



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM  
KHOA CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ

ThS. CHÂU MINH QUANG

*Giáo trình*

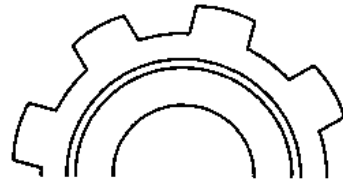
# VẬT LIỆU CƠ KHÍ

LƯU HÀNH NỘI BỘ  
2009



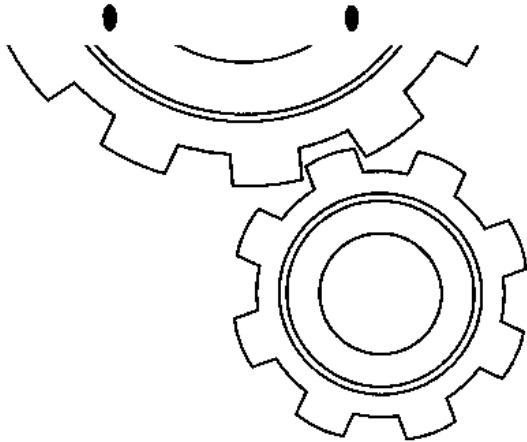
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM  
KHOA CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ

ThS. CHÂU MINH QUANG



*Giáo trình*

# VẬT LIỆU CƠ KHÍ



LƯU HÀNH NỘI BỘ

2009

# Chương 1

## CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU

### 1.1. CẤU TRÚC VÀ LIÊN KẾT NGUYÊN TỬ

Trong thiên nhiên tồn tại hai dạng vật rắn khác nhau về tính chất là tinh thể và vô định hình.

Các vật tinh thể ở trạng thái rắn, khi nung đến nhiệt độ nhất định thì chúng biến thành trạng thái lỏng. Khi nguội xảy ra quá trình ngược lại. Việc chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác xảy ra ở một nhiệt độ nhất định gọi là nhiệt độ nóng chảy.

Các vật vô định hình khi nung nóng bị mềm ra trong một khoảng nhiệt độ và sau đó chuyển thành trạng thái lỏng tức là không có điểm nhiệt độ nóng chảy.

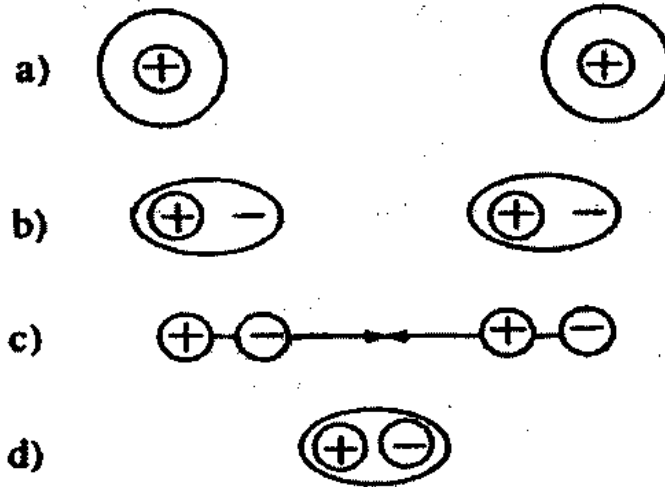
Trạng thái tinh thể của chất rắn ổn định hơn trạng thái vô định hình.

#### Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn:

Bảng 1.1

Tinh thể	Ar	CH <sub>4</sub>	Kim cương	SiC	LiF	NaCl	Fe	Na
Năng lượng kJ/mol	7,5	10	750	1180	1000	750	390	110
Kiểu liên kết	Phân tử		Đồng hoá trị		ion		kim loại	

### 1.1.1. Tinh thể phân tử (liên kết Van der Waals).



Hình 1.1. Mô hình liên kết Van der Waals

Liên kết Van der Waals sinh ra giữa sự tương tác điện từ ngoài cùng của các nguyên tử trên khoảng cách lớn khi các mây điện tử chưa tiếp xúc với nhau. Nó xuất hiện ở bất kỳ phân tử nào (các ion, nguyên tử, phân tử).

Năng lượng liên kết của Van der Waals không lớn vì các tinh thể phân tử có nhiệt độ nóng chảy và bay hơi thấp.

### 1.1.2. Liên kết đồng hoá trị

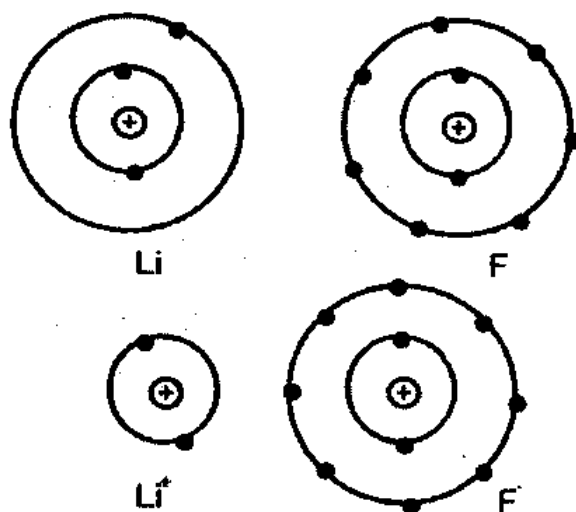
Liên kết này tạo ra khi hai hoặc nhiều nguyên tử góp chung nhau một số điện tử để đủ 8 điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hoá trị). Được tạo thành trong các phân tử thuộc nhóm IV, V, VI VII phân nhóm B.

Các nguyên tử của nguyên tố hoá học nhóm VIIB có lớp điện tử ngoài cùng là 7. Để có đủ 8 điện tử cần kết hợp hai nguyên tử lại bằng cách góp chung hai điện tử lớp ngoài cùng. Ví dụ: liên kết đồng hoá trị giữa hai nguyên tử clo(Cl) trong phân tử  $Cl_2$ .

Sự liên kết đồng hoá trị xảy ra giữa các nguyên tử cùng loại (cùng một nguyên tố hoá học) gọi là liên kết đồng hoá trị **đồng cực** ví dụ:  $Cl_2$ , Kim cương, silic...

Sự liên kết đồng hoá trị xảy ra giữa các nguyên tử khác loại (các nguyên tố hoá học nhóm IIIA với VA hoặc IIA với VIA) gọi là liên kết đồng hoá trị **dị cực**.

### 1.1.3. Liên kết ion



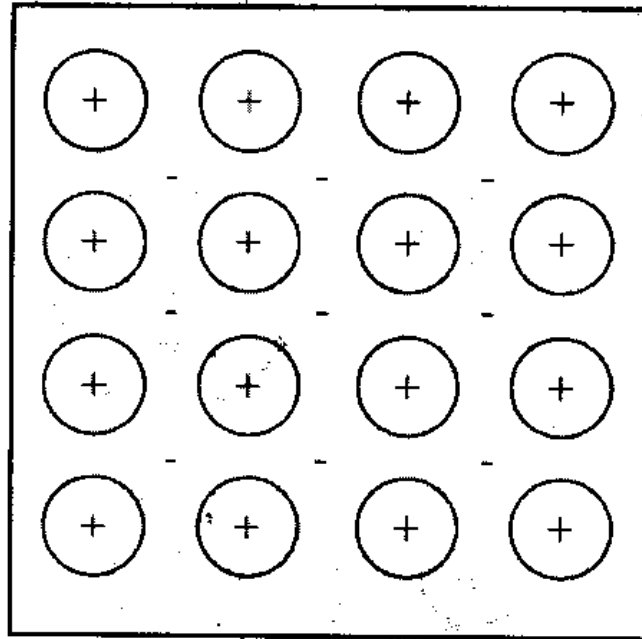
Hình 1.2. Liên kết ion của LiF

Đây là liên kết mạng các nguyên tử cho bớt điện tử lớp ngoài cùng để trở thành ion dương(cation) hoặc nhận thêm điện tử để điền đầy lớp ngoài cùng và trở thành ion âm (anion).

Ví dụ: liên kết ion giữa Li và F để tạo thành LiF, Li cho một điện tử để trở thành  $Li^+$  và F nhận một điện tử để trở thành  $F^-$ , kết quả là tạo thành hợp chất LiF.

Liên kết ion được tạo thành giữa các nguyên tố có (nhóm VIB, VIIB) với các nguyên tố (nhóm IB, IIB), các ôxít kim loại( $Al_2O_3$ , MgO, CaO,  $Fe_3O_4$ , NiO...)

#### 1.1.4. Liên kết kim loại



Hình 1.3. Liên kết kim loại

Các ion dương, tạo thành một mạng xác định, đặt trong không gian điện từ tự do “chung”. Đó là hình ảnh liên kết kim loại. Năng lượng liên kết là tổng hợp lực đẩy và hút tĩnh điện giữa các ion dương và mây điện từ tự do (H1.3).

Liên kết kim loại thường được tạo nên từ những nguyên tử có ít điện tử hoá trị. Các nguyên tử ở nhóm IA, với một điện tử hoá trị, có tính kim loại điển hình.

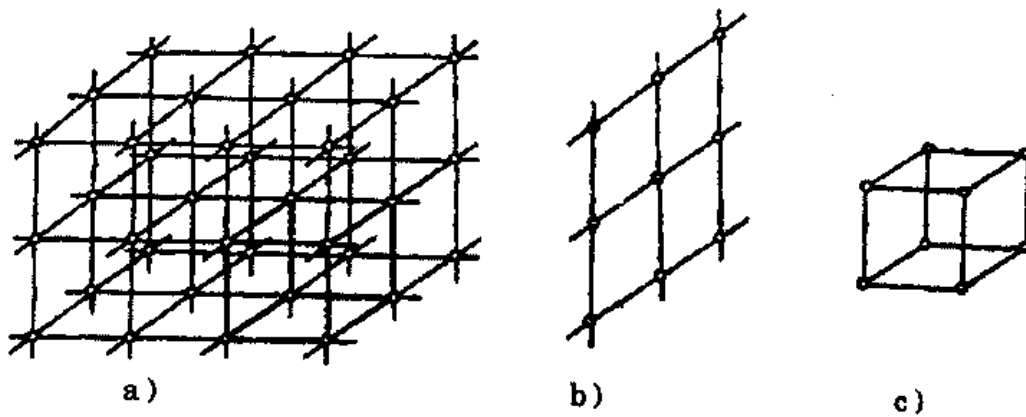
## 1.2 MẠNG TINH THỂ LÝ TƯỞNG

### 1.2.1. Khái niệm cơ bản

Mạng tinh thể là mô hình không gian để nghiên cứu các quy luật sắp xếp các chất điểm trong vật tinh thể.

**Mặt tinh thể:** các mặt đi qua các chất điểm, các mặt này song song cách đều nhau

**Phương tinh thể:** tập hợp các chất điểm cùng nằm trên một đường thẳng.



Hình 1.4. a) Mạng tinh thể b) Mặt tinh thể c) Khối cơ bản

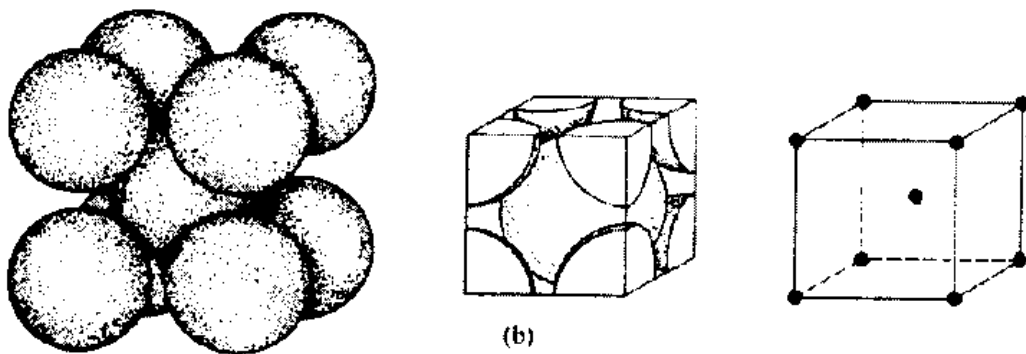
**Khối cơ bản:** khối nhỏ nhất có cách sắp xếp chất điểm đại diện chung cho mạng tinh thể

**Mạng tinh thể:** sự sắp xếp liên tục các khối cơ bản sẽ tạo thành mạng tinh thể.

Để mô tả khối cơ bản của mạng tinh thể người ta dùng sáu đại lượng: ba đoạn thẳng bằng khoảng cách các hạt gần nhất theo các trục tọa độ  $a, b, c$  và ba góc giữa các đoạn thẳng này  $\alpha, \beta, \gamma$ .

### 1.2.2. Mạng lập phương thể tâm (LPTT)

Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và giữa (tâm) các khối của hình lập phương.



Hình 1.5. Mạng LPTT

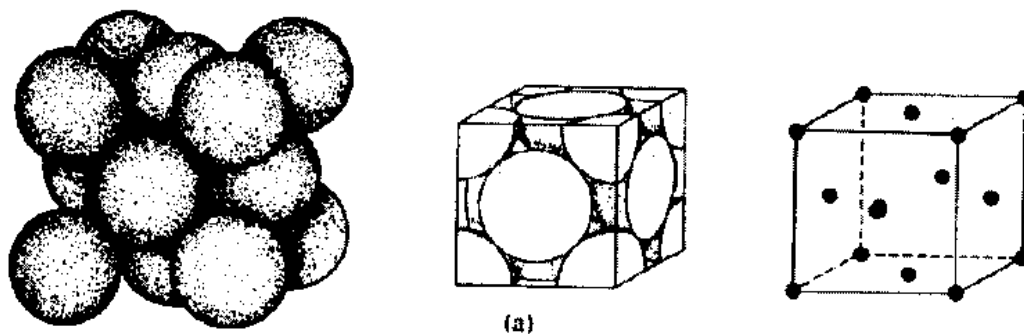
Số nguyên tử  $n$  của khối cơ bản được tính như sau: mỗi nguyên tử ở đỉnh đồng thời là khối cơ bản nếu thuộc về một ô chỉ có  $1/8$  nguyên tử, nguyên tử ở tâm hoàn toàn thuộc về ô cơ bản, vậy:

$$\text{Số nguyên tử } n = \frac{1}{8} \times 8 \text{ đỉnh} + 1 \text{ (giữa)} = 2$$

$$\text{Mật độ nguyên tử } M_v = 86\%$$

Các kim loại  $Fe_\alpha$ , Cr, W, Mo ... có kiểu mạng này

### 1.2.3. Mạng lập phương diện tâm (LPDT)



Hình 1.6 Mạng LPDT

Các nguyên tử (ion) nằm ở các đỉnh và giữa (tâm) các mặt của hình lập phương.

H1.7 là ô cơ bản kiểu mạng này. Bốn nguyên tử ở trên các đỉnh của mỗi mặt bên không tiếp xúc với nhau nhưng lại tiếp xúc với các nguyên tử nằm giữa các mặt.

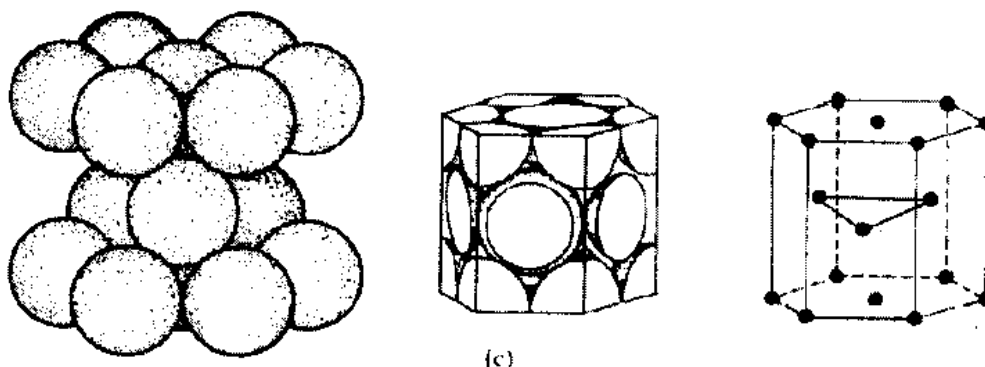
$$\text{Số nguyên tử: } n = \frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$$

$$\text{mật độ nguyên tử: } M_v = 74\%$$

Các kim loại  $Fe_\gamma$ , Cu, Ni, Al, Pb... có mạng này



#### 1.1.4. Mạng lục giác xếp chặt(LGXC)



Hình 1.7. Mạng lục giác xếp chặt

Các nguyên tử nằm ở 12 đỉnh, tâm hai mặt đáy và tâm của ba khối lăng trụ tam giác đều cách nhau.

Ô cơ bản của mạng lục giác xếp chặt là khối lăng trụ lục giác với thông số mạng là  $a$  và.

$$\text{Số nguyên tử } n \text{ là: } n = 1/6 \times 12 + 1/2 \times 2 + 3 = 6.$$

$$\text{Mật độ nguyên tử } Mv = 74\%.$$

Các nguyên tố Be, Mg, Ca ... có kiểu mạng này.

### 1.3. MẠNG TINH THỂ ĐIỂN HÌNH

#### 1.3.1. Dạng thù hình

Đây là sự tồn tại hai hay nhiều cấu trúc mạng tinh thể khác nhau của cùng một nguyên tố hay một hợp chất hoá học. Các dạng thù hình được ký hiệu bằng chữ cái Hy Lạp  $\alpha, \beta, \gamma$ .

Sự tồn tại các dạng thù hình phụ thuộc vào hai yếu tố nhiệt độ và áp suất.

Ví dụ: Graphit có thể tạo được ở điều kiện bình thường, trong khi chuyển biến thù hình graphit sang kim cương chỉ xảy ra ở nhiệt độ và áp suất cao.

Sắt kim loại có tính thù hình. Ở dưới  $9118^{\circ}\text{C}$  có mạng lập phương thể tâm, từ  $9114$  đến  $13928^{\circ}\text{C}$  có mạng lập phương diện tâm. Khi chuyển từ mạng LPTT sang mạng LPDT ( $Mv = 68\%$  sang  $Mv = 74\%$ ) thể

tích giảm đi đột ngột. Khi làm nguội có quá trình ngược lại.

### 1.3.2. Tính dị hướng

Tính dị hướng là sự khác nhau về tính chất (cơ, lý, hoá) theo các phương khác nhau.

Trong tinh thể, khoảng cách giữa các nguyên tử khác nhau theo những phương khác nhau và do đó tính chất cũng khác nhau.

Tính dị hướng tính chất của tinh thể chỉ đúng với đơn tinh thể. Trong điều kiện tự nhiên các vật tinh thể là đa tinh thể nghĩa là tập hợp các tinh thể nhỏ định hướng khác nhau. Trong trường hợp này tính dị hướng mất đi vì khoảng cách thống kê trung bình giữa các nguyên tử theo tất cả các phương đều gần như nhau. Như vậy đa tinh thể được gọi là giả đẳng hướng.

### 1.3.3. Đa tinh thể

Nếu khối kim loại đem dùng có mạng thống nhất và phương không đổi trong toàn bộ thể tích thì được gọi là đơn tinh thể, tức là chỉ có một tinh thể. Trong thực tế rất hiếm gặp mà người ta phải chế tạo bằng phương pháp nhân tạo. Các vật kim loại đem dùng, dù là rất nhỏ, cũng bao gồm rất nhiều tinh thể (trong một  $mm^3$  có tới hàng chục, hàng nghìn, hàng vạn), cấu tạo nhỏ như vậy gọi là đa tinh thể. Một số tính chất của đa tinh thể:

- Sự định hướng mạng tinh thể của mỗi hạt là ngẫu nhiên, nên phương giữa các hạt lệch nhau một góc nào đó thường từ vài độ đến chục độ.
- Không có tính dị hướng, có tính đẳng hướng giả, tức là theo các phương tính chất đều giống nhau.
- Ở vùng biên giới các hạt nguyên tử sắp xếp không trật tự gọi là vùng tinh thể bị xô lệch.

## Chương 2

# GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ

### 2.1. Khái niệm về giản đồ trạng thái

Sự biến đổi trạng thái và tổ chức bằng hệ hợp kim chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần, để biểu thị mối quan hệ đó đối với mỗi hệ, người ta dùng giản đồ trạng thái.

#### 2.1.1. Công dụng của từng giản đồ trạng thái

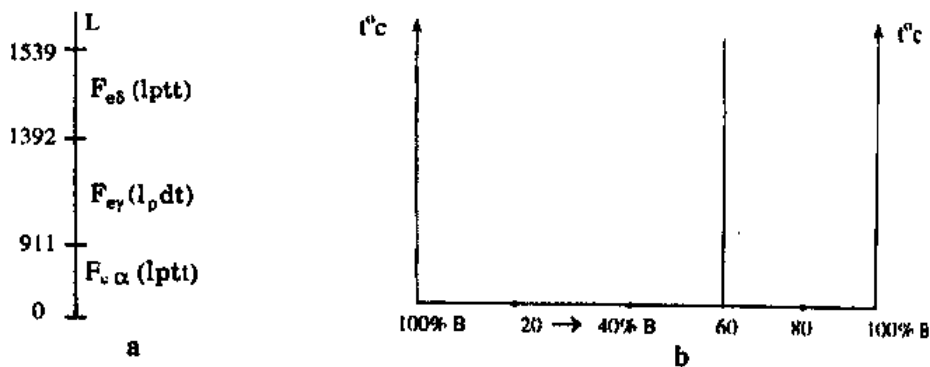
Từ giản đồ trạng thái có thể xác định được:

- Nhiệt độ chảy, chuyển biến pha của các hợp kim trong hệ khi nung nóng và làm nguội, nhờ đó xác định được dễ dàng các chế độ đúc, luyện, rèn, cán, hàn, nhiệt luyện.
- Trạng thái pha (pha nào, thành phần và tỷ lệ giữa các pha) của các hợp kim trong hệ, do đó suy đoán được các đặc tính cơ bản và công dụng.

Giản đồ trạng thái được xây dựng trong điều kiện nung nóng và làm nguội vô cùng chậm tức là ở trạng thái cân bằng

#### 2.1.2. Cấu tạo của giản đồ trạng thái hai cấu tử

Kim loại nguyên chất có kiểu giản đồ trạng thái đơn giản, chỉ có một trục nhiệt độ trong đó ghi nhiệt độ chảy và biến đổi hình thù.



Hình 2.1 a) Giản đồ trạng thái một nguyên tố Fe      b) Giản đồ trạng thái hai nguyên tố Fe  
Ở hợp kim hai cấu tử có thêm sự biến đổi của thành phần hoá học,

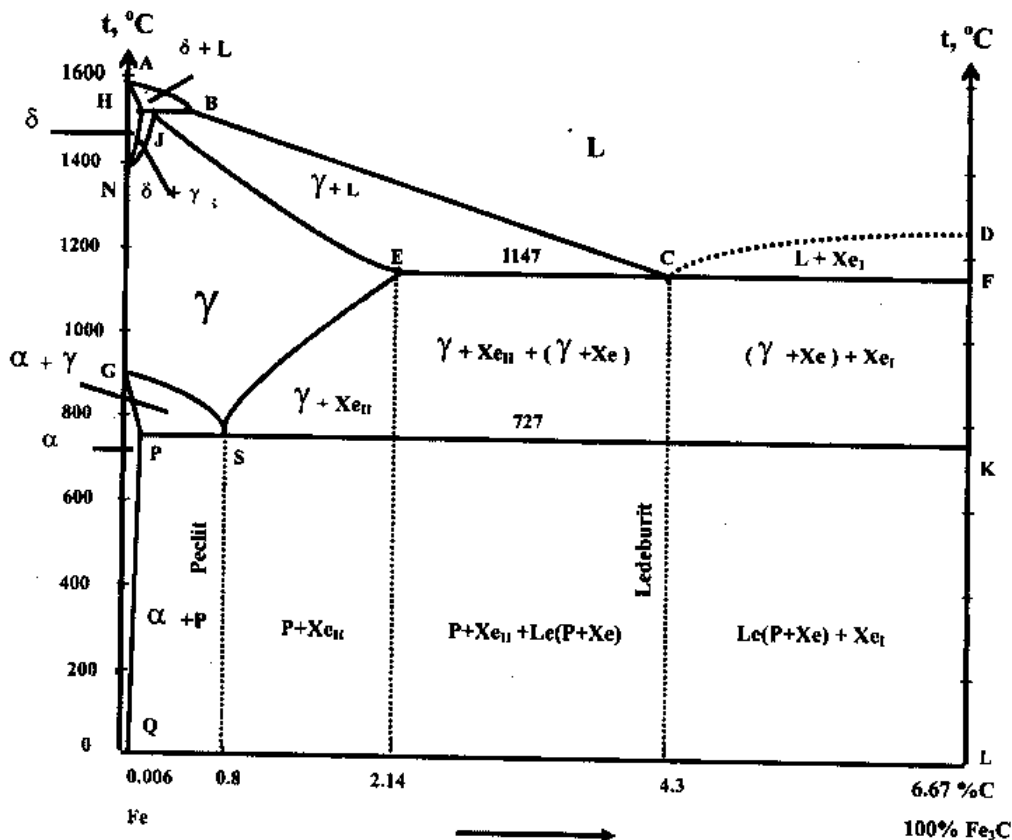
nên ngoài trục tung có thêm trục hoành biểu thị sự biến đổi của thành phần. Mỗi điểm trên đó biểu thị một hợp kim có thành phần nhất định, còn hai nút ứng với hai cấu tử nguyên chất. (100%A + 0%B và 100%B + 0%A). Đường thẳng bất kỳ ứng với sự biến đổi nhiệt độ của một hợp kim tương ứng (trên hình vẽ là hợp kim 40%A + 60%B).

## 2.2. Biểu đồ trạng thái sắt - cacbon

Cơ sở nghiên cứu nhiệt luyện thép và tìm hiểu các tính chất của thép, gang là biểu đồ trạng thái Fe-C. Có thể nói hiểu và nắm vững (bao gồm nhớ, phân tích các chuyển biến) biểu đồ trạng thái Fe-C là cơ sở quan trọng nhất để nghiên cứu các nội dung tiếp theo.

Do tầm quan trọng như vậy nên việc xác lập và hoàn thiện các biểu đồ trạng thái Fe-C vẫn là nhiệm vụ quan trọng của kim loại học.

Dạng của biểu đồ



Hình 2.2 : Biểu đồ trạng thái Fe-C

Đáng lẽ theo như tên gọi, giản đồ trạng thái Fe-C, phải được trình bày 100% Fe đến 100%C, song do không dùng các hợp kim Fe-C với lượng cacbon nhiều hơn 5% nên chỉ trình bày đến 6,67% C tức ứng với hợp chất hoá học xementit như phần giản đồ với lượng cacbon lớn hơn 6,67% khá phức tạp và cho đến nay vẫn chưa xác định được chính xác.

Trên giản đồ, đường ABCD là đường lỏng, AHJECF là đường đặc.

Hợp kim lỏng (L) của cacbon trong sắt, tồn tại ở phía trên đường lỏng ABCD.

Các toạ độ (nhiệt độ và thành phần cacbon) được trình bày ở bảng 2.1.

Điểm	Nhiệt độ °C	%C	Điểm	Nhiệt độ °C	%C	Điểm	Nhiệt độ °C	%C
A	1539	0,00	E	1147	2,14	P	727	0,020
B	1499	0,51	C	1147	4,30	S	727	0,800
H	1499	0,10	F	1147	6,67	K	727	6,670
J	1499	0,16	D	1220	6,67	Q	0	0,006
N	1392	0,00	G	911	0,00	L	0	6,67

### 2.3. Cấu trúc và tính chất các pha trong hợp kim

#### 2.3.1. Các tổ chức một pha

##### a. Xementit (Xe hay $Fe_3C$ )

Là hợp chất hoá học của sắt-cacbon  $Fe_3C$ , ứng với đường thẳng đứng DFKL. Trong giản đồ cần phân biệt ba dạng của Xementit.

Xementit một (Xe<sub>1</sub>) là loại kết tinh từ hợp kim lỏng, nó được tạo thành trong các hợp kim chứa nhiều hơn 4,3%C và trong khoảng nhiệt độ 1600 - 1147 °C (theo đường DC). Do tạo nên từ pha lỏng và nhiệt độ cao nên xementit có tổ chức rất thô to.

Xementit hai (Xe<sub>II</sub>) được tiết ra từ dung dịch rắn Ostenit ở khoảng nhiệt độ 1147 - 727 °C (theo đường ES) khi đã hoà tan giới hạn của cacbon ở trong pha này giảm từ 2,14 xuống còn 0,8%. Xe<sub>II</sub> có trong hợp kim với C > 0,8%. Do tạo từ pha rắn ở nhiệt độ không cao lắm nên Xementit II có

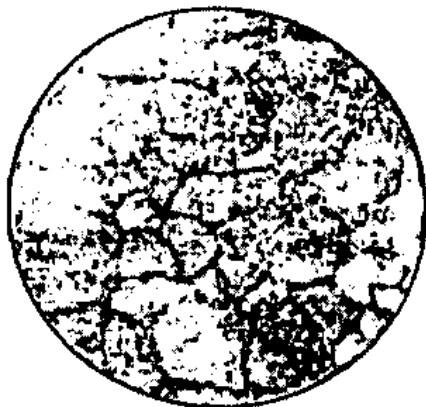
tổ chức nhỏ hơn, cũng do tiết ra từ Ostenit ở vùng nhiệt độ thấp  $Xe_{II}$  có dạng lưới hoặc hạt nhỏ.

Xementit ba ( $Xe_{III}$ ) là loại được tiết ra từ dung dịch rắn ferit ở trong khoảng nhiệt độ thấp hơn  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$  (theo đường PQ) khi độ hoà tan giới hạn của cacbon trong ferit giảm từ 0,02 xuống 0,006%.  $Xe_{III}$  có ở trong mọi hợp kim có  $C > 0,006\%$  nhưng với lượng rất ít và không lúc nào cũng phát hiện được trên tổ chức tế vi. Có thể thấy được  $Xe_{III}$  ở trong hợp kim có ít hơn 0,1% C. Do tạo nên từ pha rắn và nhiệt độ thấp, khả năng khuếch tán của nguyên tử rất kém nên  $Xe_{III}$  thường ở dạng mạng hay hạt rất nhỏ bên cạnh ferit. Do quá ít nên có thể bỏ qua lượng  $Xe_{III}$  trong tổ chức của các hợp kim Fe-C.

Các mạng Xementit trên không khác nhau về bản chất pha, chỉ khác nhau về kích thước và sự phân bố do điều kiện tạo thành khác nhau.

#### *b. Ferit (ký hiệu F hay $\alpha$ )*

Ferit là dung dịch rắn xen kẽ của cacbon trong  $Fe_{\alpha}$ , có mạng tinh thể LPTT. Vì lý do đó, khả năng hoà tan của cacbon trong  $Fe_{\alpha}$  không đáng kể, lớn nhất ở  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$  với 0,02% C (điểm P) và nhỏ nhất ở nhiệt độ thường với 0,006% C (điểm Q) – nên có thể coi ferit trong hợp kim Fe-C là sắt nguyên chất kỹ thuật.



Hình 2.7. Tổ chức tế vi của ferit

Tuy nhiên, trong hợp kim Fe-C thực tế ferit có thể hoà tan bằng cách thay thế nhiều nguyên tố khác như Si, Cr, W, Mn.

Trên giản đồ trạng thái Fe-C, ferit nằm ở giữa trong khu vực GPQ. Tổ chức tế vi của ferit giống sắt nguyên chất, có dạng hạt đa cạnh như ở H.2.7.

Ferit rất dẻo và dai, nhưng khi các nguyên tố khác (đặc biệt là Si, Mn) hoà tan vào nó thì độ cứng tăng lên và độ dẻo, độ dai giảm đi đáng kể. Nó có tên gọi là ferit, chữ la tinh là ferrum (sắt)



Hình 2.8. Tổ chức tế vi Ostenit Si và các nguyên tố kim loại Cr, Ni, Mn, W ... bằng cách thay thế.

### c. *Ostenit* (ký hiệu Os hay $\gamma$ )

Là dung dịch rắn xen kẽ của cacbon ở trong Fe $\gamma$  (chui vào lỗ hổng trong khối tám mặt), có mạng tinh thể lập phương diện tâm. Khả năng hoà tan cacbon của Fe $\gamma$  khá lớn, lớn nhất ở 1.147 °C với 2,14% (điểm E) và nhỏ nhất ở 727 °C với 0,8% C (điểm S). Trong hợp kim Fe-C thông thường Ôstenit có thể hoà tan

Ôstenit nằm ở khu vực NJESG, nó không tồn tại ở nhiệt độ thường. Tổ chức tế vi của nó gồm những hạt đa cạnh có song tinh (Hình 2.8). Ôstenit rất dẻo và dai.

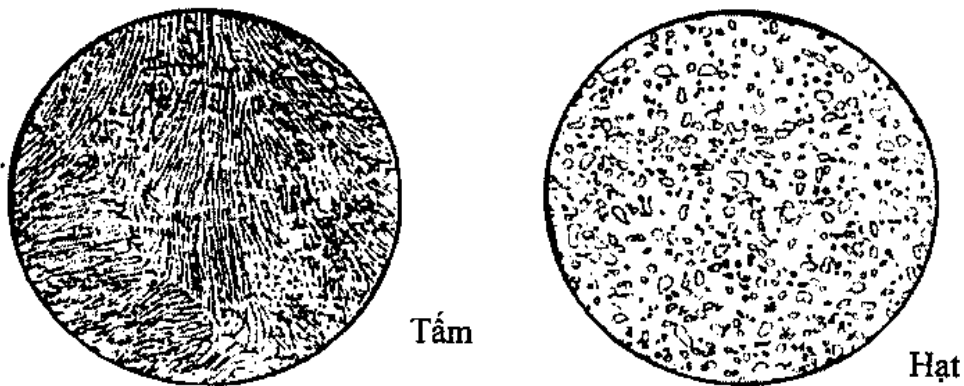
### 2.3.2. Các tổ chức hai pha

#### a. *Peclit* (ký hiệu $P [F + Xe]$ )

Peclit là hỗn hợp cơ học cùng tích của ferit và xementit  $[F + Xe]$  tạo thành ở 727 °C từ dung dịch rắn Ostenit chứa 0,8%C. Trong peclit có 88% ferit và 12% xementit.

Trong quá trình làm nguội, thành phần cacbon của Ostenit biến đổi và khi đến 727 °C có 0,8%C, (các hợp kim với lượng C < 0,8% thành phần cacbon của Ôstenit biến đổi theo đường GS tiết ra ferit làm tăng cacbon, các hợp kim với lượng C > 0,8% thành phần cacbon của Ôstenit biến đổi theo đường ES, tiết ra xementit làm giảm cacbon, cả hai trường hợp đều đưa đến lượng cacbon trong Ostenit là 0,8%C (ở 727 °C điểm S). Lúc đó Ostenit có 0,8%C sẽ chuyển biến thành hỗn hợp cùng tích của ferit và xementit.

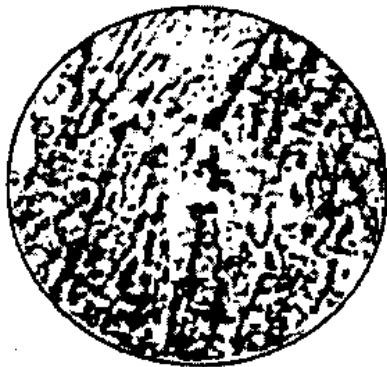
Tuỳ theo dạng xementit, chia làm hai loại: ~~peclit lam~~ và peclit hạt.



Hình 2.9. Tổ chức tế vi của peclit tâm và peclit hạt

Trong peclit tâm, xementit ở dạng tâm, phiến (mà ở trên tổ chức tế vi thấy trong dạng các đường tối) nổi lên nền ferit sáng. Trong ferit hạt, xementit ở dạng hạt sáng nổi lên trên nền ferit cũng có màu sáng với các đường ranh giới giữa chúng màu tối. Peclit thường gặp là peclit tâm.

Peclit là hỗn hợp cơ học nên tính chất của chúng là trung gian, kết hợp giữa tính dẻo, dai của ferit và cứng, giòn của xementit. Nói chung tổ chức này có độ cứng, độ bền cao, tính dẻo dai thấp. Tuy nhiên cơ tính của peclit có thể thay đổi theo phạm vi khá rộng phụ thuộc vào dạng peclit và độ nhỏ mịn của xementit ở trong nó.



Hình 2.10. Tế vi Ledeburit

+ Peclit tâm cứng, bền nhưng kém dẻo so với peclit hạt. Ví dụ: độ cứng của peclit tâm khoảng 200–220 HB, peclit hạt 180–200 HB. Do vậy, đối với thép cacbon cao để cải thiện tính gia công cắt phải nhiệt luyện (ủ) biến đổi peclit tâm thành peclit hạt.



+ Trong từng loại peclit, xementit càng nhỏ mịn độ cứng, độ bền càng cao, độ dẻo, dai càng thấp.

**b. Ledeburit [ký hiệu Lê ( $\gamma + Xe$ ) hay ( $P + Xe$ )].**

Ledeburit là hỗn hợp cơ học cùng tinh, kết tinh từ pha lỏng có nồng độ 4,3%C ở 1147 °C.

Lúc đầu mới tạo thành (ở trên 727 °C) nó gồm Ostenit và xementit ( $\gamma + Xe$ ) trong khoảng 1147-727 °C Ostenit chuyển biến thành peclit do vậy ledeburit là hỗn hợp cơ học của peclit và xementit ( $P + Xe$ ).

Trên tổ chức tế vi thấy những hạt peclit nhỏ màu tối nổi đều trên nền sáng là xementit. Như vậy, cuối cùng ledeburit có hai loại pha là ferit và xementit, trong đó xementit chiếm tỷ lệ gần 2/3. Do chứa nhiều xementit, ledeburit rất cứng (khoảng 600HB) và giòn.

## **2.4. Quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất vật liệu**

### **2.4.1. Sơ lược về thép và gang**

Thép là hợp kim Fe-C có C < 2,14%, là vật liệu dẻo, có thể gia công bằng cách biến dạng nguội, nóng. Trong công nghiệp, thép được cung cấp ở dưới dạng các bán thành phẩm cán như tấm, ống, thanh tròn và các loại thép hình khác nhau rất tiện lợi cho sử dụng.

Gang là loại hợp kim Fe-C với cacbon > 2,14%, là vật liệu giòn và tạo hình sản phẩm bằng cách đúc. Trong công nghiệp, gang được cung cấp ở dưới dạng các thỏi để nấu chảy lại và đúc thành các sản phẩm.

Vây 2,14%C (điểm E) là giới hạn chủ yếu để phân biệt thép và gang, thực tế có thể thay đổi, hơn nữa vùng hợp kim có thành phần dưới 2,14%C (khoảng 2,0 – 2,2%C) có tính chất trung gian, khó phân loại. Do đó, có những trường hợp cá biệt với thành phần cacbon trong khoảng đó có mác được gọi là gang, có mác lại được gọi là thép.

Theo tổ chức tế vi và hàm lượng C có ba loại thép: Thép trước cùng tích, có C < 0,8%, với tổ chức ferit và peclit. Thép cùng tích, có C = 0,8%, với tổ chức peclit. Thép sau cùng tích, có C > 0,8% với tổ chức peclit và xementit II.

Gang có tổ chức ứng với giản đồ Fe-C được gọi là gang trắng. Gang trắng trước cùng tinh có C < 4,3%, với tổ chức peclit + xementit II + ledeburit. Gang trắng cùng tinh có C = 4,3% với tổ chức

Ledeburit. Gang trắng sau cùng tinh có  $C > 4,3\%$ , với tổ chức Ledeburit + xementit I.

#### 2.4.2. Các điểm tới hạn của thép

Các điểm chuyển biến ở trạng thái rắn của hợp kim Fe-C được gọi là các điểm tới hạn và được ký hiệu bằng chữ A với các số tiếp theo chỉ thứ tự: 0, 1, 2...

$A_1$ : ( $727\text{ }^\circ\text{C}$ ) là điểm (tức nhiệt độ) chuyển biến cùng tích (đường PSK) Ôs- [F + Xe] khi làm nguội và [F + Xe] - Ôs khi nung nóng.

$A_3$ : ( $727 - 911\text{ }^\circ\text{C}$ ) là điểm (tức nhiệt độ) chuyển biến, bắt đầu tiết ra ferit từ Ôstenit khi làm nguội, kết thúc hoà tan ferit vào Ôstenit khi nung nóng, với đường GS.

$A_m$ : ( $727 - 1147\text{ }^\circ\text{C}$ ) là điểm (tức nhiệt độ) chuyển biến, bắt đầu tiết ra xementit II từ Ôstenit khi làm nguội, kết thúc hoà tan xementit II vào Ôstenit khi nung nóng, ứng với đường ES. Ký hiệu là "cm" ở đây là xementit (Cementite).

Đối với nhiệt luyện thép chỉ sử dụng đến các điểm tới hạn  $A_1$ ,  $A_3$  và  $A_{cm}$ , trong đó  $A_1$  là nhiệt độ không đổi ( $727\text{ }^\circ\text{C}$ ), còn  $A_3$  (thép trước cùng tích),  $A_{cm}$  (thép sau cùng tích). Trong nhiệt luyện thép, phải biết các nhiệt độ  $A_1$ ,  $A_3$  và  $A_{cm}$  ứng với thành phần cacbon đã cho.

$A_1$ ,  $A_3$ ,  $A_{cm}$  tính theo giản đồ Fe-C, chỉ đúng trong khi nung nóng và làm nguội vô cùng chậm. Thực tế khi nung nóng, nhiệt độ chuyển biến bao giờ cũng cao hơn và khi làm nguội bao giờ cũng thấp hơn các giá trị tính theo giản đồ. Vì vậy, người ta phân biệt các điểm tới hạn khi nung nóng  $A_{c_1}$ ,  $A_{c_3}$ ,  $A_{c_{cm}}$  và các điểm tới hạn khi làm nguội  $A_{r_1}$ ,  $A_{r_3}$ ,  $A_{r_{cm}}$ .

## Chương 3

### GANG

#### 3.1 Đặt tính cơ bản của gang

##### 3.1.1. Thành phần hoá học

Theo giản đồ trạng thái Fe-C, gang' là hợp kim của sắt-carbon với lượng cacbon lớn hơn 2,14%. Trong thực tế, lượng cacbon trong gang thường trong khoảng 2 – 4%.

Nhiệt độ nóng chảy của gang thấp hơn thép, nấu chảy gang dễ thực hiện hơn.

Mangan và Silic là hai nguyên tố quan trọng thường gặp trong gang với hàm lượng từ 0,5%42,5% mỗi nguyên tố. Chúng có tác dụng điều chỉnh sự tạo thành graphit, tổ chức và cơ tính của gang.

Photpho và lưu huỳnh là hai tạp chất với lượng thấp (0,05%40,5%), trong đó lưu huỳnh là nguyên tố có hại với gang.

Ngoài ra, trong gang còn có một số nguyên tố khác như Cr, Ni, Mo, Mg, Cu...

##### 3.1.2. Tổ chức tế vi

Theo tổ chức tế vi, có thể phân gang thành các loại: trắng, xám, cầu và dẻo.

Gang trắng là gang tất cả cacbon nằm ở dạng liên kết hoá học  $Fe_3C$ . Vì vậy gang trắng luôn chứa hỗn hợp cùng tinh Ledeburit.

Gang xám, cầu, dẻo là các loại gang trong đó phần lớn cacbon ở dạng tự do (graphit) với hình dạng khác nhau: tấm, cầu, cụm.

##### 3.1.3. Cơ tính và công nghệ

Gang là vật liệu có độ bền kéo thấp, độ giòn cao.

Gang trắng có độ bền kéo rất thấp và độ giòn rất cao, do chứa lượng xêmentit,.

Gang xám, dẻo, cầu tổ chức graphit do độ bền bằng không (0) nên coi như là các lỗ hổng có sẵn trong gang, làm mất tính liên tục của nền

gang, là nơi tập trung ứng suất lớn, làm gang kém bền. Mức độ tập trung ứng suất phụ thuộc vào hình dạng graphit, lớn nhất ở gang xám với graphit dạng tấm và bé nhất ở gang cầu với graphit dạng cầu tròn. Vì vậy gang cầu có độ bền cao nhất trong các loại gang.

Graphit có ảnh hưởng tốt đến cơ tính như tăng khả năng chống mòn do ma sát, làm tắt rung động và dao động cộng hưởng.

Tính công nghệ, gang có tính đúc tốt do nhiệt độ nóng chảy thấp, độ chảy loãng cao và tính gia công cắt gọt tốt (ở gang xám, cầu, dẻo) do graphit trong gang làm phoi dễ gãy vụn.

#### **3.1.4. Công dụng**

Các loại gang có graphit được dùng trong chế tạo cơ khí và trong các lĩnh vực khác.

Ví dụ: Trong ô tô các chi tiết bằng gang có thể chiếm tới 50% khối lượng kim loại, trong các thiết bị và máy tính tại, tỉ lệ này là 50 – 80%.

Nói chung, gang được dùng để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh và ít chịu va đập như bộ máy, vỏ, nắp các bộ phận tĩnh tại, các chi tiết chịu mài mòn, ma sát làm việc trong điều kiện khó khăn bôi trơn.

### **3.2. Các loại gang dùng trong ngành cơ khí**

#### **3.2.1. Gang xám**

##### ***a. Tổ chức tế vi***

Gang xám phần lớn cacbon của nó nằm ở dạng tự do (graphit). Rất ít hoặc không có cacbon ở dạng liên kết với sắt ( $Fe_3C$ ), lượng cacbon liên kết ở khoảng 0,41,0% C trong tổng lượng cacbon của gang (thường là 3 – 4%).

Dạng tổ chức chứa nhiều graphit, mặt gang có màu xám, tối (màu của graphit) nên có tên là gang xám.