamientos y calentamientos extremadamente lentos (tiempo suficiente para que tenga lugar el cambio).



Fase de aleación intermedia o compuesto

Los átomos se combinan en una proporción definida expresada mediante una fórmula química.

Cuando se forma un compuesto, los elementos pierden su identidad individual y sus propiedades características.

Ej: sal de mesa (NaCl). El Sodio (Na) es un metal se oxida rápidamente mientras que el Cloro (Cl) es un gas venenoso. Estos se combinan para formar un compuesto inofensivo como la sal de mesa.

La mayoría de los compuestos también exhiben un punto de fusión y solidificación dentro de estrechos límites de temperatura (al igual que los metales puros).

Los compuestos tienen composiciones químicas intermedias entre los dos metales puros y generalmente presentan estructuras cristalinas diferentes a éstos.

Las fases intermedias o compuestos más comunes son:

- Compuestos ínter metálicos o de valencia
- Compuestos intersticiales
- Compuestos electrónicos

Compuestos ínter metálicos o de valencia

Generalmente se forman por metales no similares químicamente y se combinan siguiendo las reglas de valencia química. Suelen tener enlaces fuertes (iónicos o covalentes). Sus propiedades son esencialmente no metálicas.

Características:

- Deficiente ductilidad
- Baja conductividad
- Estructura cristalina compleja

Ej: CaSe, Mg₂Pb, Mg₂Sn

Compuestos intersticiales

Estos compuestos se forman por la unión entre los elementos de transición (Se, Ti, Ta, W y Fe) con el H, O, N, C, etc. Estos últimos tienen átomos muy pequeños.

La palabra intersticial viene de “entre espacios” por lo que estos átomos pequeños se acomodan en los espacios de la estructura cristalina del metal.

Características:

- Son metálicos
- Alto punto de fusión
- Extremadamente duros
- Frágiles

EJEMPLOS

- > Ti C – CARBURO DE TITANIO
- > Ta C – CARBURO DE TANTALIO
- > $\text{Fe}_2 \text{N}$ – NITRURO DE HIERRO
- > $\text{Fe}_3 \text{C}$ – CARBURO DE HIERRO (CEMENTITA)
- > $\text{W}_2 \text{C}$ – CARBURO DE TUNGSTENO
- > Cr N – NITRURO DE CROMO
- > Ti H – HIDRURO DE TITANIO

Compuestos electrónicos

Hay ciertos diagramas de equilibrio de aleaciones que muestran semejanzas notables (Cu, Ag, Au, Fe y Ni con Mg, Sn, Zn y Al). Un número de fases intermedias se forman en estos sistemas con estructuras cristalinas similares. En cada sistema existen puntos cercanos a aquellas composiciones químicas que tienen una razón definida de número de electrones de valencia a número de átomos. Por esto se los llama compuestos electrónicos.

Tienen propiedades similares a las soluciones sólidas.

Características:

- Alta ductilidad
- Baja dureza
- Composición química variable

Soluciones sólidas

Cualquier solución está constituida por un soluto y un solvente. El soluto es la menor parte de la solución y el solvente la mayor.

Una solución sólida puede tener tres estados posibles:

No saturada

Saturada

Sobresaturada

La cantidad de soluto que el solvente puede disolver depende generalmente de la temperatura y aumenta con esta.

No saturada: el solvente disuelve menos del soluto de lo que podría disolver a una T y P dadas.

Saturada: disuelve la cantidad límite de soluto.

Sobresaturada: disuelve más soluto de lo que debería. Esta condición es inestable por lo que la solución tenderá a saturarse mediante la precipitación del exceso de soluto.

La sobre saturación se consigue con:

- Agitación mecánica
- Enfriamiento rápido

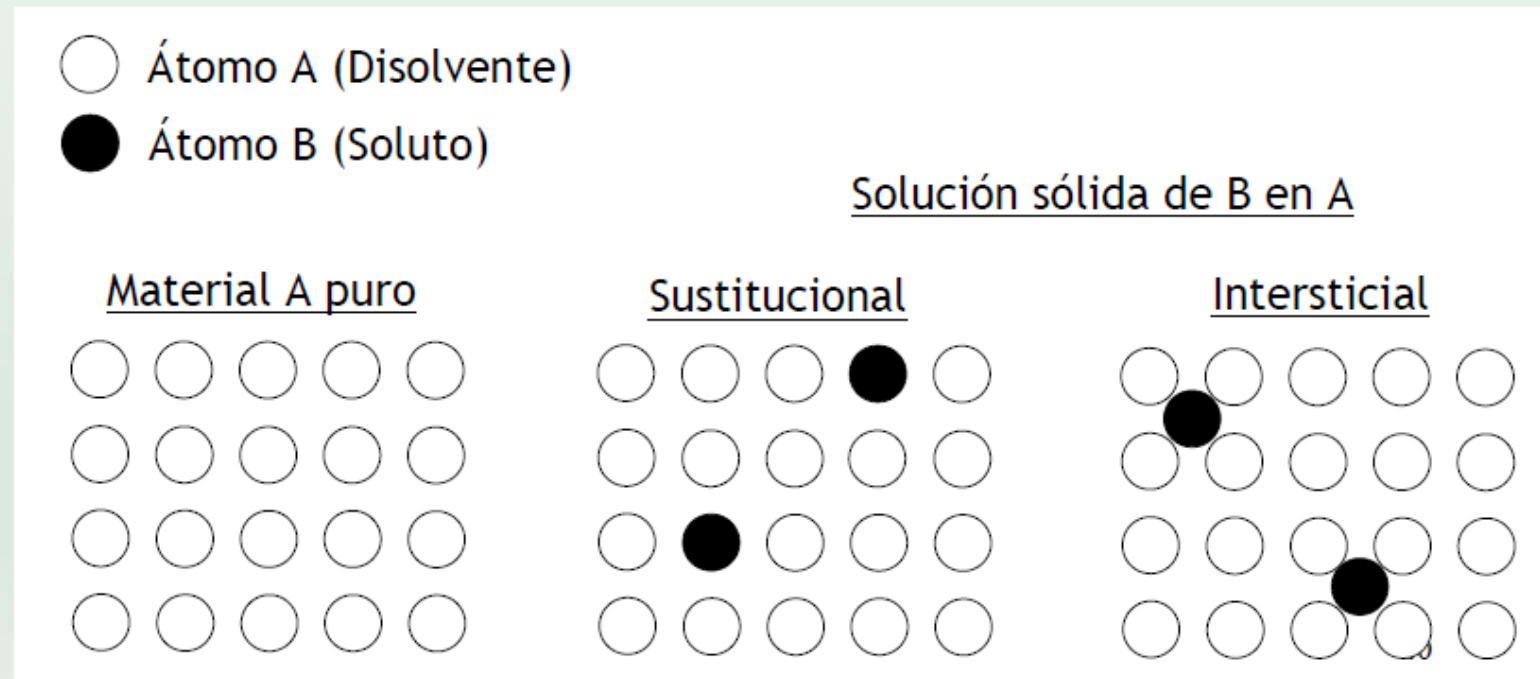
Toda solución sobre saturada es inestable y tiende a transformarse en saturada precipitando el exceso.

Las soluciones solidas son soluciones de un elemento en otro en el estado sólido, es decir la misma red.

Una solución sólida consta de dos clases de átomos combinados en un tipo de red espacial.

El soluto suele ser más soluble cuando el solvente se encuentra en estado líquido.

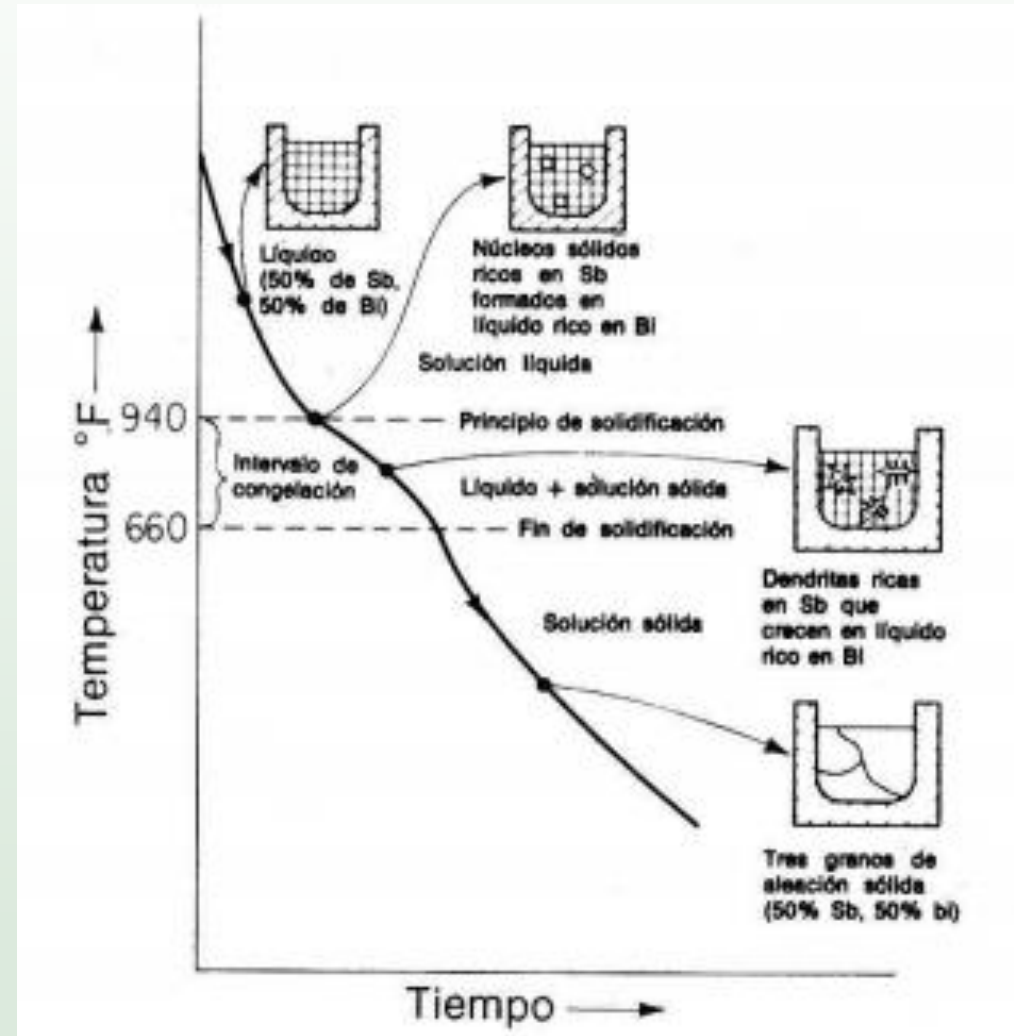
El aumento de la temperatura aumenta la capacidad de disolver mayor cantidad de soluto.



La solidificación se lleva a cabo en un intervalo de temperatura.

Las soluciones solidas pueden ser de :

- Sustitución
- Intersticiales

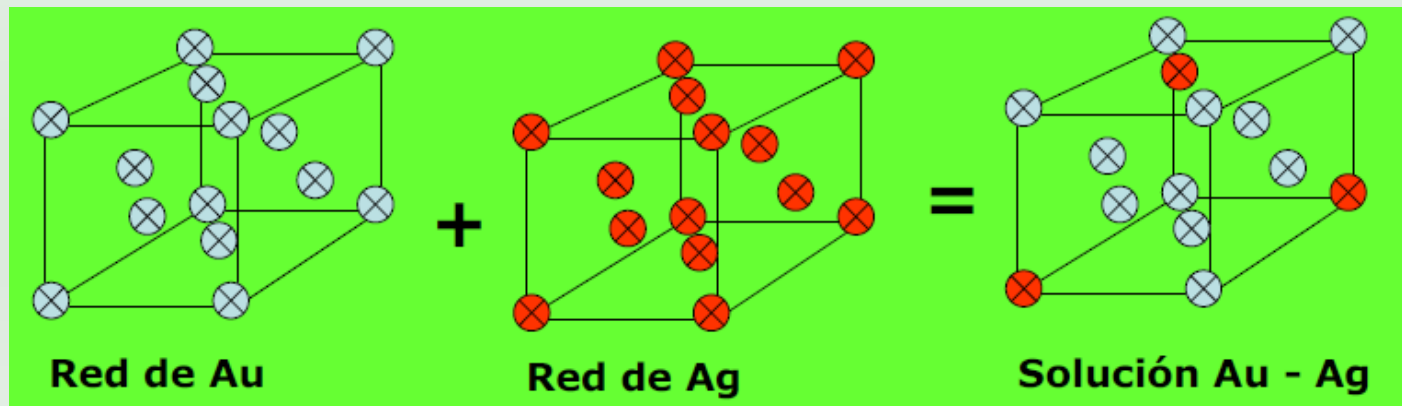


Solución sólida sustitucional

En este tipo de soluciones sólidas, los átomos del soluto sustituyen a los átomos del solvente en su estructura reticular sin que esta se pierda (bcc, fcc, etc).

Ej: los átomos de plata pueden sustituir los átomos de oro sin que se pierda la estructura fcc del oro y viceversa (estructura fcc de la plata).

Este sistema de aleación consta de una serie continua de soluciones sólidas.



Hay varios factores que controlan el intervalo de solubilidad en los sistemas de aleación.

- Factor de la estructura del cristal
- Factor de tamaño relativo
- Factor de afinidad química
- Factor de valencia relativa

Factor de la estructura del cristal:

La solubilidad sólida completa o total de dos elementos solo se da si estos tienen la misma estructura reticular.

Factor de tamaño relativo:

Este factor es favorable para formar una solución sólida cuando la diferencia entre los radios atómicos es menor que el 15%.

Si la diferencia es mayor al 15% la formación de una solución sólida es muy limitada.

Ej.: Ag y Pb. Ambos son estructuras fcc

- Diferencia en radios atómicos = 20%.
 - Solubilidad de Pb en Ag = 1.5%.
 - Solubilidad de Ag en Pb = 0.1%

Factor de afinidad química:

Cuanto mayor afinidad química tengan dos metales más restringida será su solubilidad y mayor tendencia a formar compuestos.

Generalmente cuanto más alejados están los elementos en la tabla periódica, mayor es su afinidad química.

Factor de valencia relativa:

Un metal de menor valencia tiende a disolver uno de mayor valencia.

Ej: Al-Ni (ambos tienen estructura bcc).

- Factor de tamaño relativo 14%.
- El Ni tiene menos electrones de valencia que el Al.
- El Al disuelve 0.04% de Ni
- El Ni disuelve 5% de Al

Considerando los 4 factores anteriores se puede estimar la solubilidad sólida de un metal a otro.

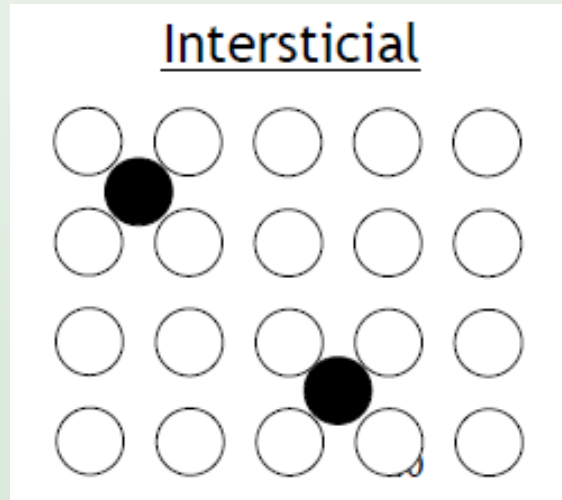
Un bajo valor del factor de tamaño relativo limitará la solubilidad a un valor bajo. Si el factor de tamaño relativo es favorable, entonces se debe considerar los demás factores para decidir el probable grado de solubilidad sólida.

La estructura reticular de una solución sólida es la del solvente con ligeros cambios en el parámetro reticular.

Solución sólida intersticial

Esta se forma cuando átomos de pequeños radios atómicos se acomodan en los espacios o intersticios de la estructura reticular de los átomos del solvente (más grandes). Estos átomos generalmente son H, O, N, B, C, etc.

Difiere de los compuestos intersticiales en que la cantidad de átomos más pequeños necesarios para formar el compuesto es mayor que la cantidad que puede disolverse intersticialmente.



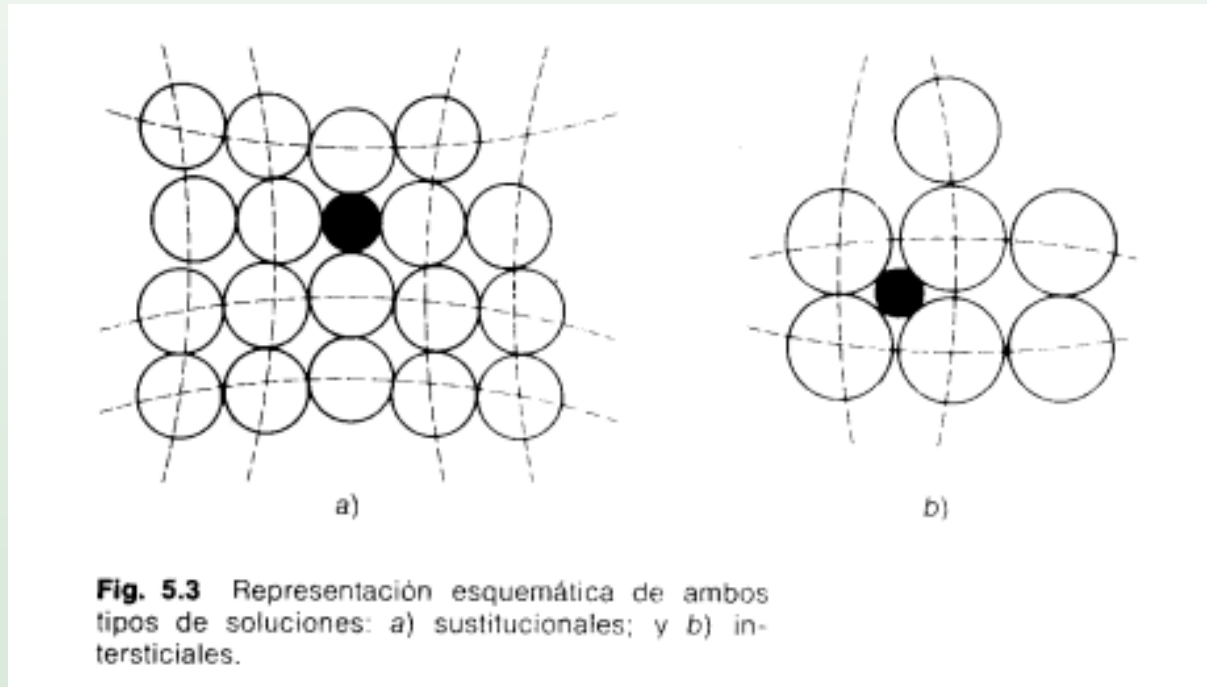
Cuando se agrega al solvente átomos del soluto lo suficientemente pequeños se formará una solución sólida intersticial.

Mayor cantidad de átomos de soluto pueden disolverse intersticialmente hasta que la solución llegue a estar saturada a esa T y empieza a formar el compuesto de composición fija.

Las soluciones sólidas intersticiales suelen tener una solubilidad muy limitada y por lo general son de poca importancia.

El C en Fe es una excepción y forma la base para el endurecimiento del acero.

La distorsión que provocan en la estructura reticular los átomos del soluto interfiere con el movimiento de las dislocaciones sobre los planos de deslizamientos aumentando así la resistencia de la aleación. Esta es la base para el reforzamiento de un metal por medio de una aleación.



A diferencia de los compuestos intersticiales, las soluciones solidas:

- Suelen ser más fáciles de separar.
- Se funden sobre un intervalo de T.
- Tiene propiedades influidas por las del solvente y soluto.
- Muestran un gran intervalo de composición por lo que no se pueden expresar por una formula.

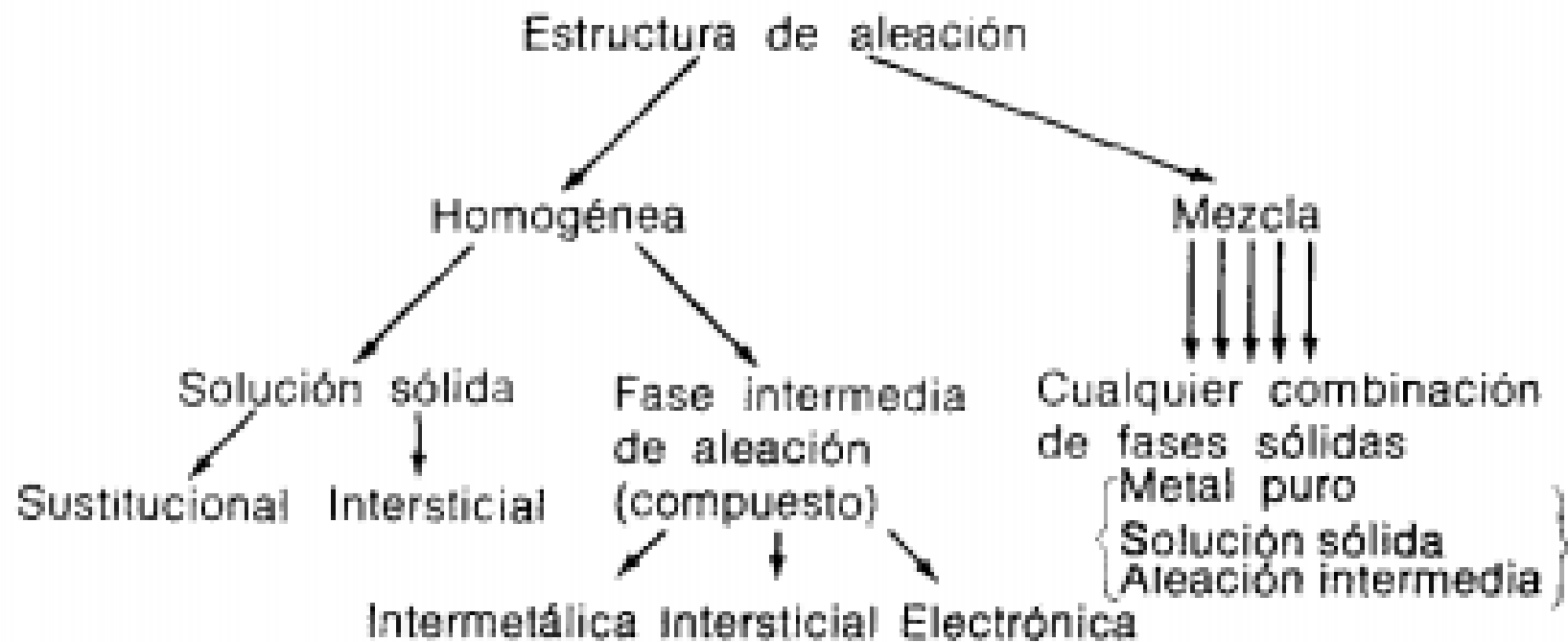


Fig. 5.4 Posibles estructuras de aleación.