

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kĩ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

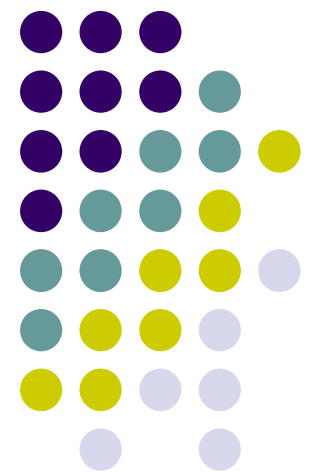
Trao i tr c tuy n t i:

http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html

CÔNG NGHỆ và KHOA HỌC VẬT LI CÔNG NGHỆ

Nguyễn Minh Tuấn

Chương VII
Giới thiệu





Issues to Address

ISSUES TO ADDRESS...

When we combine two elements, what equilibrium state do we get?

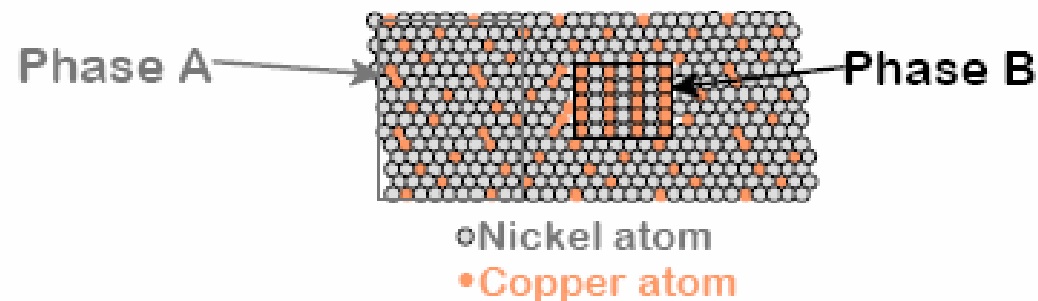
In particular, pick

- a composition (e.g., wt%Cu-wt%Ni)
- a temperature (T)

How many phases do we get?

What is:

- the weight fraction of each phase (e.g., wt%A-wt%B)?
- the composition (e.g., wt%Cu-wt%Ni) of each phase?





Mục Ích

- Nghiên cứu *các trạng thái cân bằng khả dĩ* của hai nguyên tố khi chúng được kết hợp với nhau
 - Tỷ lệ thành phần (được xác định theo phần trăm về khối lượng)
 - Nhiệt độ (T)
- Có bao nhiêu pha
 - Tỷ lệ phần trăm về khối lượng của mỗi pha
 - Thành phần của mỗi pha
- Biểu thị mối quan hệ giữa các biến trạng thái (phase diagrams) r t quan trọng khi x lý nhi t v t li u
- Nhi u tính ch t c a v t li u ph thu c vào vi c u trúc và vào cách th c x lý nhi t
- H u h t các gi n pha th hi n các tr ng thái và các vi c u trúc cân b ng, t ó ng i ta dùng chúng nghiên c u các tính ch t và các vi c u trúc không cân b ng



nh nghĩa và khái niệm

Hu h t các h h p kim kim lo i, g m s , polymer và composite u là các h không ng nh t

- **Pha** c nh nghĩa là ph n ng nh t c a m th có các c tr ng hóa và v t lý gi ng nh nhau

- M i v t li u tinh khi t u c xem là m t pha

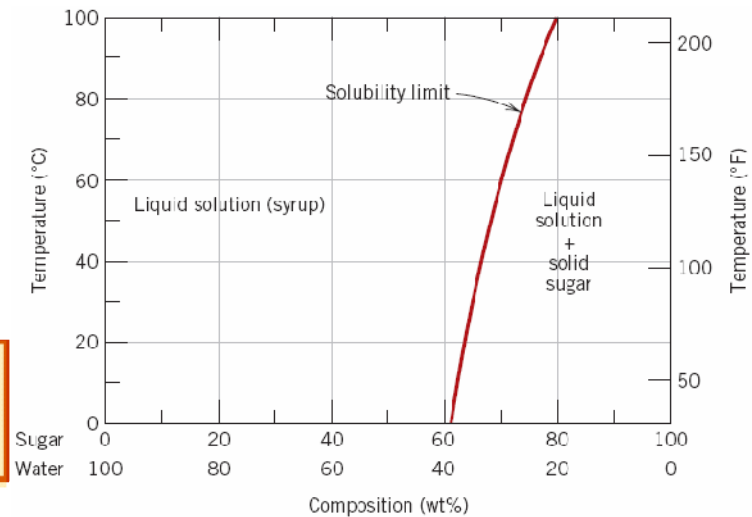
- Pha dung d ch r n, pha dung d ch l ng và pha dung d ch khí

- Dung d ch n c ng là m t pha
- ng tr ng thái tinh khi t th r n c ng là m t pha

Hai pha khác nhau → có các tính chất hóa học và vật lý khác nhau

- **H n pha** c g i là h ng nh t

- H có 2 ho c nhi u h n 2 pha g i là h g i là *h tr n l n* ho c *h khác th* hay là *không ng nh t*





Giới hạn hòa tan

- Là **ngưỡng** **critical** **concentration** trong dung dịch

- Ví dụ xác định giới hạn hòa tan ở 20°C của đường trong nước là 65% nghĩa là vkh i l ng ng

- Nếu $C_0 < 65\%$ vkh i l ng: là dung dịch syrup
- Nếu $C_0 > 65\%$ vkh i l ng: là dung dịch syrup c ng v i ng

The Solubility Limit

- Max. concentration for which only a solution occurs. **ngưỡng giới hạn hòa tan**

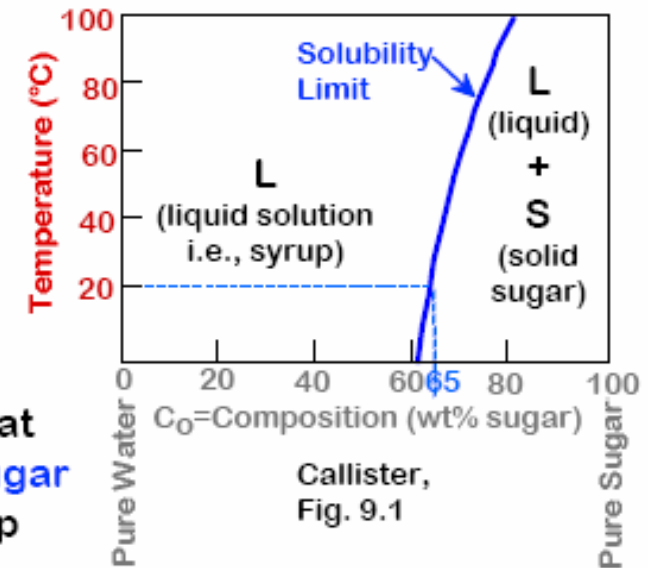
Phase Diagram: Water-Sugar System

Example:

- What is the solubility limit at **20°C**? Answer: **65wt% sugar**
- if $C_0 < 65\text{wt}\%$ sugar: syrup
- if $C_0 > 65\text{wt}\%$ sugar: syrup + sugar

Solubility limit increases with T

- e.g., if $T = 100^\circ\text{C}$, solubility limit = **80wt% sugar**





Thành phần và Pha

Components and Phases

- **Thành phần**

- Các nguyên tố hay hợp chất được trộn lẫn với nhau

- **Pha**

- Những vùng vật liệu có các tính chất hóa học và vật lý khác biệt nhau

- Hợp kim nhôm gồm 2 pha: pha β màu sáng và pha α màu tối

- **Components:**

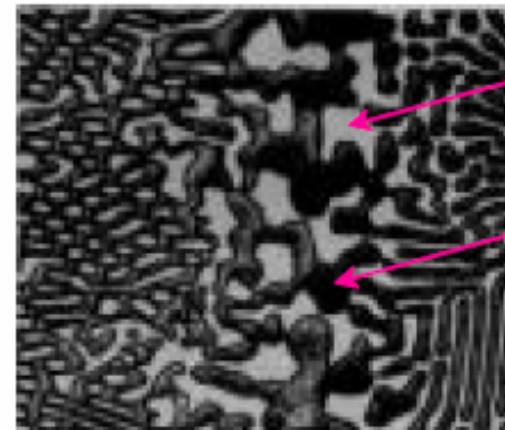
The elements or compounds which are mixed initially (e.g., Al and Cu)

- **Phases:**

The physically and chemically distinct material regions that result (e.g., α and β).

Aluminum-Copper Alloy

Callister, Fig. 9.0 3rd ed.



β (lighter phase)

α (darker phase)





Nhiệt và Thành phần

Effect of T, Composition (C_0)

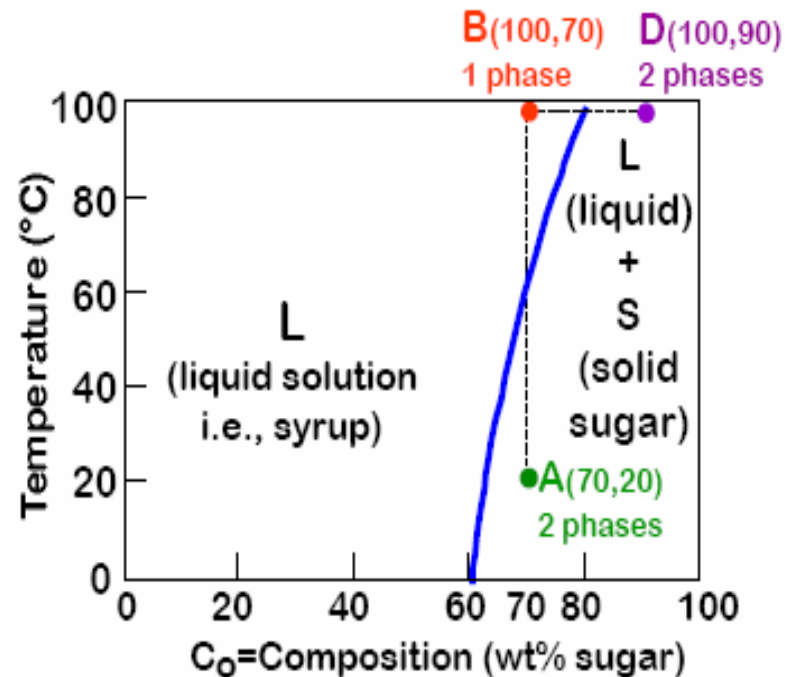
- Sự thay đổi nhiệt độ dẫn đến chuyển pha các pha (từ A tới B)
- Ví dụ thay đổi thành phần (nồng độ) C_0 dẫn đến chuyển pha các pha (từ B tới D)

- Changing T can change # of phases: path A to B
- Changing C_0 can change # of phases: path B to D

water-sugar system

A: 20°C, 70%
 B: 100°C, 70%
 D: 100°C, 90%

ng – 2 pha
 ng – 1 pha
 ng – 2 pha





Vi cấu trúc

- **Vi cấu trúc** (*microstructure*) là tính chất có thể nghiên cứu bằng công cụ hiển vi – hiển vi quang học hoặc hiển vi điện tử
- Trong các hợp kim kim loại, vi cấu trúc quyết định bố cục các pha hiển vi, tổ chức thành phần, sự phân bố và sự tiếp xúc của các pha đó
- Vi cấu trúc của một hợp kim phụ thuộc vào mức độ thay đổi các thành phần trong hợp kim, nồng độ các thành phần và cách thức xử lý nhiệt của hợp kim
 - Ví dụ như nhiệt luyện, thời gian xử lý nhiệt và tốc độ làm nguội mà sự biến đổi nhiệt phòng

Hình chụp bằng kính hiển vi vi cấu trúc của hợp kim chì-thiếc thành phần 1 eutectic. Dung dịch r n pha α giàu chì có màu tối và dung dịch r n pha β giàu thiếc có màu sáng hơn





Cân bằng pha

- **S cân bằng** là khái niệm cơ bản nhất trong nhiệt động lực học
- Nhiệt động do là hàm của nhiệt độ và áp suất, nhiệt độ và áp suất xác định một trạng thái hoặc phân bố tự nhiên của các nguyên tử hoặc phân tử
 - Khi nhiệt độ, áp suất, thành phần của hệ thay đổi dần dần làm cho nhiệt động lực học → làm cho hệ chuyển sang một trạng thái khác sao cho nhiệt động lực học trở nên thấp hơn



Một hệ là cân bằng nhiệt động lực học do các tính chất vĩ mô không thay đổi theo thời gian và có thể xác định

- Các tính chất của hệ không thay đổi theo thời gian và có thể coi là cân bằng
- Sự cân bằng pha xác định cho một hệ phân tử bất biến theo thời gian với các tính chất vật lý của hệ



Gi n pha cân b ng

Equilibrium Phase Diagrams

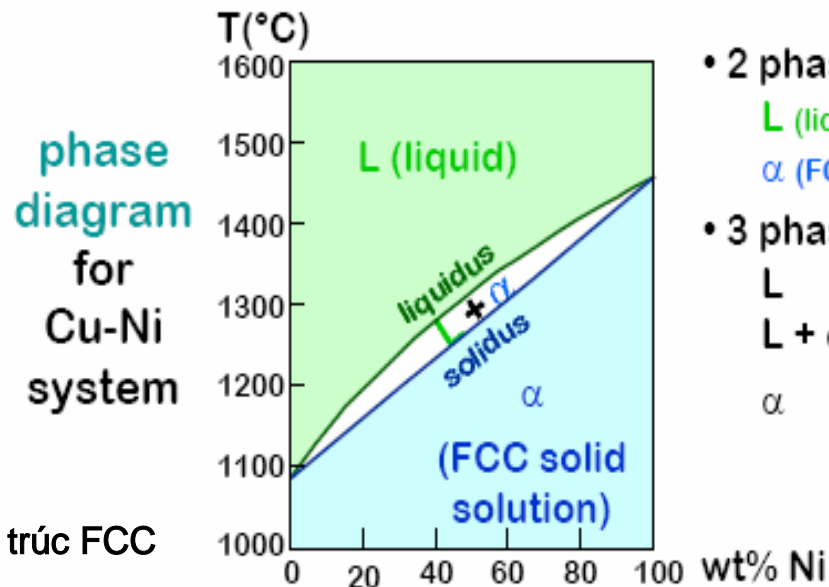
- Cho bi t thông tin v các pha trong s ph thu c hàm s theo nhi t T , t l thành ph n C_0 và áp su t P

- Th ng là h hai thành ph n v i hai thông s c l p là nhi t T và t l thành ph n C_0 (coi áp su t không i là 1atm)

- Pha l ng **L**
- Pha α dung d ch r n c u trúc FCC
- Pha **L+ α**

Phase Diagrams

- Information about phases as function of T , C_0 , P
- For this course:
 - binary systems: just 2 components
 - independent variables: T and C_0 ($P = 1\text{atm}$ is always used)





Gi n pha cân b ng

Equilibrium Phase Diagrams

- **Quy t c 1:** Cho bi t nhi t T , t l thành ph n $C_0 \rightarrow$ xác nh c s l ng các pha và lo i pha

- Ví d : Bi t nhi t và thành ph n t i các i m **A** và **B** trên gi n pha \rightarrow xác nh c s l ng pha và lo i pha

A (1100°C, 60% Ni): 1 pha α

B (1250°C, 35% Ni): 2 pha $L + \alpha$

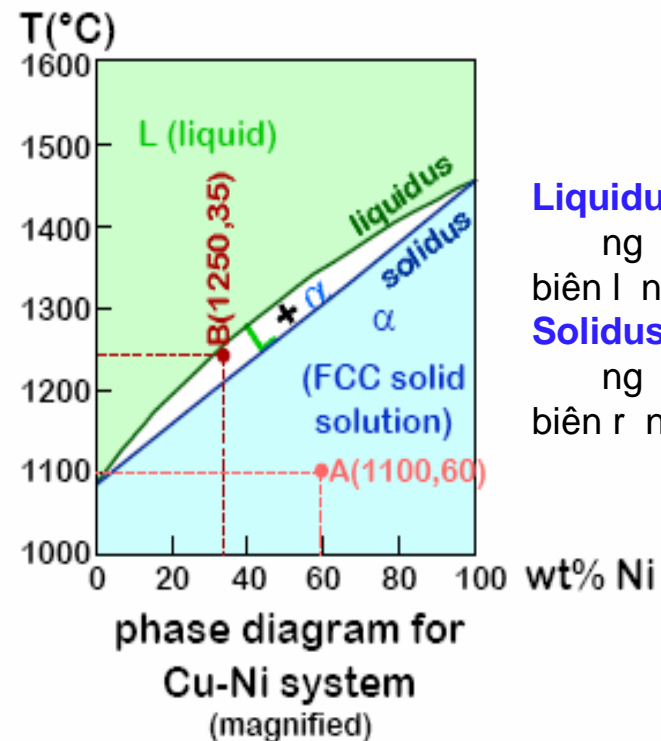
Phase Diagrams: # and Types of Phases

- **RULE #1:** If we know T and C_0 , then we know: the # and types of phases present.

Examples:

A(1100, 60):
1 phase: α

B(1250, 35):
2 phases: $L + \alpha$



Liquidus:
ng biên l ng
Solidus:
ng biên r n



Gi n pha cân b ng

Equilibrium Phase Diagrams

- **Quy t c 2:** Cho bi t nhi t T , t l thành ph n $C_0 \rightarrow$ xác nh c t l thành ph n c a m i pha
- Ví d : Gi s có t l thành ph n C_0 , nhi t T_A ch có pha l ng L, T_D ch có pha r n $\alpha \rightarrow$ t i T_B có c pha r n α và pha l ng L



Phase Diagrams: Composition of Phases

• **Rule#2:** If we know T and C_0 , then we know: the composition of each phase.

• **Examples:** Assume

$C_0 = 35\text{wt}\% \text{Ni}$

At T_A :

Only Liquid (L)

$C_L = C_0 (= 35\text{wt}\% \text{Ni})$

At T_D :

Only Solid (α)

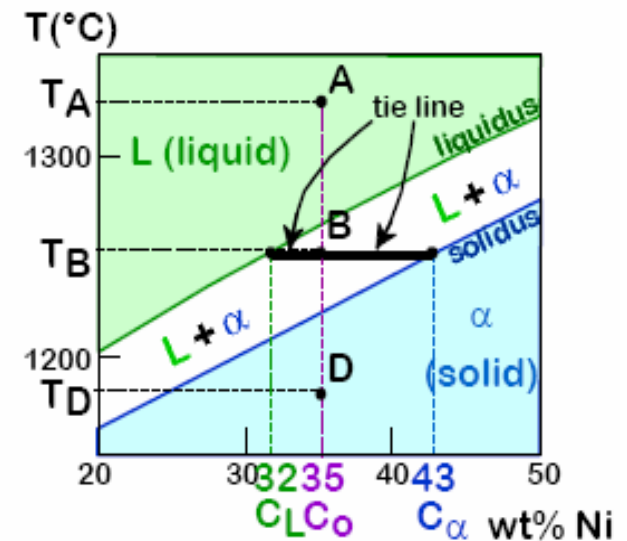
$C_\alpha = C_0 (= 35\text{wt}\% \text{Ni})$

At T_B :

Both α and L

$C_L = C_{\text{liquidus}} (= 32\text{wt}\% \text{Ni here})$

$C_\alpha = C_{\text{solidus}} (= 43\text{wt}\% \text{Ni here})$





Gi n pha cân b ng

Equilibrium Phase Diagrams

T l ph n tr m v kh i l ng

- **Quy t c 3:** Cho bi t nhi t T , t l thành ph n $C_0 \rightarrow$ xác nh c thành ph n nh l ng c a m i pha theo % v kh i l ng

- Ví d : Gi s t i C_0 là 35% Ni. T i T_B có c pha r n α và pha l ng L

73% thành ph n kh i l ng là pha l ng và 27% thành ph n kh i l ng là pha r n α

Phase Diagrams: Weight Fractions of Phases

- **Rule#3:** If we know T and C_0 , then we know: the amount of each phase (given in weight %)

- **Examples:** Assume $C_0 = 35\text{wt}\% \text{Ni}$

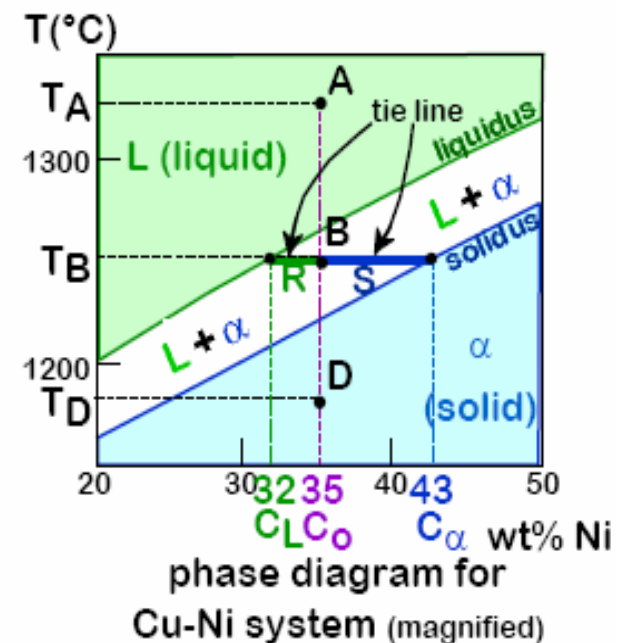
At T_A : Only Liquid (L)
 $W_L = 100\text{wt}\%$, $W_\alpha = 0$

At T_D : Only Solid (α)
 $W_L = 0$, $W_\alpha = 100\text{wt}\%$

At T_B : Both α and L

$$W_L = \frac{S}{R+S} = \frac{43 - 35}{43 - 32} = 73\text{wt}\%$$

$$W_\alpha = \frac{R}{R+S} = 27\text{wt}\%$$



THE "LEVER RULE" Quy t c "òn cân cân b ng"





Quy tắc đòn cân cân bằng

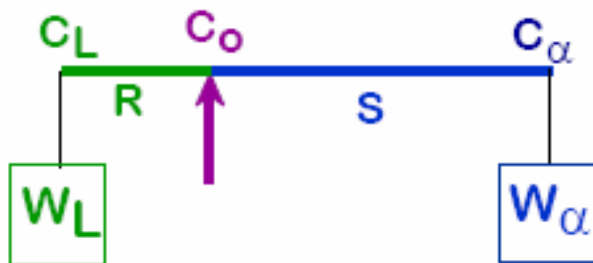
The Lever Rule: A Proof

- Sum of weight fractions: $W_L + W_\alpha = 1$
- Conservation of mass (Ni): $C_O = W_L C_L + W_\alpha C_\alpha$
- Combine above equations:

$$W_L = \frac{C_\alpha - C_O}{C_\alpha - C_L} = \frac{S}{R+S}$$

$$W_\alpha = \frac{C_O - C_L}{C_\alpha - C_L} = \frac{R}{R+S}$$

- A geometric interpretation:



moment equilibrium:

$$W_L R = W_\alpha S$$

solving gives Lever Rule

❖ Nguyên tắc

- Tổng các tỉ lệ phần trăm v thành phần pha = 1
- Bảo toàn v khối lượng
- → Kết hợp các phương trình



Quy tắc trộn cân bằng

- Với hợp kim gồm nhiều pha, thu nhận thông tin về thành phần xác định bằng phương pháp phân tích thay cho thể tích phần trăm khối lượng
- Hợp kim gồm các pha α và β , thể tích phần trăm các pha α là V_α xác định bằng

$$V_\alpha = \frac{v_\alpha}{v_\alpha + v_\beta}$$

trong đó v_α và v_β là các thể tích của các pha α và β trong hợp kim

- Hợp kim 2 pha $\rightarrow V_\alpha + V_\beta = 1$

- Chuyển thể tích phần trăm về khối lượng bằng phương pháp phân tích như sau

$$V_\alpha = \frac{\frac{W_\alpha}{\rho_\alpha}}{\frac{W_\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{W_\beta}{\rho_\beta}} \quad V_\beta = \frac{\frac{W_\beta}{\rho_\beta}}{\frac{W_\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{W_\beta}{\rho_\beta}}$$

- Và chuyển đổi công thức

$$W_\alpha = \frac{V_\alpha \rho_\alpha}{V_\alpha \rho_\alpha + V_\beta \rho_\beta} \quad W_\beta = \frac{V_\beta \rho_\beta}{V_\alpha \rho_\alpha + V_\beta \rho_\beta}$$

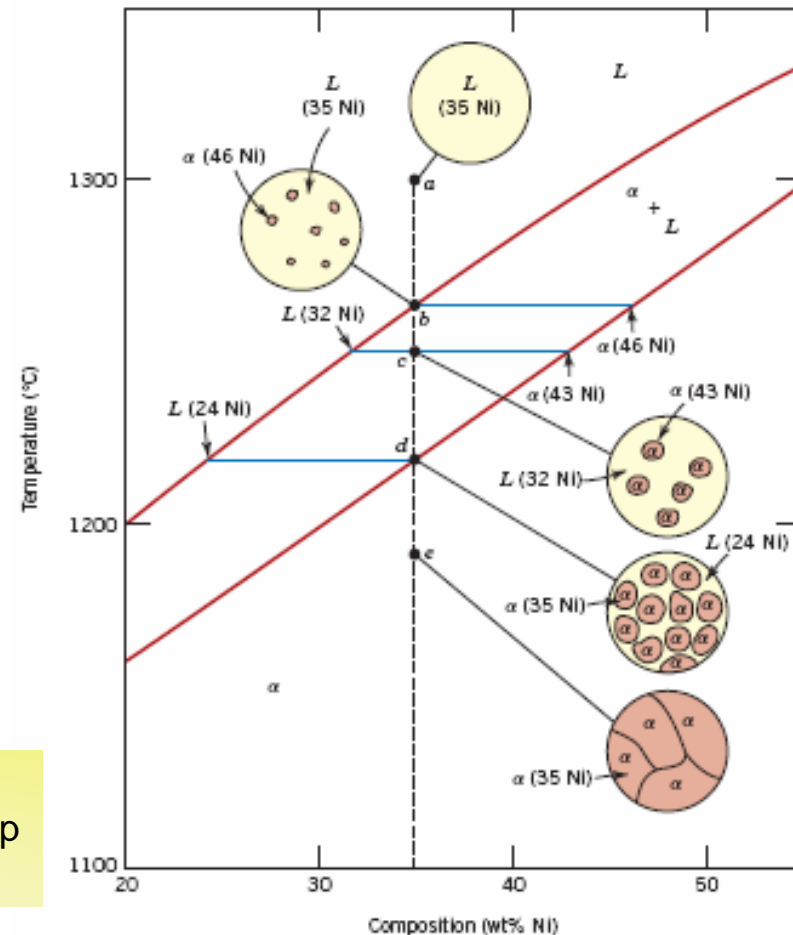
trong đó ρ_α và ρ_β là mật độ của các pha α và β xác định theo 4.10a và 4.10b



Sự phát triển của Vi cấu trúc

- Sự phát triển của vi cấu trúc trong hợp kim đồng hình (*isomorphous*)
- Quá trình làm nguội cân bằng
 - Là quá trình làm nguội *irrtchm*, sự cân bằng pha duy trì liên tục
 - Sản phẩm của sự chuyển pha do làm nguội cân bằng không có sự biến vi cấu trúc hoặc là thành phần l

Sự phát triển của vi cấu trúc trong quá trình tổ hợp rắn không cân bằng của hợp kim 35% Ni và 65% đồng vì khi l

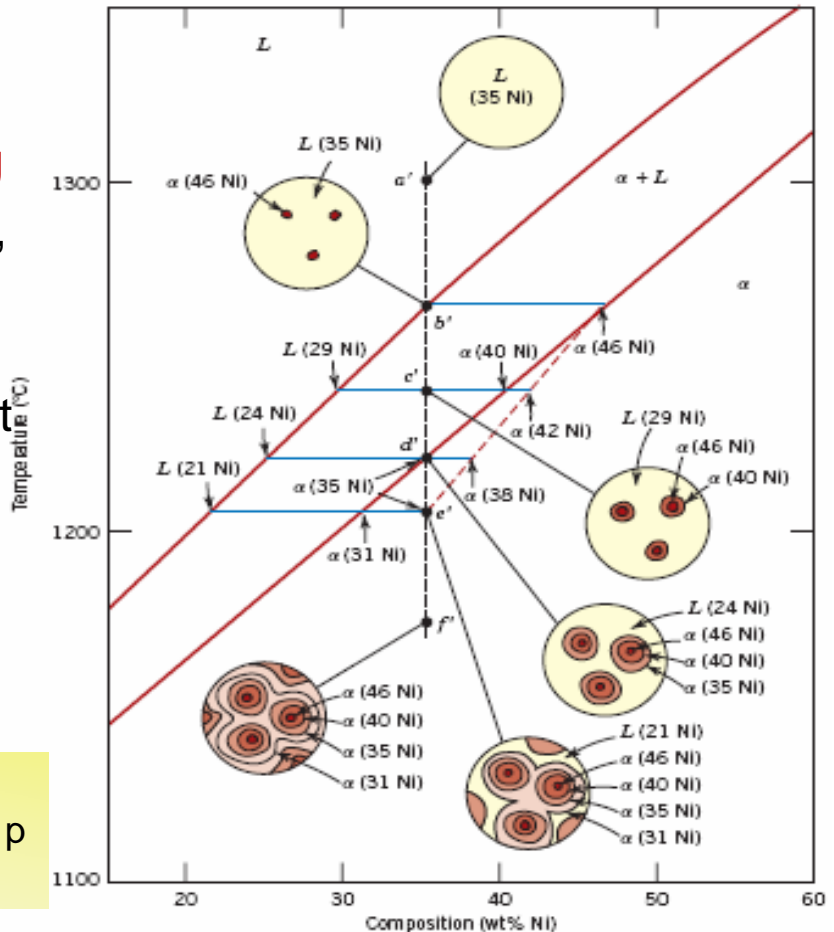




Sự phát triển của Vi cấu trúc

- Sự phát triển của vi cấu trúc trong hợp kim đồng hình (*isomorphous*)
- Quá trình làm nguội không cân bằng
 - Là quá trình làm nguội rất nhanh, tốc độ nguội vượt quá khả năng khuếch tán và duy trì sự cân bằng
 - Vi cấu trúc có sự biến đổi và phát triển
 - xảy ra quá trình khuếch tán nguyên tử do nên các hạt nhỏ hình thành thành phần

Sự phát triển của vi cấu trúc trong quá trình tôi pha rắn không cân bằng của hợp kim 35% Ni và 65% đồng về nhiệt độ





Sự phát triển của Vi cấu trúc

Cored vs Equil. Solid Phases

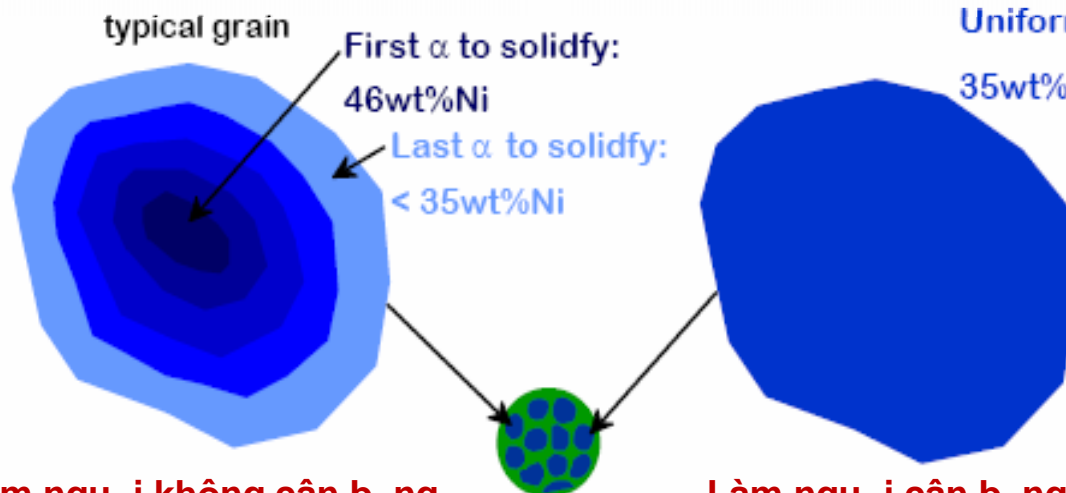
- C_{α} changes as we solidify

Cu-Ni case: First α to solidify has $C_{\alpha} = 46\text{wt}\%Ni$

Last α to solidify has $C_{\alpha} = 35\text{wt}\%Ni$

Fast rate of cooling:
Cored structure

Slow rate of cooling:
Equilibrium structure



Làm nguội không cân bằng

Làm nguội cân bằng



- Phụ thuộc vào tốc độ làm nguội hình thành kim
- Nguyên nhân thay đổi khi chuyển sang pha rắn
- Ngược lại, pha α chuyển sang rắn khi $C_{\alpha} = 46\% Ni$ và ngược lại, pha α chuyển sang rắn khi $C_{\alpha} = 35\% Ni$



Ví dụ

Example: Cooling in a Cu-Ni Binary

Phase diagram:
Cu-Ni system

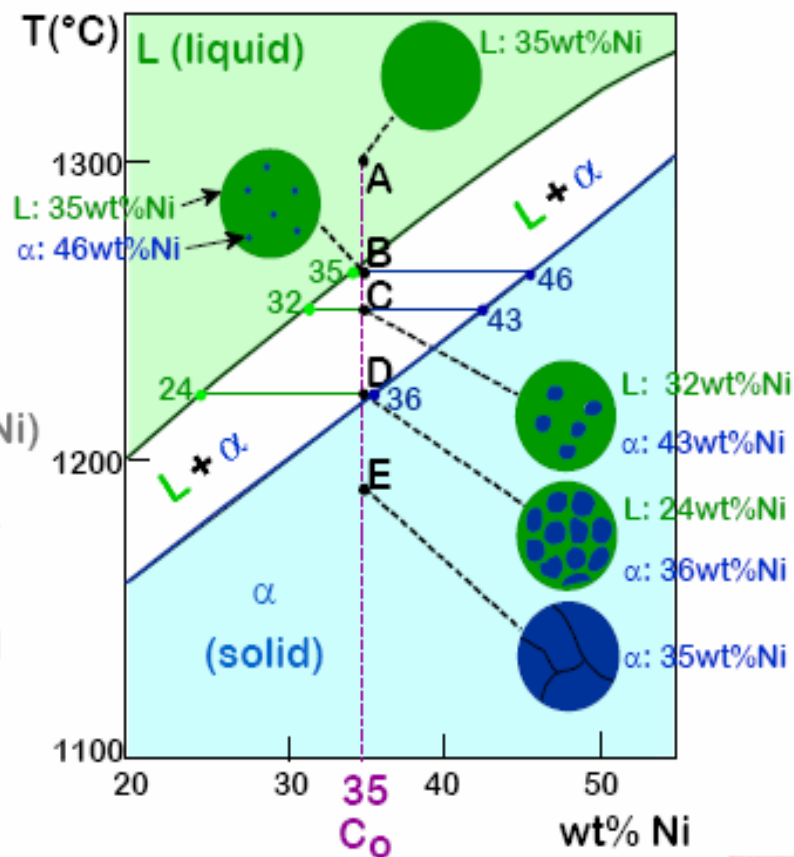
System is:

-binary

(2 components: Cu & Ni)

-isomorphous

(complete solubility of one component in another: α phase field extends from 0 to 100wt% Ni)



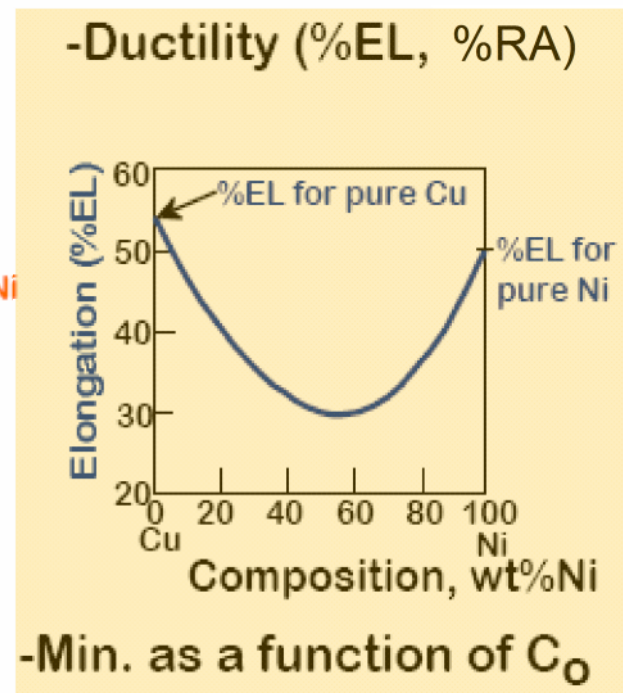
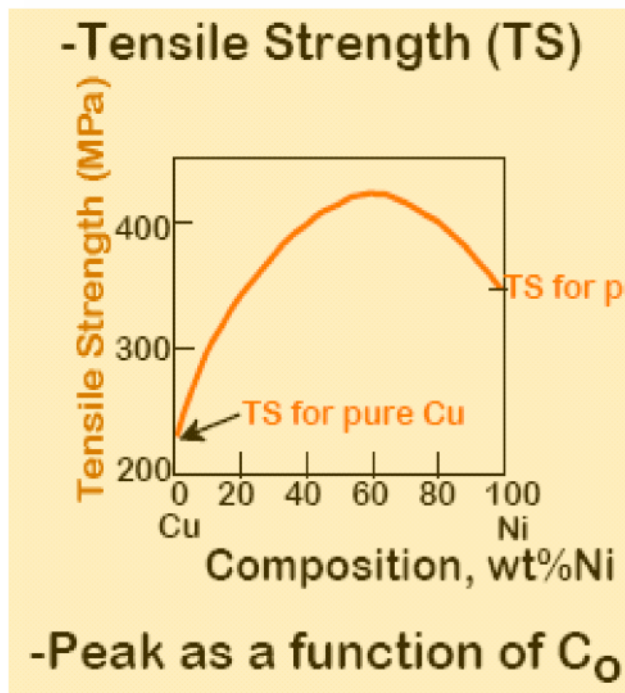
- Quá trình làm nguội hỗn hợp kim 2 thành phần Cu-Ni
- Hỗn hợp có **2 thành phần** Cu và Ni là **ngành hình** (hòa tan hoàn toàn vào nhau), vùng pha α trải rộng từ 0% đến 100% Ni thành phần phần trăm về khối lượng



C tính c a h Cu-Ni

Mechanical Properties: Cu-Ni System

- Effect of solid solution strengthening on:



- nh h ñng c a thành ph ñn t l c a dung d ch r ñn t i b ñ kéo TS và b ñ ch y $\%EL$
- Giá tr c c tr c a b ñ kéo TS và b ñ ch y $\%EL$ là hàm c a ñ ñg C_0



H Eutectic 2 thành phần

Binary-Eutectic Systems

2 components

there is a special C_0 with a min. melting T

Có 1 thành phần có
biệt C_0 trong hợp kim
với nhiệt nóng chảy
T là cực tiểu

- Có 3 vùng pha trong hệ 2 thành phần: pha rắn α , pha rắn β và pha lỏng L

- Pha α là dung dịch rắn giàu đồng Cu

với thành phần hòa tan là bạc Ag có cấu trúc FCC

- Dung dịch rắn pha β giàu đồng Cu và bạc Ag tinh khiết

Ex.: Cu-Ag system

- 3 single phase regions (L, α , β)

- Limited solubility:

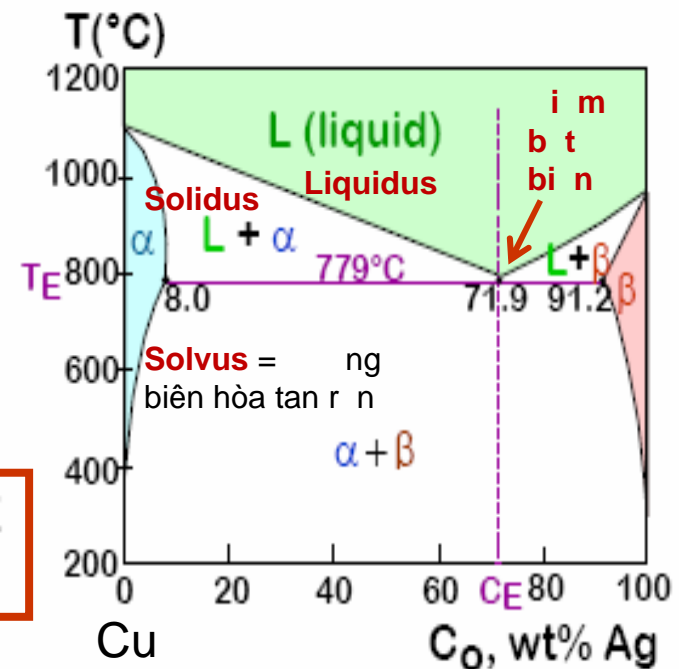
α : mostly Cu

β : mostly Ag

- T_E : No liquid below T_E

- C_E : Min. melting T

...





H Eutectic 2 thành phần

Binary-Eutectic Systems

2 components

there is a special C_0 with a min. melting T

Có 1 thành phần có
biệt C_0 trong hợp kim
và nhiệt nóng chảy
 T là cực tiểu

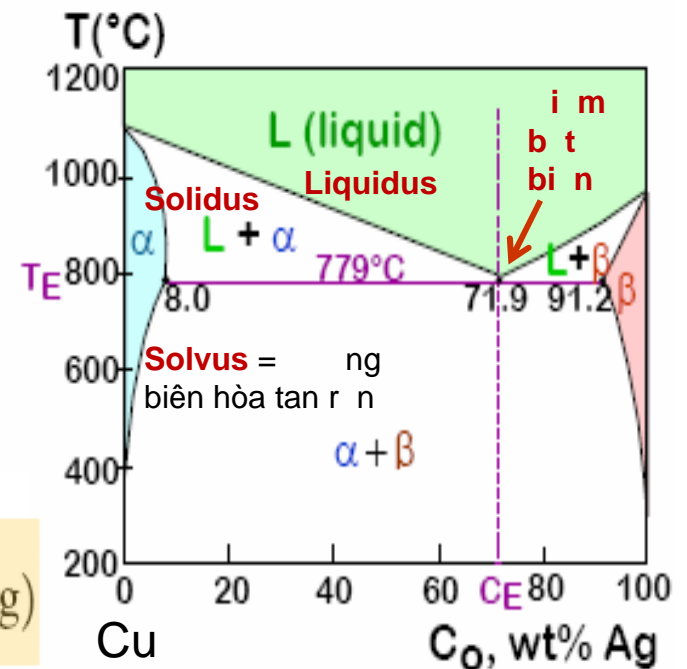
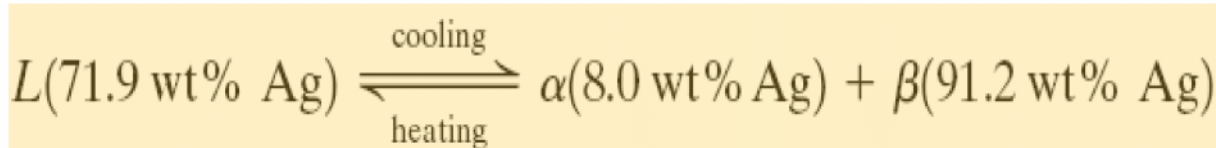
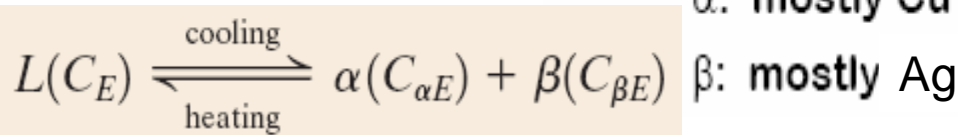
- Có 3 vùng pha trong hệ 2 thành phần: pha rắn α , pha rắn β và pha lỏng L

- Có phần ng quan Ex.: Cu-Ag system trong hợp kim

1 thành phần
 C_E là khi thay đổi
nhiệt độ qua T_E

- 3 single phase regions (L, α , β)

- Limited solubility:
 α : mostly Cu
 β : mostly Ag





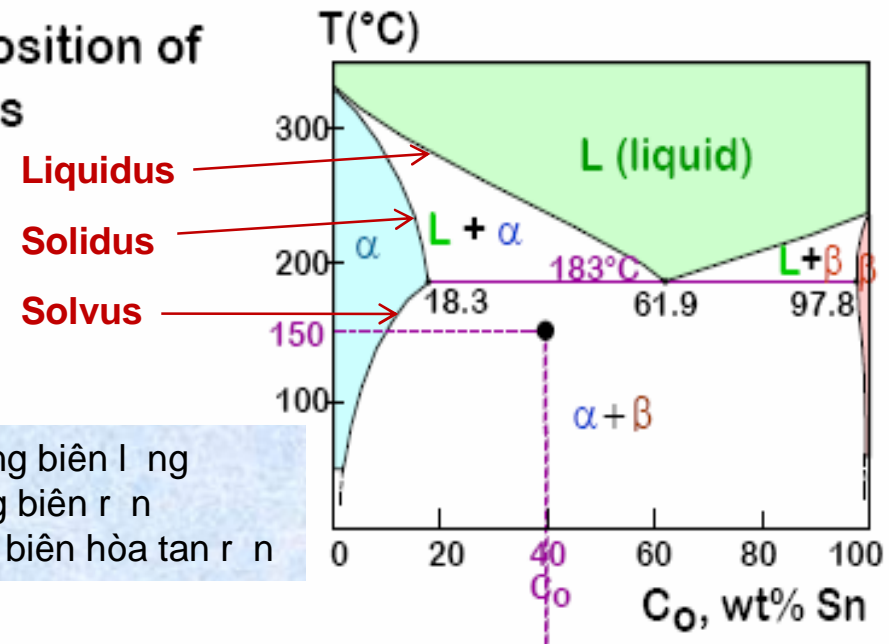
H Eutectic 2 thành phần

Ex: Pb-Sn Eutectic System

- Trên giấy nháp vẽ hệ đồ thị pha kim có 40% thiếc – 60% chì ở 150°C
- Có 2 pha rắn trong hệ nháp là $\alpha + \beta$
- Tỉ lệ thành phần của các pha eutectic
 - $T_E = 183^\circ\text{C}$
 - $C_E = 61.9\% \text{ Sn}$

For a 40wt%Sn-60wt%Pb alloy at 150°C, find...

- the phases present: $\alpha + \beta$
- the composition of the phases



- **Liquidus:** đường biên lỏng
- **Solidus:** đường biên rắn
- **Solvus:** đường biên hòa tan rắn



H Eutectic 2 thành phần

Ex: Pb-Sn Eutectic System

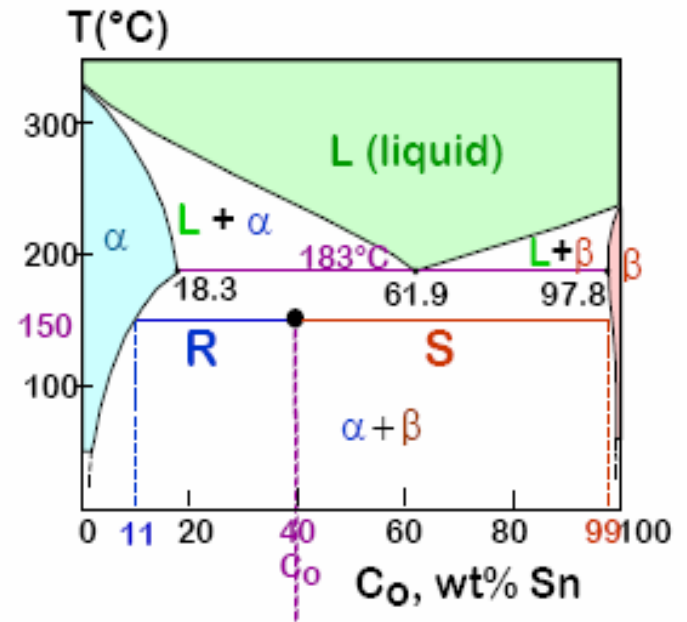
- Trên gi n v i h p kim có 40% thi c – 60% chì 150°C
- Thành ph n các nguyên t theo t l ph n tr m C_α và C_β
- Thành ph n các pha theo t l ph n tr m W_α và W_β

For a 40wt%Sn-60wt%Pb alloy at 150°C, find...

- the phases present: $\alpha + \beta$
- the composition of the phases:
 $C_\alpha = 11\text{wt}\% \text{Sn}$
 $C_\beta = 99\text{wt}\% \text{Sn}$
- the relative amounts of each phase:

$$W_\alpha = \frac{59}{88} = 67\text{wt}\%$$

$$W_\beta = \frac{29}{88} = 33\text{wt}\%$$





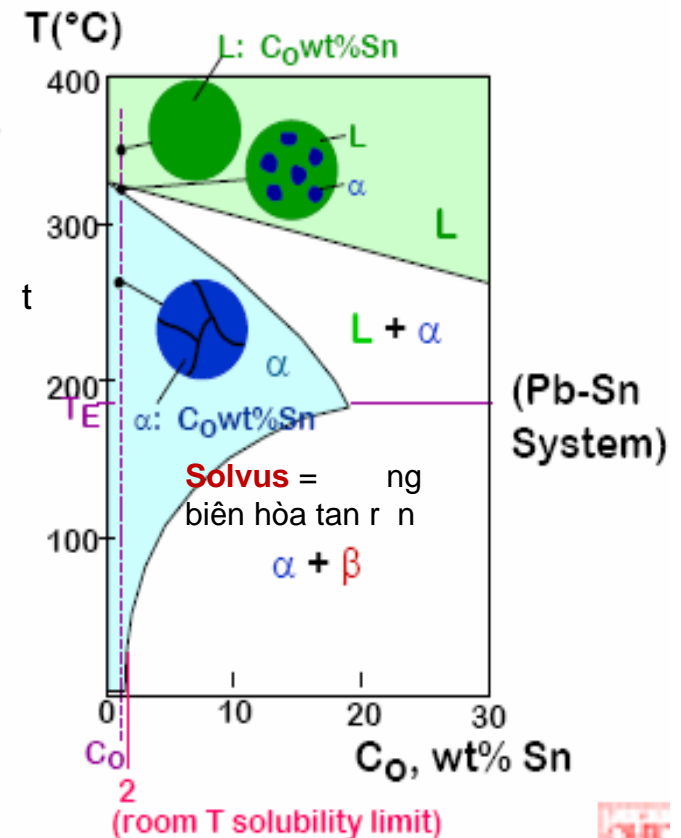
Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

- Xét thành phần tại giới hạn hòa tan rắn của hệ nhị thành phần và hòa tan rắn của hệ nhị thành phần - *solvus*
- Theo thành phần, có thể quan sát các vi cấu trúc khác nhau khi làm nguội chậm hợp kim eutectic có 2 thành phần

Microstructures in Eutectic Systems-I

- $C_0 < 2\text{wt}\% \text{Sn}$
- Result: Polycrystal of α grains
- ❖ **Giới hạn hòa tan Pb - Sn**
 - Thành phần $C_0 < 2\% \text{Sn}$
 - Pha rắn α là tinh thể đồng nhất

Vi cấu trúc cân bằng của hợp kim chì thiếc tại thành phần C_0 khi làm nguội từ vùng pha lỏng $C_0 < 2\% \text{Sn}$





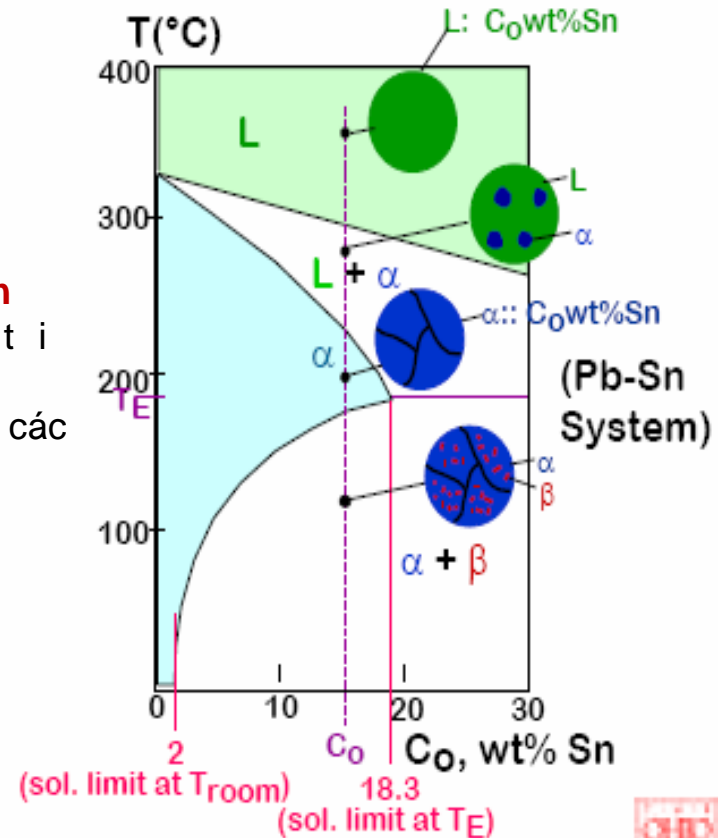
Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

Microstructures in Eutectic Systems-II

- Xét tiết thành phần gần hòa tan r n c c i nhiệt phòng và hòa tan r n c c i nhiệt eutectic T_E
- phía trên ng solvus là các hạt pha α
- phía dưới ng solvus là các hạt pha $\alpha + \beta$

- $2\text{wt}\% \text{Sn} < C_0 < 18.3\text{wt}\% \text{Sn}$
- Result: α polycrystal with fine β crystals

- ❖ **Gិន** **phា** **អ** **Pb-Sn**
 - T thành phần $< 2\%$ thì kết tủa $18,3\%$ thì c
 - Pha r n α a tinh thể g m c các tinh thể pha r n β



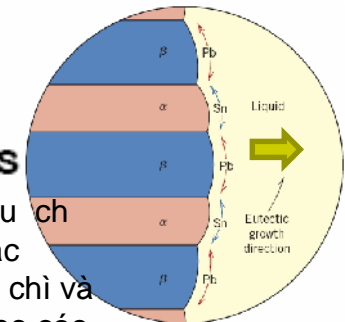


Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

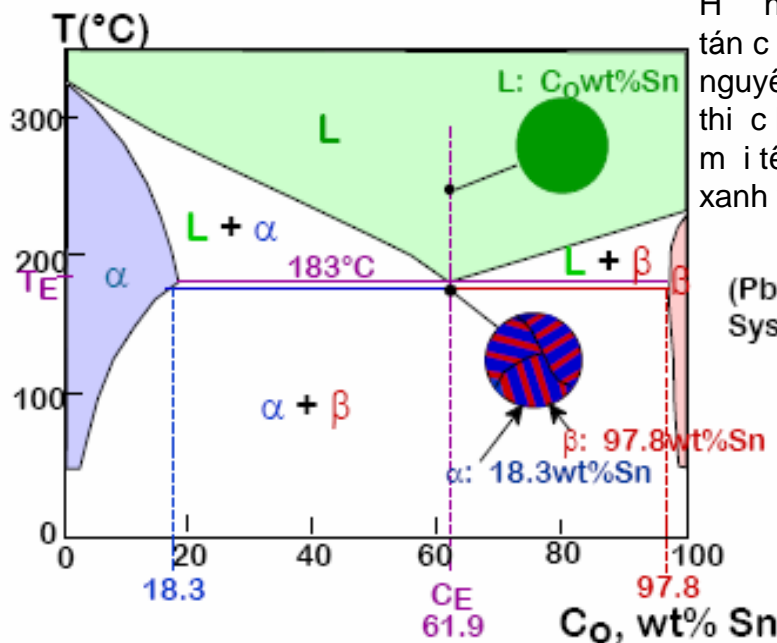
- Xét tiết thành phần tin ng i m eutectic $C_E=61.9\% \text{ Sn}$
- Vi cấu trúc tiết i m eutectic, không có sự thay i v pha cho tiết nhiệt T_E
- Các lớp tinh thể xen kẽ nhau gồm các pha r n α và pha r n β

Microstructures in Eutectic Systems-III

- $C_0 = C_E$
- Result: Eutectic microstructure -alternating layers of α and β crystals



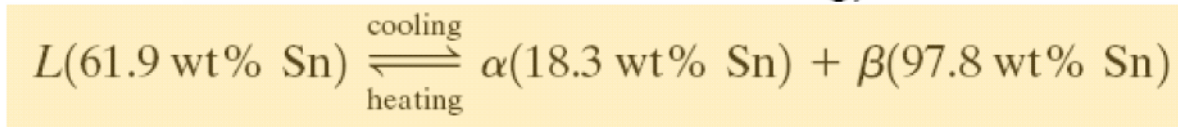
Hàng khuếch tán của các nguyên tử chì và thiếc là theo các mũi tên màu xanh và



Micrograph of Pb-Sn eutectic microstructure



160 μm



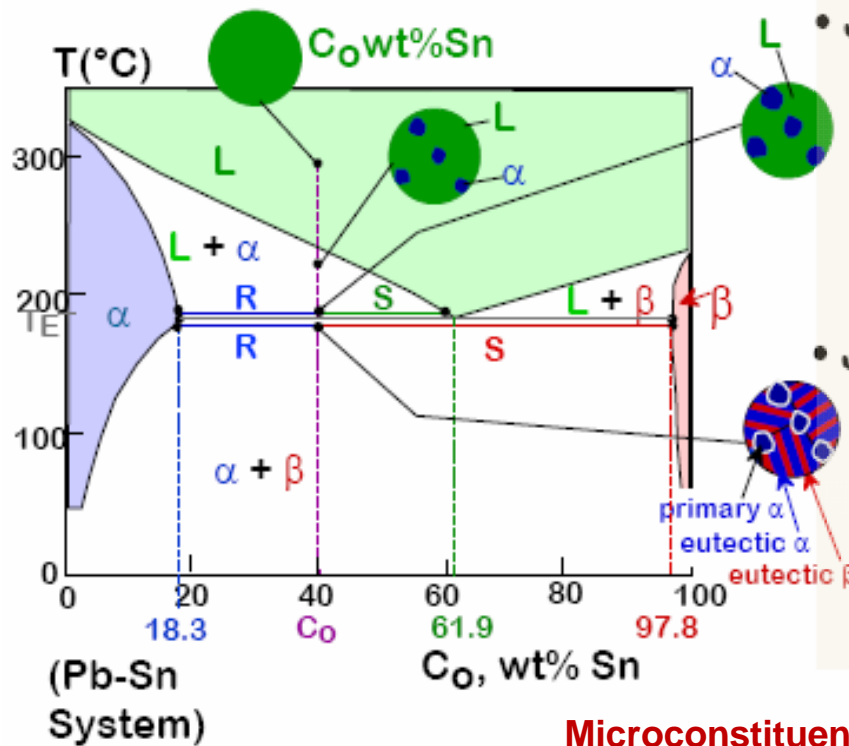


Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

- Xét các trường hợp thành phần ngoài vùng eutectic $18.3\% < C_0 < 61.9\%$ Sn và khi làm nguội nhanh qua vùng eutectic
- Nhà trên là gì? Nguyên nhân hình thành II
- Phân bố vi cấu trúc eutectic - eutectic α và α ban đầu (primary α)

Microstructures in Eutectic Systems-IV

- $18.3\text{wt}\% \text{Sn} < C_0 < 61.9\text{wt}\% \text{Sn}$
- Result: α crystals and a eutectic microstructure



• Just above T_E :

$C_\alpha = 18.3\text{wt}\% \text{Sn}$
 $C_L = 61.9\text{wt}\% \text{Sn}$
 $W_\alpha = \frac{S}{R+S} = 50\text{wt}\%$
 $W_L = (1-W_\alpha) = 50\text{wt}\%$

• Just below T_E :

$C_\alpha = 18.3\text{wt}\% \text{Sn}$
 $C_\beta = 97.8\text{wt}\% \text{Sn}$
 $W_\alpha = \frac{S}{R+S} = 73\text{wt}\%$
 $W_\beta = 27\text{wt}\%$



Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

→ Tỷ lệ phần trăm của vi phần tử eutectic W_e là gì?
 Tỷ lệ phần trăm pha lỏng W_L

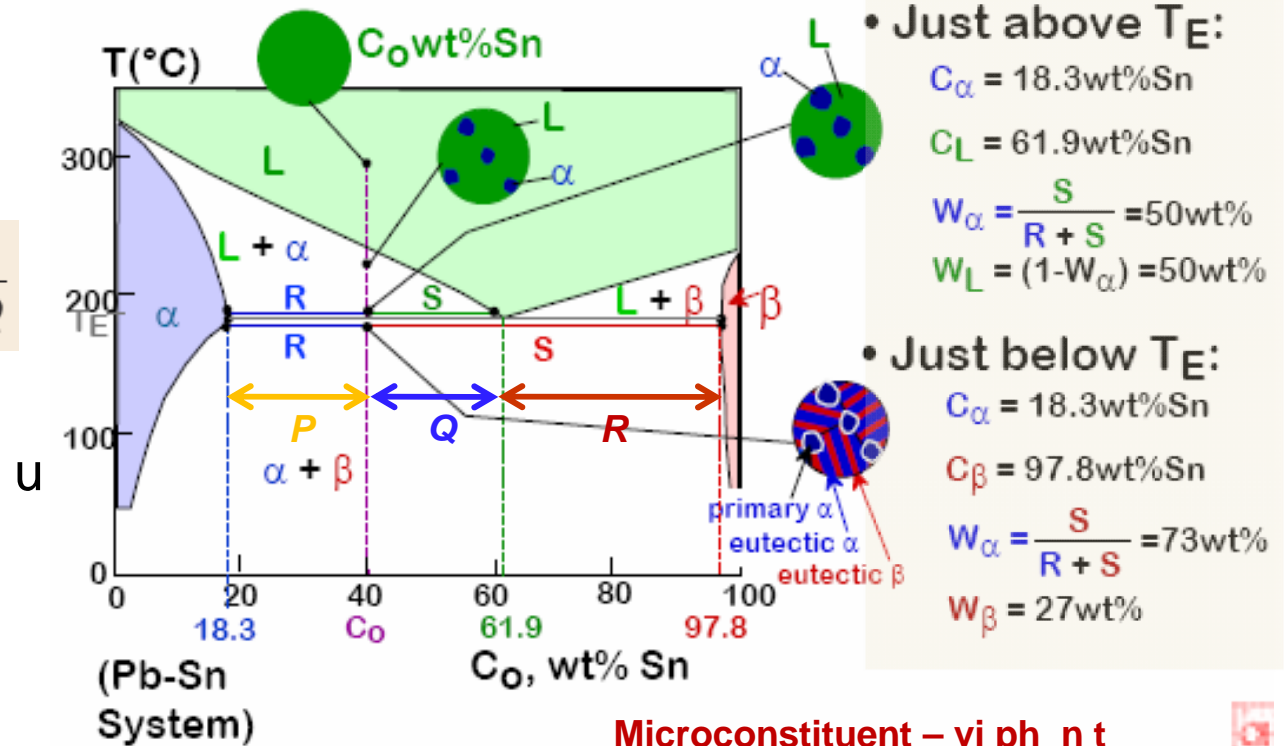
$$W_e = W_L = \frac{P}{P + Q}$$

→ Tỷ lệ phần trăm của pha α ban đầu (primary α) $W_{\alpha'}$

$$W_{\alpha'} = \frac{Q}{P + Q}$$

Microstructures in Eutectic Systems-IV

- $18.3\text{wt}\% \text{Sn} < C_0 < 61.9\text{wt}\% \text{Sn}$
- Result: α crystals and a eutectic microstructure





Vi cấu trúc trong hệ Eutectic

→ Tỉ lệ phần trăm tổng thành phần pha rắn α , W_α

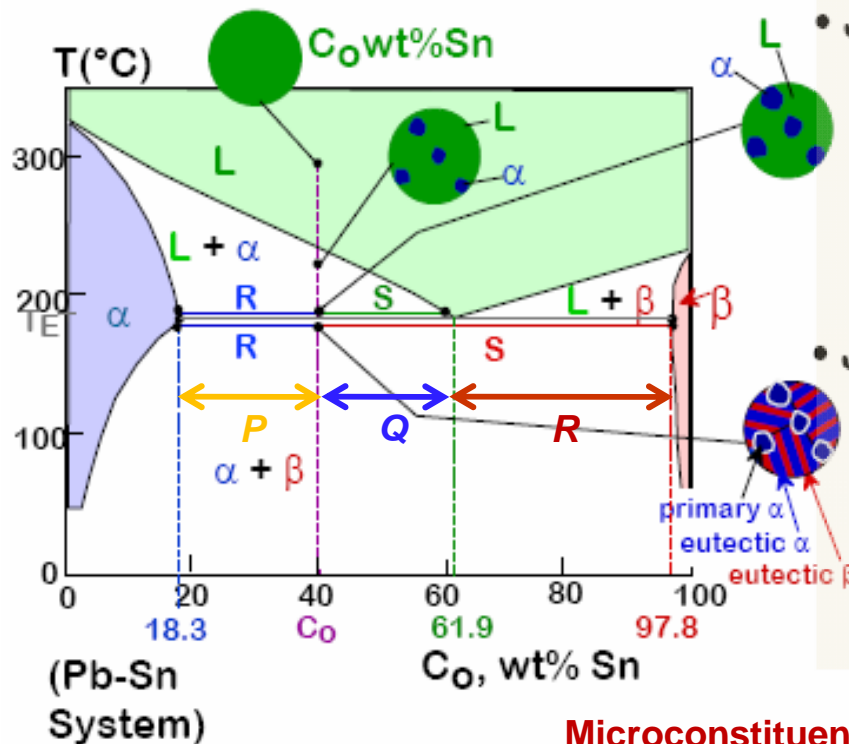
$$W_\alpha = \frac{Q + R}{P + Q + R}$$

→ Tỉ lệ phần trăm tổng thành phần pha rắn β , W_β

$$W_\beta = \frac{P}{P + Q + R}$$

Microstructures in Eutectic Systems-IV

- $18.3\text{wt}\% \text{Sn} < C_0 < 61.9\text{wt}\% \text{Sn}$
- Result: α crystals and a eutectic microstructure



• Just above T_E :

$C_\alpha = 18.3\text{wt}\% \text{Sn}$
 $C_L = 61.9\text{wt}\% \text{Sn}$
 $W_\alpha = \frac{S}{R + S} = 50\text{wt}\%$
 $W_L = (1 - W_\alpha) = 50\text{wt}\%$

• Just below T_E :

$C_\alpha = 18.3\text{wt}\% \text{Sn}$
 $C_\beta = 97.8\text{wt}\% \text{Sn}$
 $W_\alpha = \frac{S}{R + S} = 73\text{wt}\%$
 $W_\beta = 27\text{wt}\%$

Microconstituent – vi ph n t





Hình học kim cương Fe-C

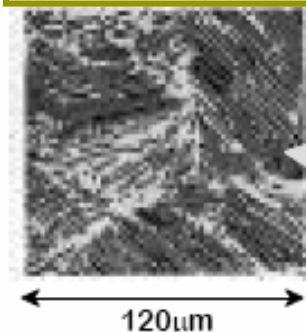
- **Thép và Gang** là trong thành phần quan trọng nhất – có lượng Carbon < 6.7%
- Sự thay đổi cấu trúc tinh thể khi nóng chảy
- Nhiệt độ phòng có pha bền là **Ferrite** (α -Fe) cấu trúc BCC
- Ferrite chuyển hình thái sang FCC **Austenite** (γ -Fe) 912°C
- Austenite duy trì đến 1394°C chuyển thành pha BCC (δ -Fe)

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên
 Khoa Khoa học Vật liệu

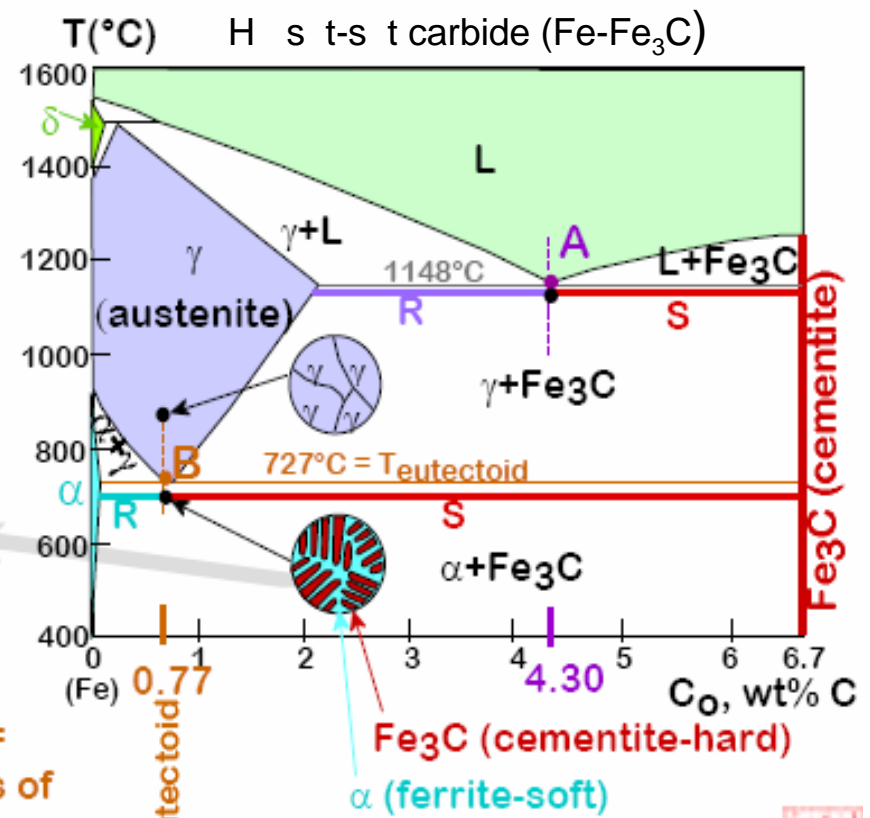
Iron-Carbon (Fe-C) Phase Diagram

2 important points

- Eutectic (A):
 $L \Rightarrow \gamma + Fe_3C$
- Eutectoid (B):
 $\gamma \Rightarrow \alpha + Fe_3C$



Result: Pearlite = alternating layers of α and Fe_3C phases.



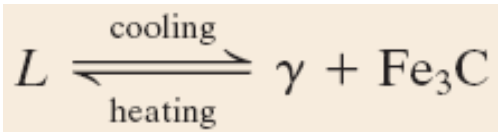
Chú ý: Xét nồng độ C tới 6.7% khi làm nguội hợp kim trung gian sẽ tạo thành carbide **cementite** (Fe_3C) tổ thành



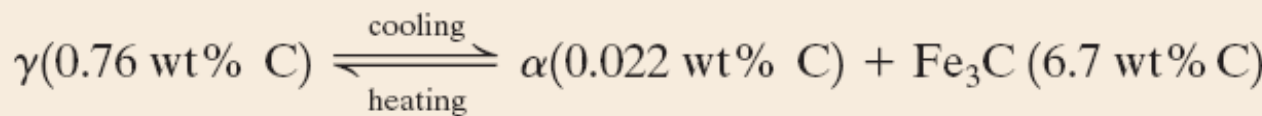
Hình p kim c a Fe-C

Iron-Carbon (Fe-C) Phase Diagram

- Quan h *Eutectic* và *Eutectoid*
- Quá trình x y ra t i i m *eutectic* trong h (Fe-Fe₃C)



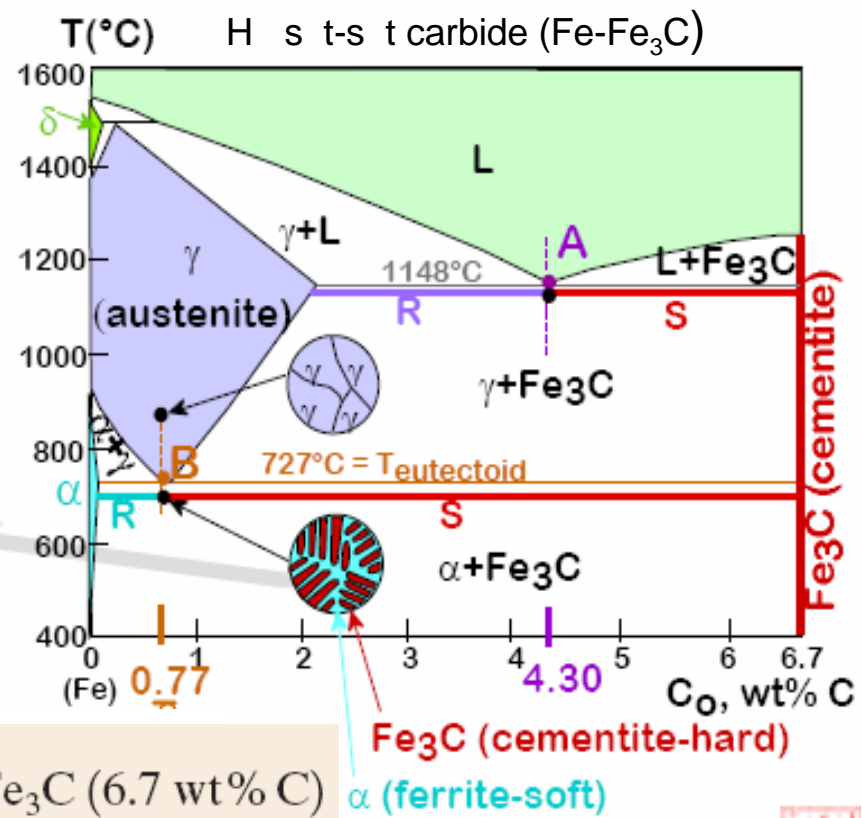
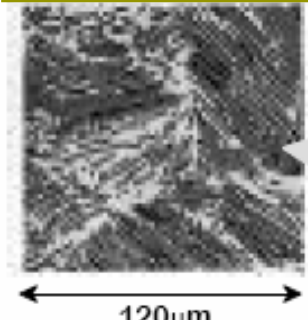
- Quá trình x y ra t i i m *eutectoid* trong h (Fe-Fe₃C)



- 2 important points

-Eutectic (A):
L ⇒ γ + Fe₃C

-Eutectoid (B):
γ ⇒ α + Fe₃C



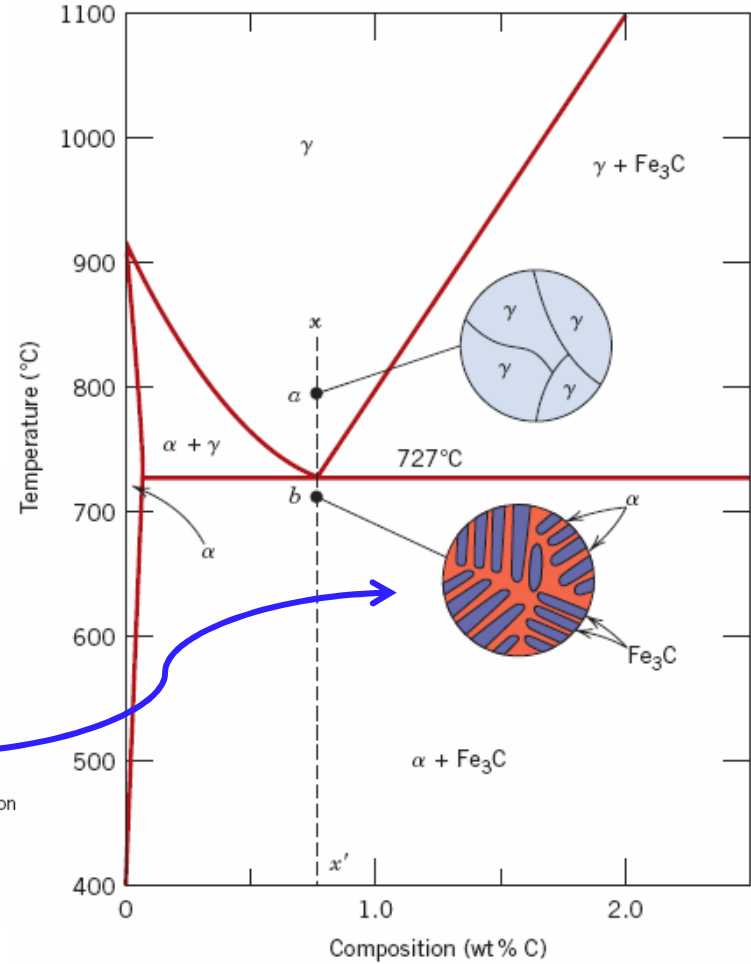
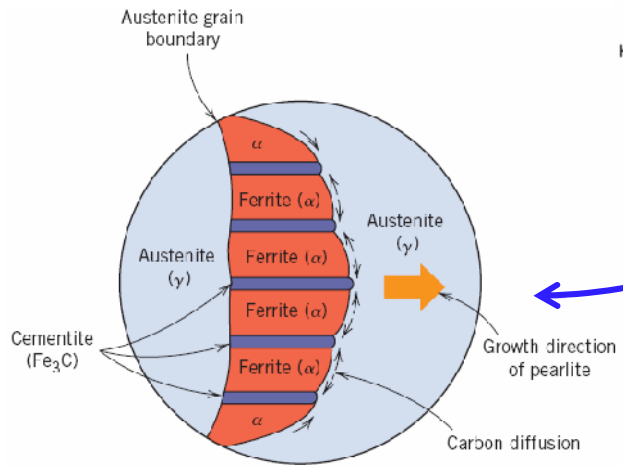


Vi cấu trúc của thép kim Fe-C

- Vi cấu trúc phụ thuộc vào nồng độ carbon và cách xử lý nhiệt
- Quá trình làm nguội chậm
- Vi cấu trúc của thép eutectoid khi làm nguội chậm gồm các lớp pha α và Fe_3C song song nhau khi chuyển pha

○ Vi cấu trúc này gọi là **pearlite**

○ dày các lớp theo tỉ lệ 8/1

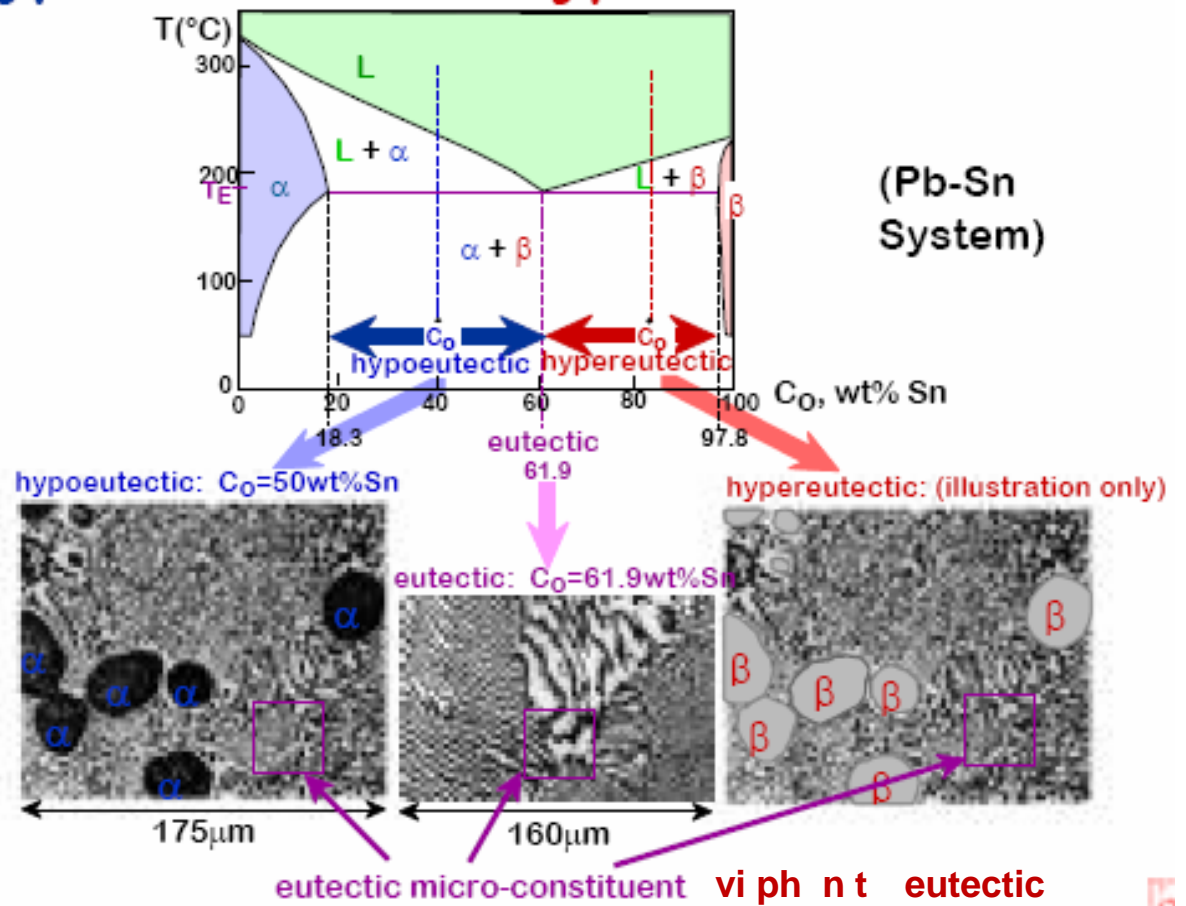




Dị Eutectic và Quá Eutectic

Hypoeutectic and hypereutectic cases

- Các vùng *dị eutectic* và *quá eutectic* nằm ở 2 bên giá trị thành phần phân tử của i m eutectic
- Ví dụ trực khi phân bố theo các vị phân tử eutectic trong ví dụ của hệ Pb-Sn





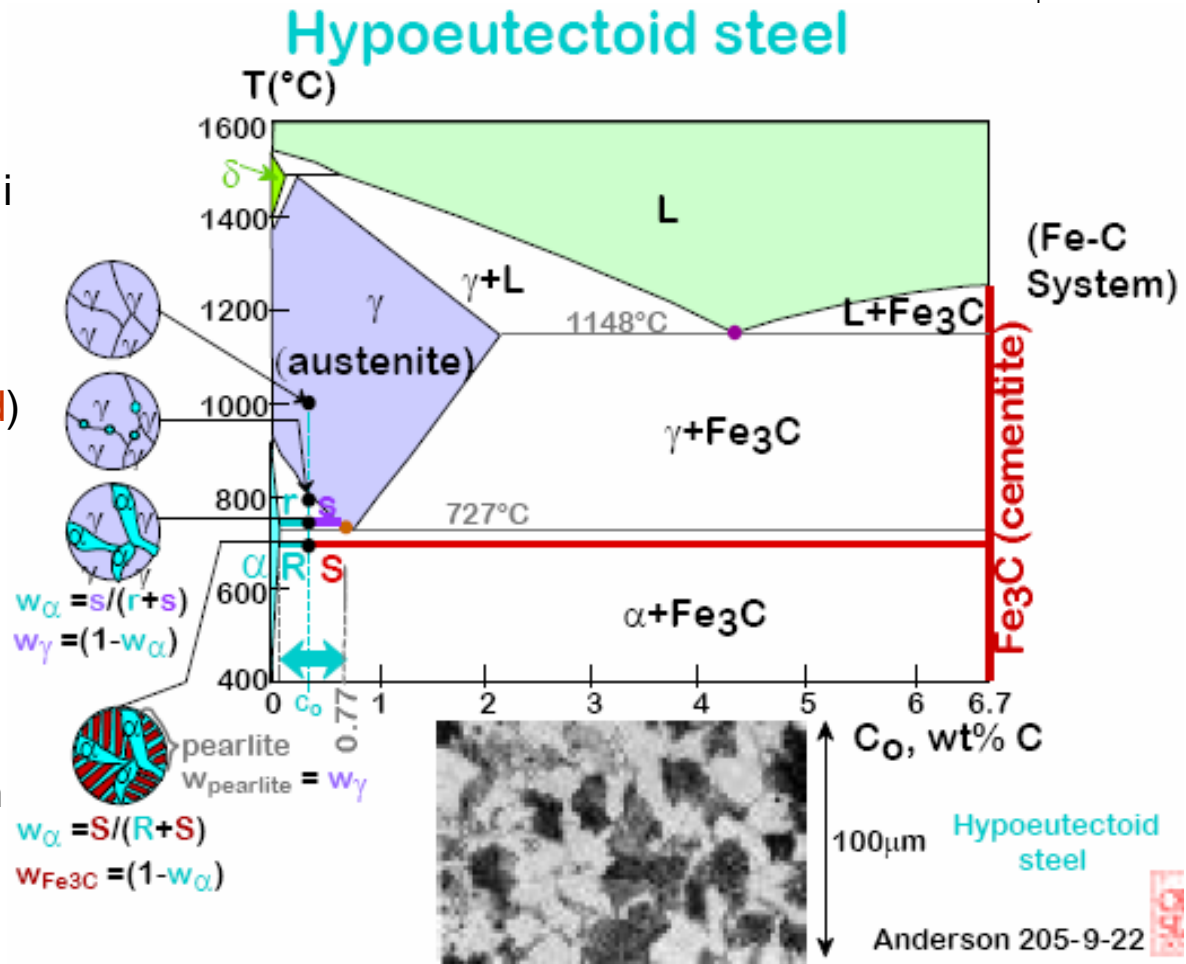
Vi cấu trúc của hợp kim Fe-C

- Thép pha **d** *eutectoid*
- Pha ferrite **pearlite** gọi là eutectoid ferrite
- Pha nhit trên T_E , **c** gọi là pha **tr** **c** **eutectoid** (proeutectoid)
- Tỉ lệ phần trăm của **pearlite** xác định

$$W_p = \frac{T}{T + U}$$

- Tỉ lệ phần trăm của **proeutectoid** α xác định

$$W_{\alpha'} = \frac{U}{T + U}$$





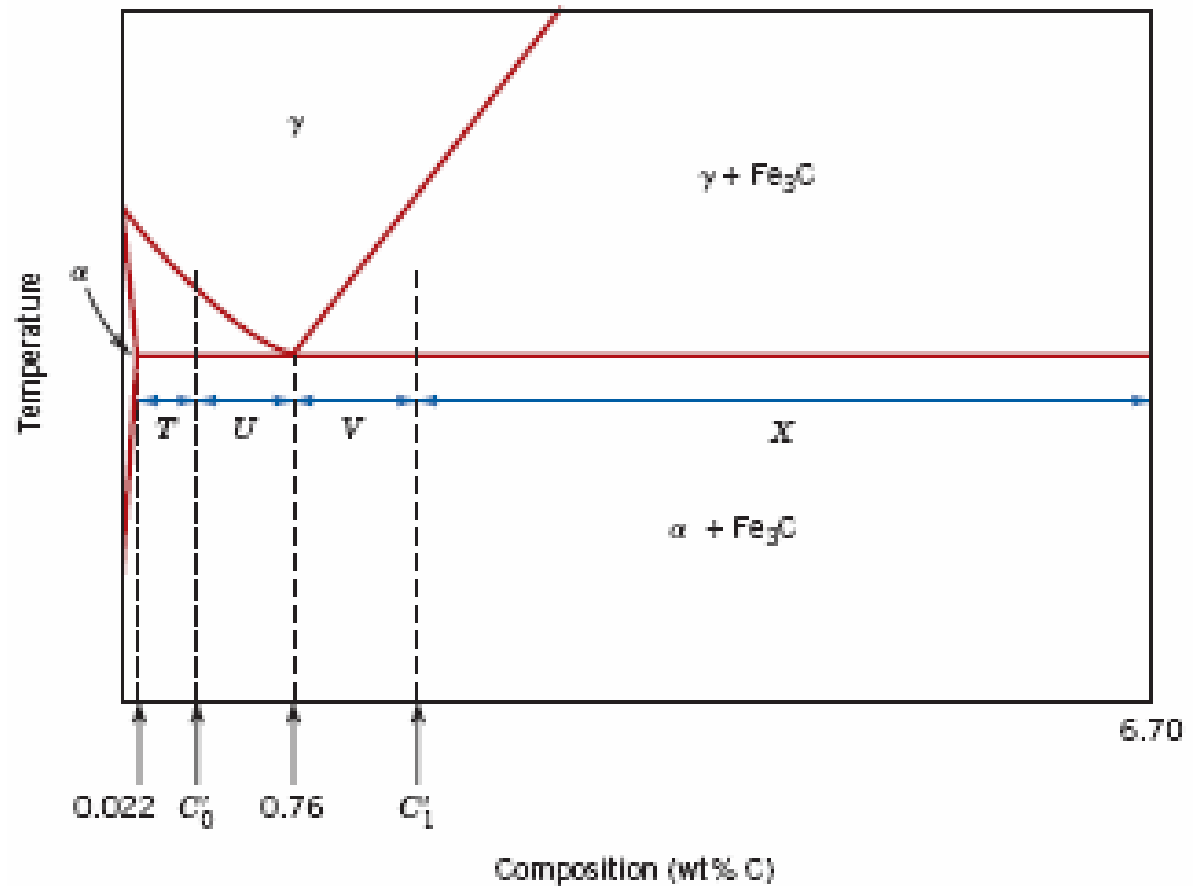
Vi cấu trúc của thép kim Fe-C

- Thép pha **d** *eutectoid*
- Pha ferrite **pearlite** gọi là eutectoid ferrite
- Pha nhit trên T_E , gọi là pha **tr** **c** **eutectoid** (proeutectoid)
- Tỷ lệ phần trăm của **pearlite** xác định bởi

$$W_p = \frac{T}{T + U}$$

- Tỷ lệ phần trăm của **proeutectoid α** xác định bởi

$$W_{\alpha'} = \frac{U}{T + U}$$





Vi cấu trúc của hợp kim Fe-C

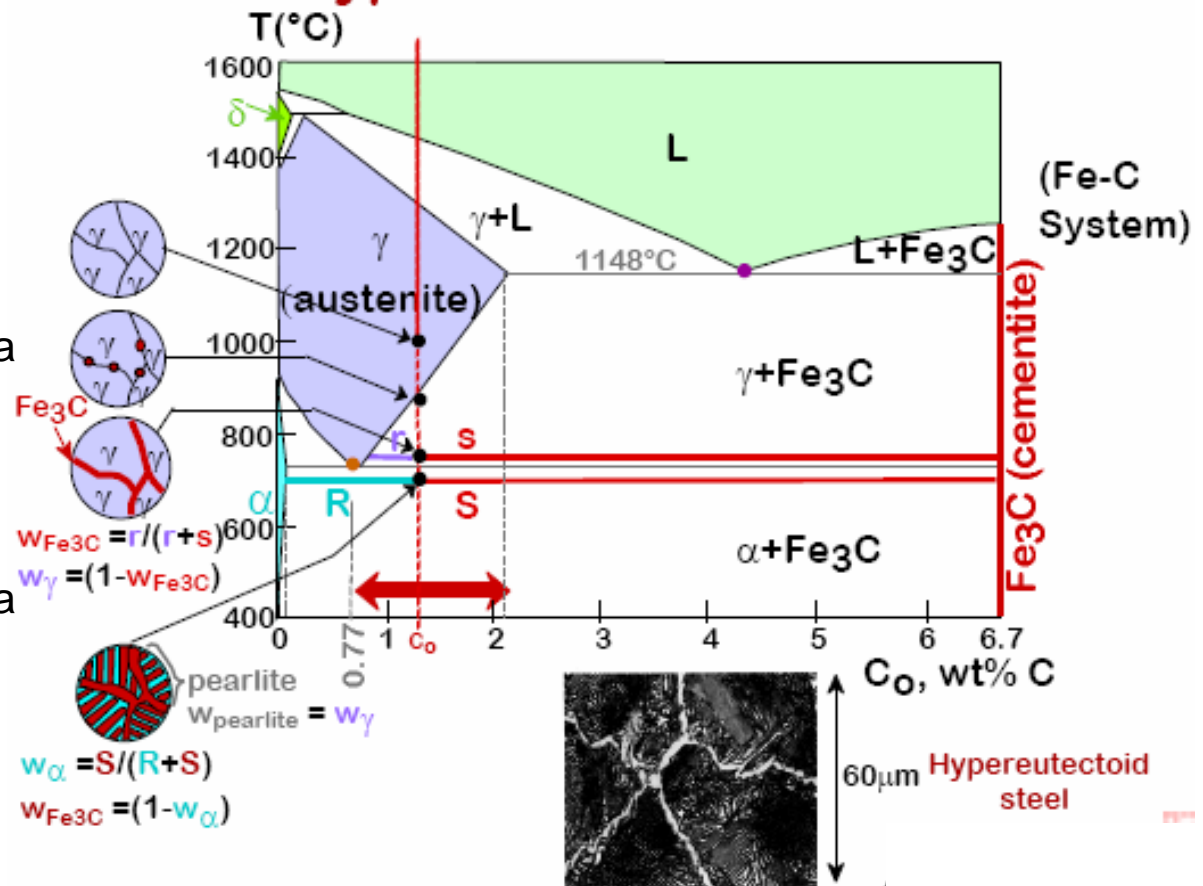
- Thép pha quá eutectoid
- Proeutectoid cementite bắt đầu xuất hiện trong thép khi có phần nguội trước eutectoid
- Tỷ lệ phần trăm của pha pearlite W_p xác định là

$$W_p = \frac{X}{V + X}$$

- Tỷ lệ phần trăm của pha proeutectoid cementite W_{Fe_3C} xác định là

$$W_{Fe_3C} = \frac{V}{V + X}$$

Hypereutectoid steel





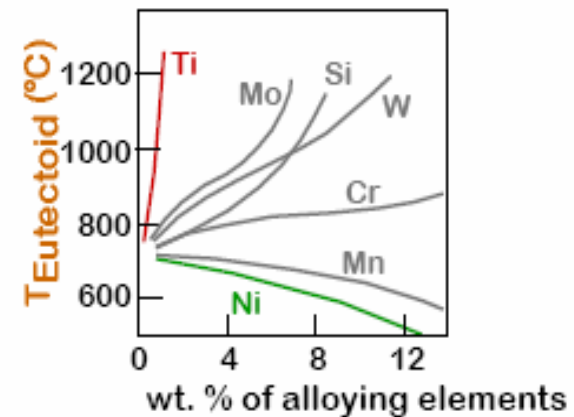
Thép hợp kim

- Thép có thêm các nguyên tố bổ xung sẽ làm thay đổi rõ rệt tính năng của pha
- Có sự thay đổi quan trọng là **sự dịch chuyển vị trí eutectoid**
- Nhằm gia tăng khả năng chống mòn hoặc chịu nhiệt của thép

Alloying Steel with additional elements

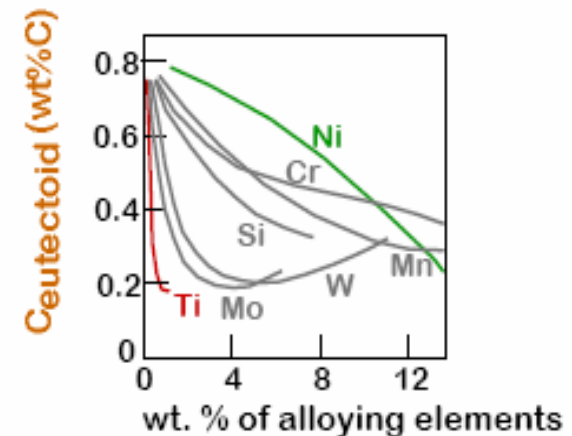
• T_{Eutectoid} changes:

Có sự thay đổi nhiệt độ eutectoid tùy thuộc vào nguyên tố thêm vào và nồng độ của nó



• C_{Eutectoid} changes:

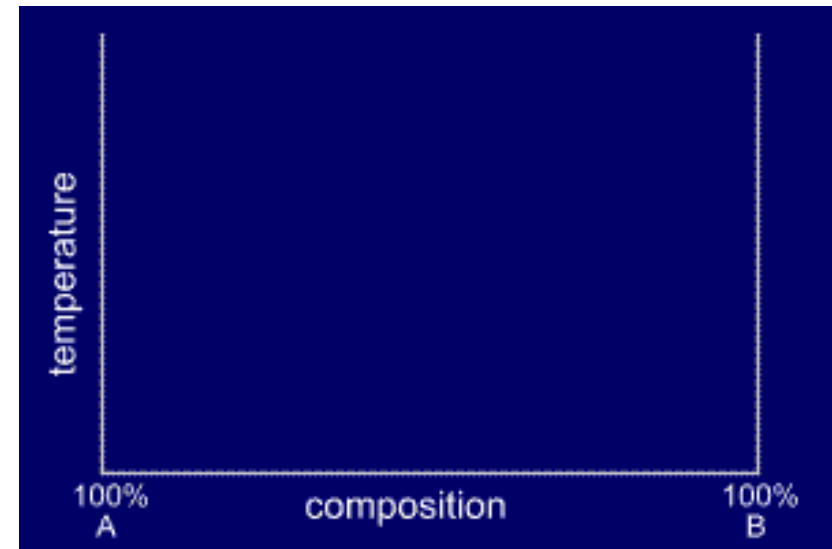
Có sự thay đổi nồng độ eutectoid tùy thuộc vào nguyên tố thêm vào và nồng độ của nó





Cách tổ m t gi n pha

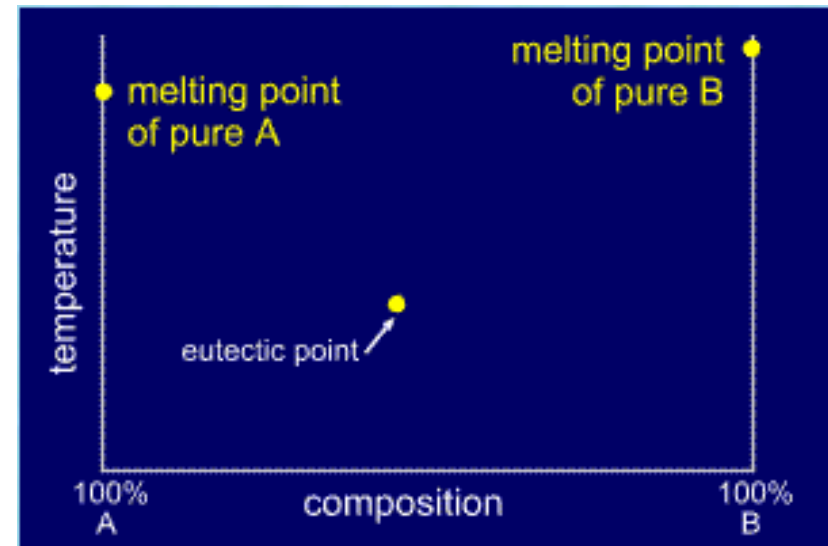
- Giàn pha **2 thành ph n** cho ta th y các pha t o thành nh ng đ ng khác nhau ng v i **2 nguyên t** tùy thu c vào nhi t . Các thành ph n t l l y t t c các kh n ng t **100% nguyên t A** phía trái t i **100% nguyên t B** phía phải c a gi n . Thành ph n t l c a h p kim cho đ ng **A - x%B**. Ví d , **Cu - 20%Al** t c là 80% ng và 20% nhôm. Ng i ta th ng dùng ph n tr m v kh i l ng xác nh t l các nguyên t trong h p kim, ôi khi c ng dùng ph n tr m v nguyên t .
- D ng ph n tr m th ng xác nh nh sau: **Cu - 20wt%Al** khi tính ph n tr m v kh i l ng và **Cu - 20at%Al** khi tính ph n tr m v nguyên t





Cách tổm t gi n pha

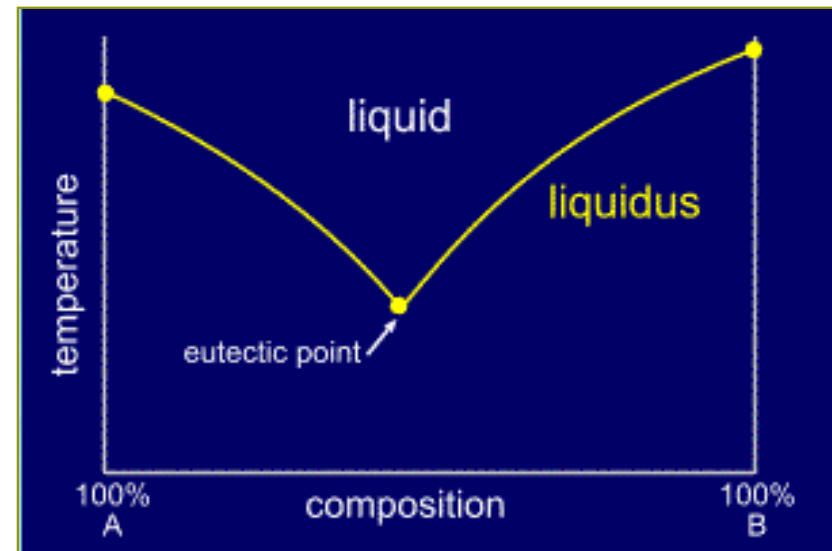
- Các h p kim có xu h ng k th p l i *d i r ng các nhi t*, thay vì là m t nhi t xác nh nh nguyên t n ch t. m i u c a gi n pha ch có m t nguyên t n ch t (100% A ho c 100% B) → xác nh c hai i m nóng ch y.
- ôi khi t n t i m th n h p thành ph n h p ch t các nguyên t *t o thành ch tr n m t nhi t xác nh gi ng nh nguyên t n ch t*. ây g i là **i m eutectic**. i m eutectic có th xác nh b ng th c nghi m b ng cách làm ngu i nh ng t l thành ph n h p kim khác nhau.
- Gi n pha c a nhi u h p kim 2 thành ph n n gi n không có i m eutectic





Cách tổ m t gi n pha

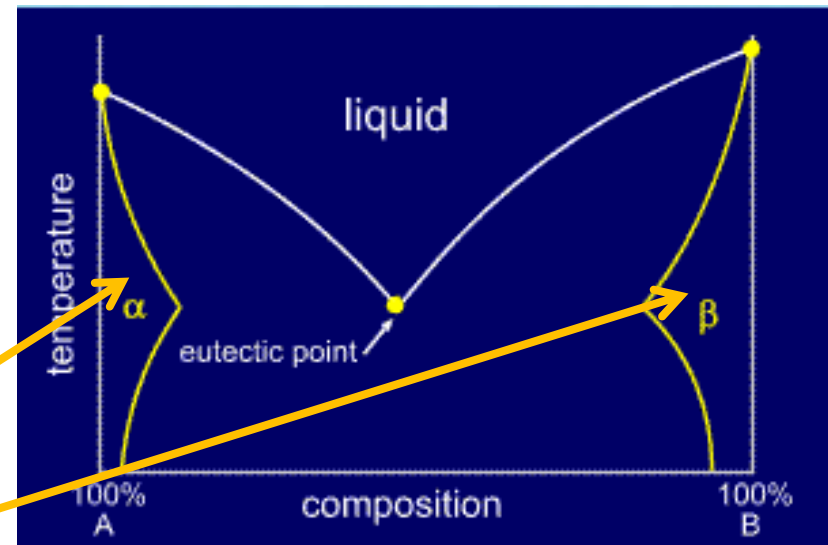
- Bằng cách làm nguội hợp kim từ trạng thái lỏng và ghi lại các làm nguội → người ta xác định nhiệt độ bắt đầu có hiện tượng chuyển sang pha rắn và vẽ các đường trên giản đồ pha. Nếu các mẫu thí nghiệm là hợp kim trên tất cả các thành phần của 2 nguyên tố, ta có thể vẽ được đường **cong các điểm bắt đầu chuyển sang pha rắn** trên giản đồ pha. Đường cong này kết hợp với 3 điểm chuyển pha rắn gọi là **đường biên lỏng - liquidus line**





Cách tổm t gi n pha

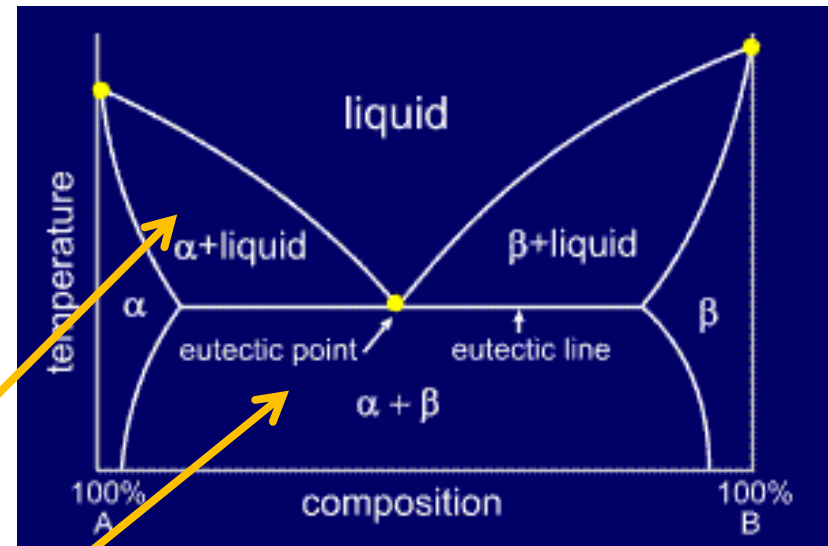
- T ng t nh khi cho ng hòa tan vào m t ly trà nóng (d ng dd ch l ng), m t nguyên t c ng có th hòa tan vào m t nguyên t khác, nh ng c 2 u tr ng thái r n. ây g i là hòa tan r n và có th tt i vài ph n tr m v kh i l ng. Gi i h n hòa tan này có th thay i khi thay i nhi t . Ph n m r ng c a vùng hòa tan r n có th v trên gi n pha.
- Dung d ch r n **B trong A** (t c là thành ph n ch y u là A) g i là **pha r n alpha α** và dung d ch r n c a **A trong B** (t c là thành ph n ch y u là B) g i là **pha r n beta β** .
- L u ý là có m t s nguyên t khi t o h p kim có hòa tan r n là zero; i n hình là h p kim Al - Si, v i nhôm có hòa tan r n là zero trong Silic





Cách tổm t gi n pha

- Nếu xét thành phần hợp kim không trong vùng dung dịch rắn như phần 2 bên của giản đồ, hợp kim sẽ chuyển thành pha rắn hoàn toàn **nhiệt eutectic** → cho thấy rằng nhiệt eutectic trên giản đồ các thành phần hợp kim và nhiệt giữa hai kim loại chuyển sang pha rắn và kim loại chuyển sang pha rắn hoàn toàn (có nhiệt eutectic), hình thức của các pha alpha hoặc beta sẽ có những **đặc điểm** như sau: vùng này có thể thấy trên giản đồ.
- Vùng phía dưới nhiệt eutectic, và phía ngoài vùng dung dịch rắn là vùng hình thành của các pha alpha và beta





Cách tổ m t gi n pha

- Gi n pha c xem là s tr c quan cho th y m i quan h nhi t và thành ph n t l , ch ra c trạng thái pha c a h p kim m t nhi t và thành ph n xác nh.
- Có th xác nh b ng th c nghi m t c làm ngu i c a h p kim các t l thành ph n khác nhau trên gi n .
- Dùng gi n này hi u rõ và d oán tr c c vi c u trúc h p kim m t t l thành ph n ã c xác nh tr c

