

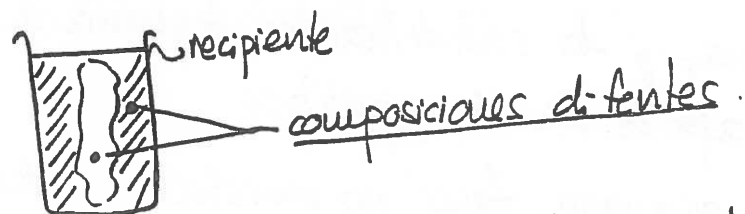
MACROESTRUCTURA Y CALIDAD

● Macroestructura

Macroestructura = estructura química = diferencias de composición =
= diferencias en propiedades.

la segregación es un gradiente de composiciones que origina en la solidificación:

- a nivel de grano se denomina microsegregación (fig 9.4)
- a nivel de lingote se denomina macrosegregación y se aprecia la diferencia de composición en función de la distancia a la pared, donde comienza antes la solidificación por tener menor temperatura.



la segregación es un problema muy importante a tener en cuenta, sobre todo en cuanto a propiedades mecánicas; si tenemos una pieza con zonas de diferente composición, tendremos zonas con diferentes propiedades mecánicas. Si evaluamos, p.e. la resistencia, veremos que la pieza rompe por la zona de menor resistencia, aunque la otra zona tenga una resistencia muy elevada: regla de la cadena (por mucha resistencia que tengan los eslabones de una cadena, si uno de ellos es débil, la cadena se romperá por él!).

- No aparece segregación si la solidificación se realiza a temperatura constante (metal puro, eutécticas, etc.)

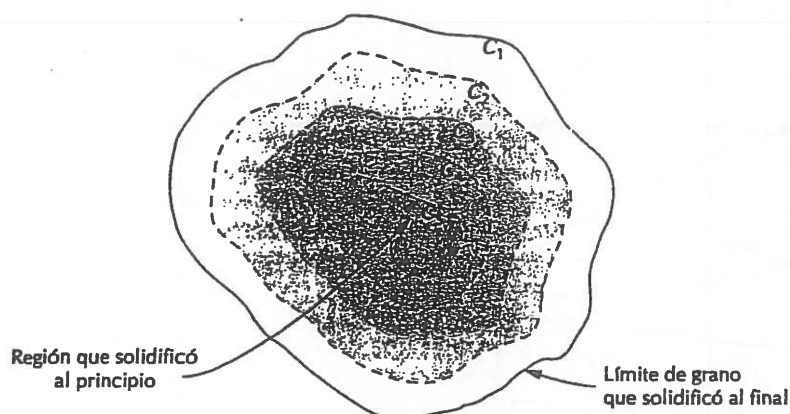
- Solidificación de una solución sólida:

- se realiza en un intervalo de temperaturas
- La composición del sólido (y la del líquido) van variando al descender la temperatura
- la difusión intenta igualar las composiciones; puede conseguirse más fácilmente en el líquido, pero en el sólido será muy difícil.
- la segregación será inevitable, el centro del grano tendrá composición diferente de la del borde
- la línea real de "sólidos" se va separando de la del diagrama, y la solidificación termina a temperatura más baja de la de equilibrio
- Pueden originarse fases no previstas: eutécticas como matriz, p.e.

● Segregación dendrítica

A nivel micro, tenemos la denominada segregación dendrítica que se produce porque el frente de solidificación no es plano, por las siguientes razones:

- El cristal tiene direcciones preferentes de crecimiento
- En la solución sólida se forman gradientes de



MICROSEGREGACIÓN

Figura 9.4 Esquema de la segregación en un cristal. En una estructura segregada, se establecen los gradientes de concentración a través de los granos; las líneas discontinuas indican contornos de segregación (C_1 , C_2 , C_3 , etc.).

VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS CON LA COMPOSICIÓN

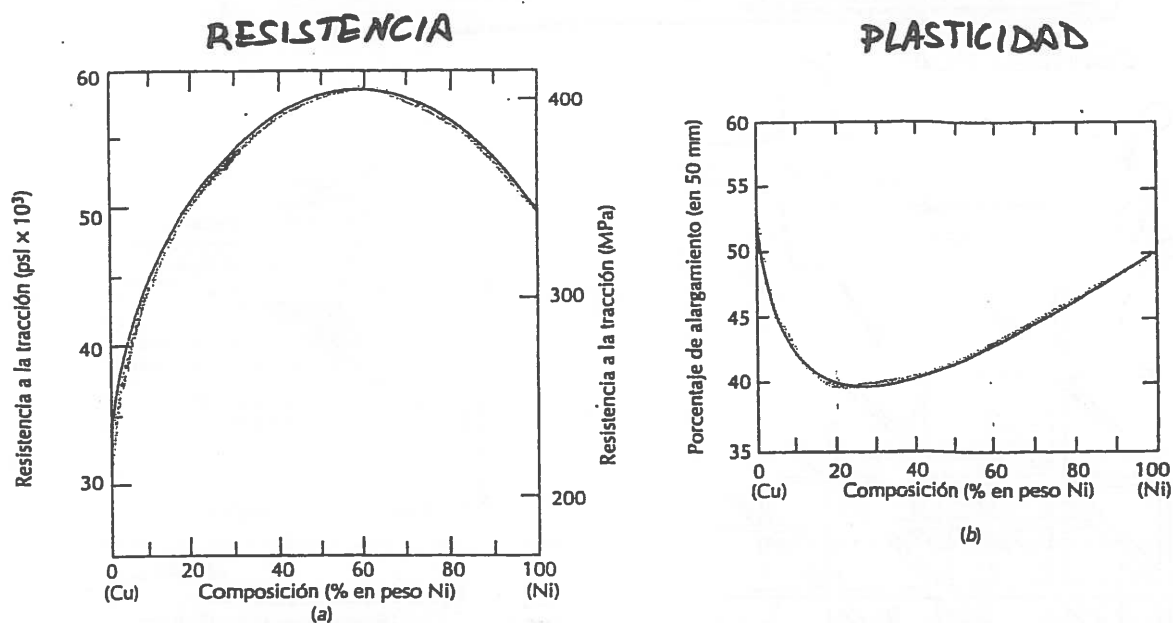


Figura 9.5 Sistema cobre-níquel, (a) resistencia a la tracción frente a composición y (b) ductibilidad (%EL) frente a composición. En todas las composiciones de este sistema existe una disolución sólida.

L importante : repto. de la cadena.

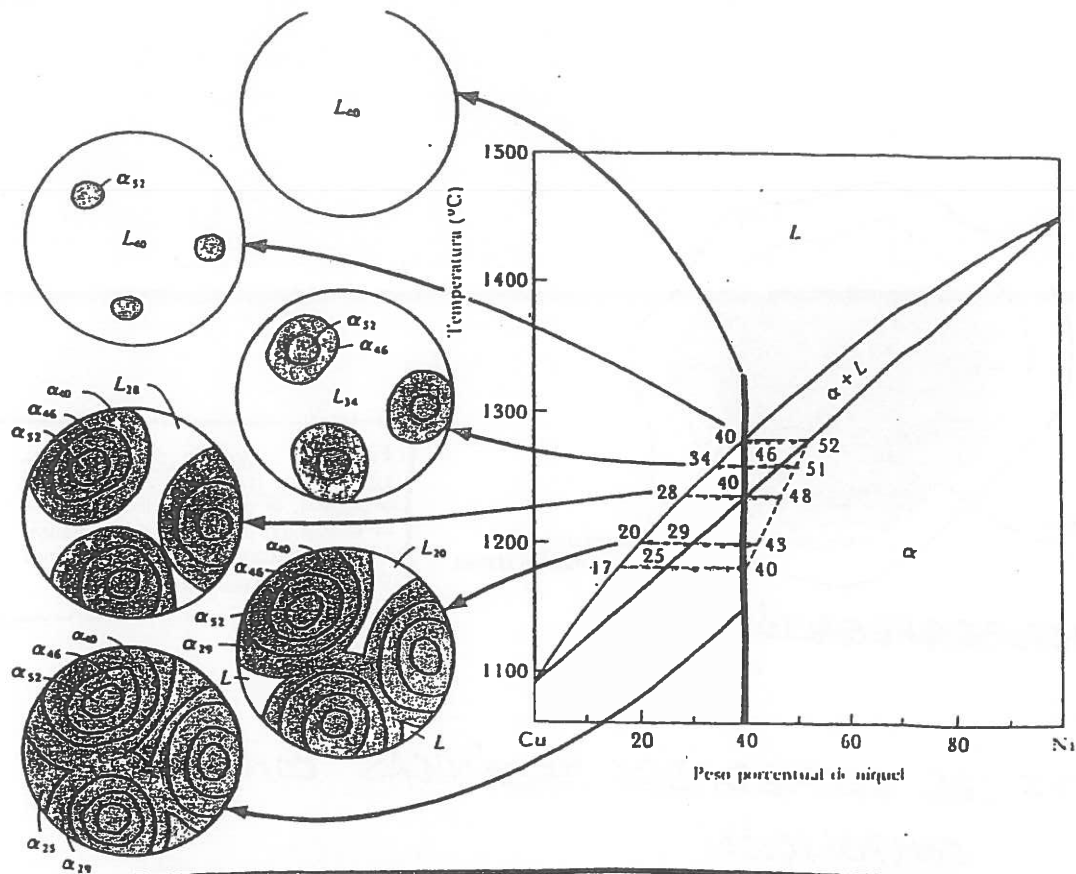


FIG. 8-18 Modificación en la estructura de una aleación Cu-40% Ni durante la solidificación fuera de equilibrio. El tiempo insuficiente para la difusión en el sólido produce una estructura segregada.

ESTRUCTURA DENDRÁICA

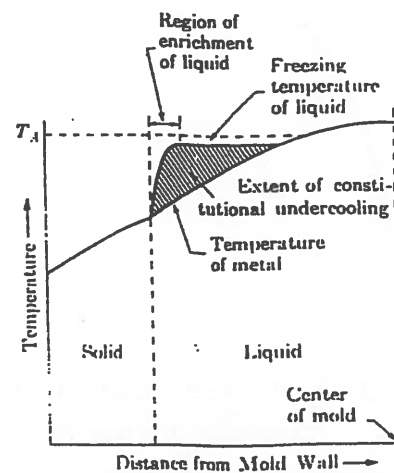
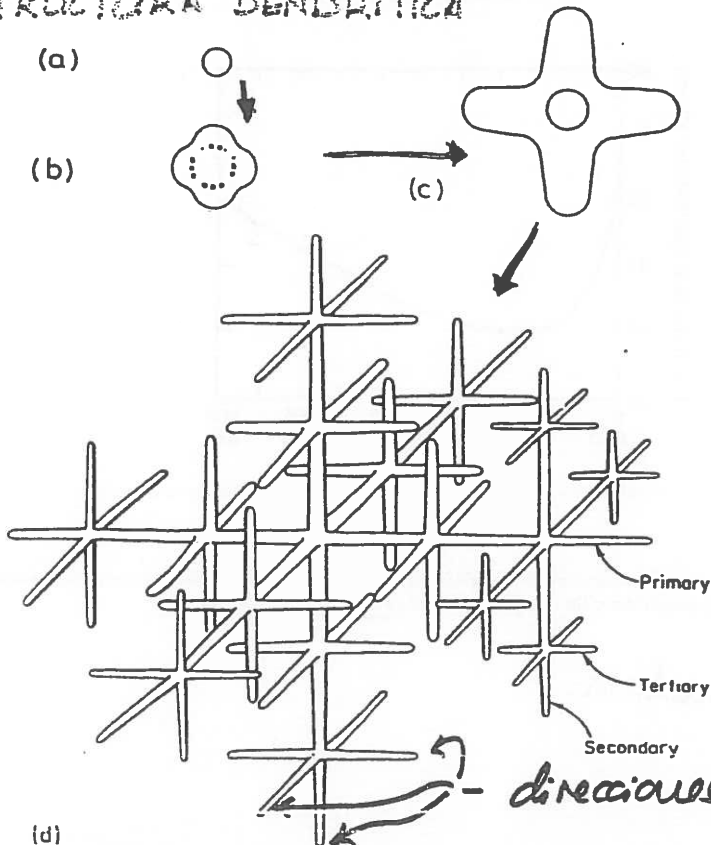


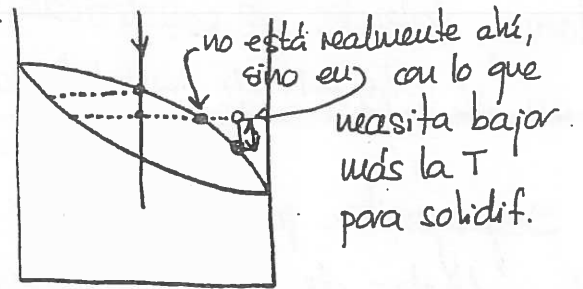
Fig. 9.8 Constitutional undercooling in a liquid alloy having an original freezing temperature T_A .

Fig. 4.17 The development of thermal dendrites: (a) a spherical nucleus; (b) the surface becomes unstable; (c) primary arms develop in crystallographic directions (100) in cubic crystals; (d) secondary and tertiary arms develop (after R.E. Reed-Hill, *Physical Metallurgy Principles*, 2nd. edn., Van Nostrand, New York, 1973.)

direcciones favorables de crecimiento

composición que dificultan el crecimiento del sólido haciendo que disminuya su temperatura de equilibrio \rightarrow

\rightarrow subenfriamiento constitucional.



- Se originan protuberancias en el frente

Por tanto, lo primero que se forma son las direcciones más favorecidas, que serán pobres en elemento de aleación y posteriormente se rellenarán los huecos con material rico en elemento de aleación.

Influyen en la formación de los dendritos la velocidad de enfriamiento y el intervalo de solidificación, dando lugar a una estructura dendrítica (con microsegregación) con posible estructura columnar.

Pueden nuclearse cristales equiaxiales por delante del frente de solidificación, con dendritos (dendritos térmicos).

● Segregación principal

En una solución sólida, la macrosegregación existente entre las paredes y el centro de un lingote se denomina segregación principal.

Tiene dos variantes:

- Segregación inversa: gradiente de concentraciones inverso al normal. Se relaciona con la disminución de volumen, calores latentes de solidificación, densidades de sólido y líquido y con el intervalo de solidificación.

- Segregación por gravedad: diferencias causadas entre las densidades de los elementos que hacen que el elemento más pesado tienda a caer al fondo del cristal, quedando la parte inferior más rica en dicho elemento. Una forma de evitarla es, por ejemplo, agitando bien la solución, aunque habrá ocasiones en que nos interese, p.e. si busco eliminar un elemento, me interesa que se concentre en una zona para cortar la pieza,....

● Modificación de la estructura química: recocidos y forja

- la macroestructura originada en la solidificación no puede borrarse por tratamientos posteriores.

- la posible cristalización secundaria:

- Origina una nueva estructura granular

- Puede hacer desaparecer la estructura granular primaria de la solidificación, pero hereda la estructura química

- Se minimiza la segregación facilitando la difusión y mediante permanencias a alta temperatura

↳ recocidos de homogeneización

DENDRITOS
 no faltado
 líquido y no
 se terminó de
 rellenarse)



Fig. 1 Scanning electron micrograph of the center of an as-cast low-carbon steel ingot showing dendrite spikes (primary arms) and secondary arms. Unetched. 10X. (B.L. Bramfitt, J.R. Kilpatrick)

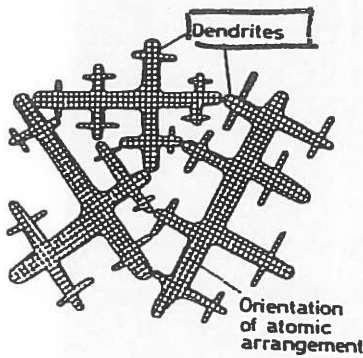


Figure 3.2 Schematic diagram of three dendrites interlocking

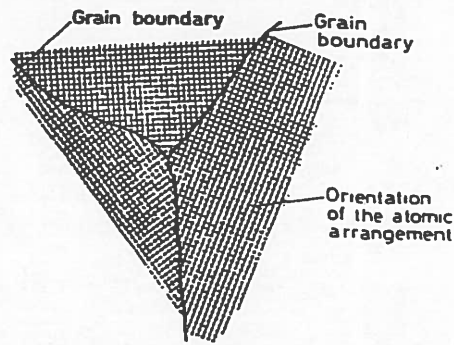


Figure 3.3 Formation of grains from dendrites of Figure 3.2.

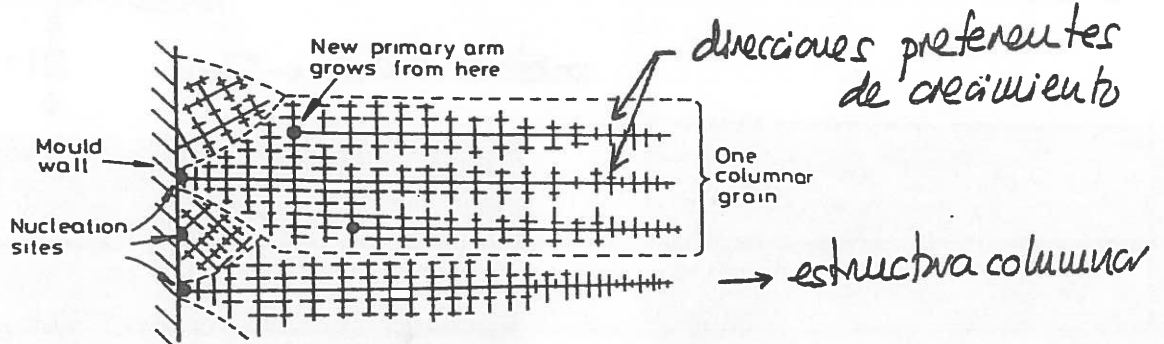


Fig. 277 —Dendritos en un lingote de acero. (SAUVER.)

SEGREGACIÓN PRINCIPAL

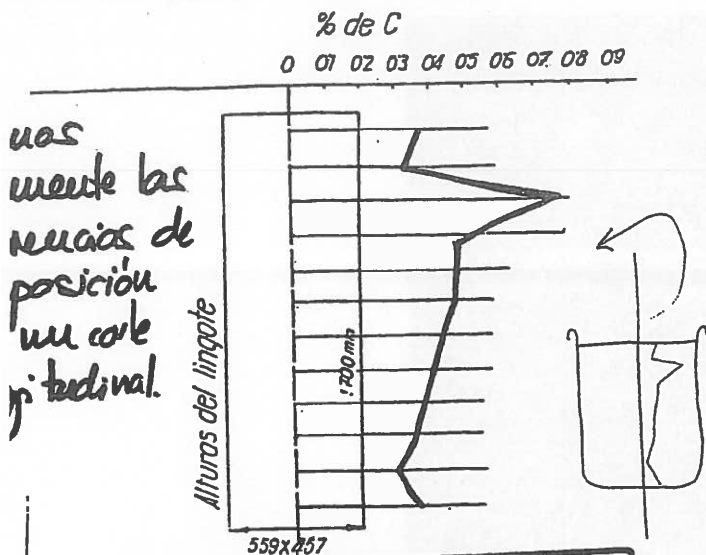


Fig. 251.—Segregación principal en un lingote de acero.

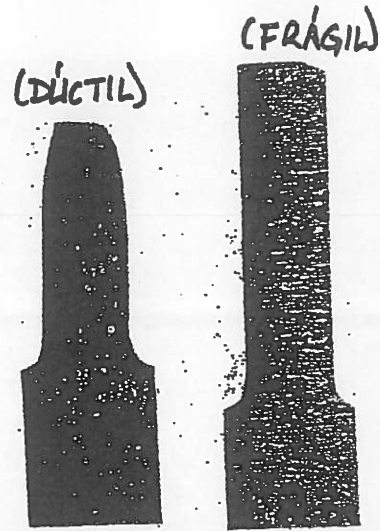
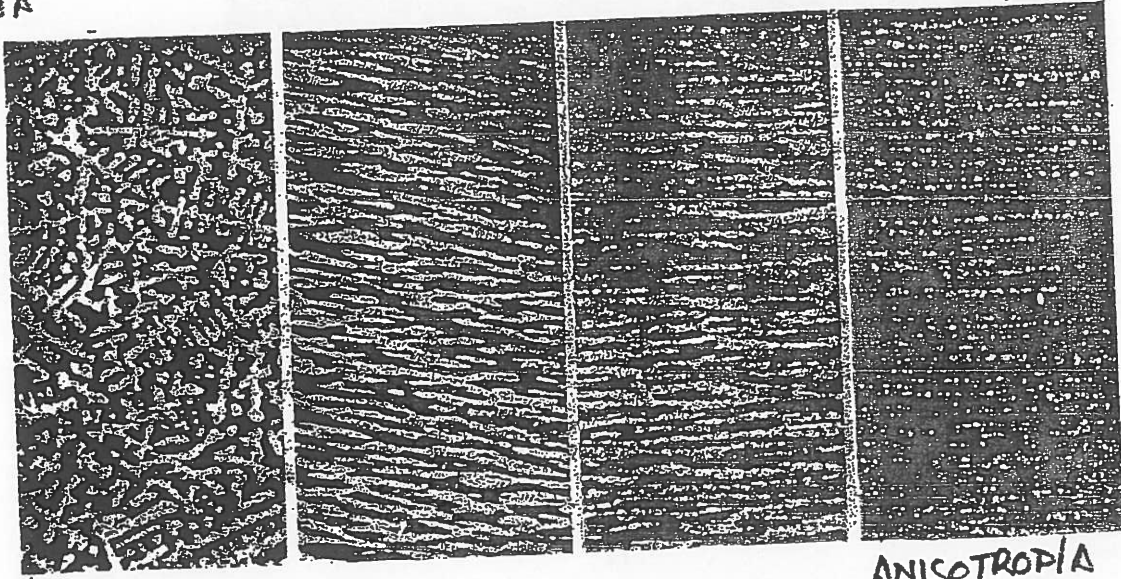


FIG. 59.—Rotura de dos probetas tomadas en sentido longitudinal y transversal de forja.

FORJA

Fig. 286.—Deformación de los dendritas como consecuencia de un trabajo mecánico. (Bayerun.)



ANISOTROPÍA

resistencia media ← □ →

↑
□ + fácil romper
↓

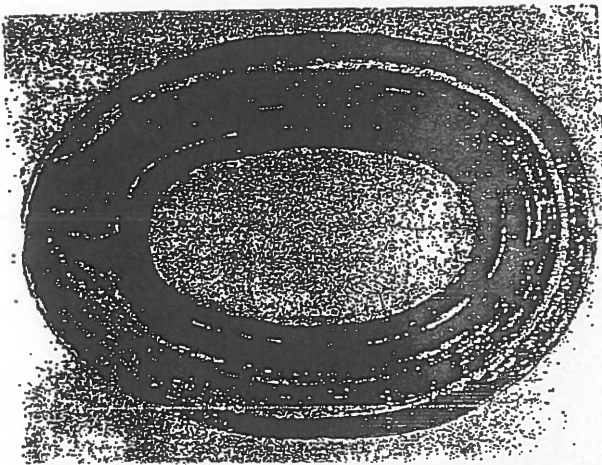


Fig. 287.—Macrografía de un anillo de cadena de acero forjado y pulido. (Muestra muestra Oberhoffer. Laboratorio INTA.)

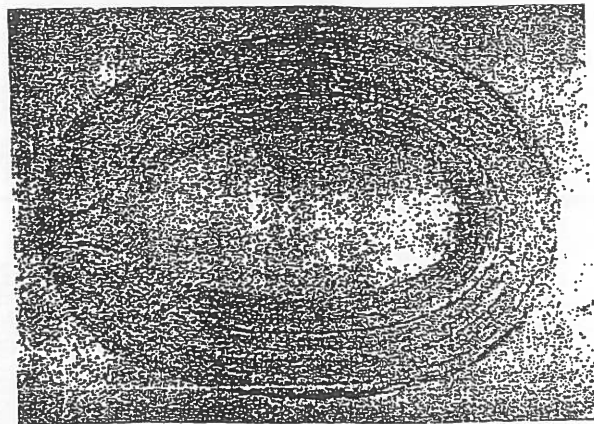


Fig. 290.—Impresión «Baumann» del anillo de cadena de la fig. 287. (Laboratorio INTA.)

- la forja o laminación modifica algo la estructura química:
 - el efecto es más acusado cuanto más alta es la temperatura.
 - se potencia el efecto con la mayor difusión.
- la forja origina bandas (o fibras) de composiciones diferentes que generan anisotropía.
- la forja se utiliza asimismo para variar el tamaño de grano.

● Impurezas e inclusiones

- son elementos o fases que no son de la propia aleación y hacen variar el comportamiento.
- Pueden actuar, como virus, de nucleantes, afinando el grano (que es bueno), aunque también pueden originar fases y provocar transformaciones no deseadas.
- Modifican la estructura química de la aleación y se segregan.
- El origen es diverso: inclusiones exógenas o endógenas.
 - Impurezas metálicas: se alean con el metal (como p.e. el fósforo en el acero: enfragiliza por s.s. y forma eutécticas)
 - Impurezas no metálicas (inclusiones): no se alean con el metal
 - Inclusiones gaseosas: poros, sopladuras y precipitaciones (p.e. fragilidad por hidrógeno)
- la forja altera el estado de las impurezas:
 - alterando su estado de segregación
 - deformándolas o rompiéndolas.

● Calidad

- Conjunto de propiedades que permiten apreciarla más o menos que a otras de su especie; características que hacen variar las prop.
- la calidad hace variar, y limita, el margen de propiedades que pueden obtenerse potencialmente con una aleación
- En aleaciones, depende de:
 - . Estado de segregación
 - . Presencia de impurezas: tipo, cantidad, tamaño, distribución y estado de segregación
 - . Otros defectos: grietas, cavidades de moldes,...
- la calidad siempre predeterminada por su obtención:
 - . No se puede mejorar por tratamientos posteriores
 - . Puede modificarse algo por forja.
- Puede valorarse la calidad mediante:
 - . Técnicas micrográficas y macrográficas
 - . Técnicas de ensayos no destructivos
- la calidad no reside en su composición ("naturalidad"): una aleación puede tener una calidad ("condición") muy diferente de la de otra de la misma composición.
- los tratamientos térmicos que definen su estructura final ("su estado"), no alteran la calidad de la aleación.
- El fallo en servicio de una aleación puede ser causada por ser inadecuada la elección de la composición, la selección de su calidad o la manipulación o empleo posterior, en la realización incorrecta de los tratamientos térmicos.