



Bài giảng vật lý học

CHƯƠNG I. CẤU TẠO CỦA KIM LOẠI VÀ HỢP KIM.

Mục tiêu: Kim loại và hợp kim là những vật liệu đã đóng vai trò quan trọng trong mọi hoạt động xã hội và đời sống của con người như: chế tạo ra vật dụng trong gia đình, trong giao thông, trong chế tạo máy, y tế, quốc phòng... vì chúng là vật liệu để chế tạo ra máy móc, thiết bị, công cụ lao động ...

Chương này sẽ trình bày các khái niệm cơ bản của kim loại học bao gồm:

-Cấu trúc tinh thể của kim loại và hợp kim.

-Bản chất của quá trình kết tinh và các biện pháp làm nhỏ hạt.

-Hiểu và phân tích được giản đồ trạng thái của Fe-C (bản chất các pha, các chuyển biến cơ bản theo giản đồ)

I.CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT

I.1.Các đặc tính của kim loại:

Hiện nay người ta đã biết hơn 100 nguyên tố hoá học gồm hai loại: kim loại và á kim, trong đó kim loại chiếm tới 3/4.

I.1.1: Kim loại có những đặc điểm sau:

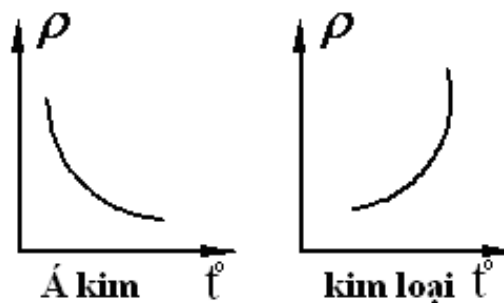
-Kim loại có màu sắc đặc trưng

-Dẻo, dễ biến dạng: uốn, gập, dát mỏng ...

-Dẫn điện và nhiệt tốt.

-Có hệ số nhiệt điện trở dương: $\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha^\circ)$; ($\alpha > 0$).

tức là khi tăng nhiệt độ, điện trở sẽ tăng lên, đối với á kim thì hệ số này là âm.



Hình 2.1

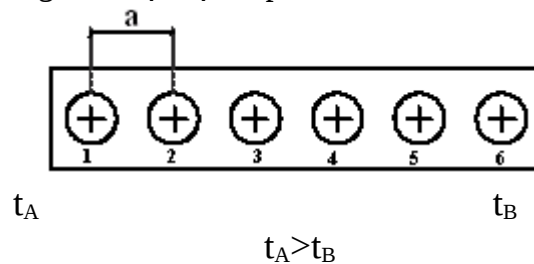
Ở một số trường hợp đặc biệt, như Sb (antimony) không biến dạng dẻo được bởi vì rất giòn; hoặc một số kim loại dẫn điện kém hơn á kim (Graphit: một dạng thù hình của C). Có thể giải thích các đặc điểm trên của kim loại bằng cấu tạo nguyên tử của nó.

Trong nguyên tử kim loại số điện tử ở lớp ngoài cùng rất ít, chỉ có từ 1-2 điện tử, chúng liên kết rất yếu với hạt nhân, rất dễ bứt ra trở thành điện tử tự do làm cho nguyên tử ở dạng ion dương. Điện tử tự do không bị ràng buộc là nguyên nhân quyết định các đặc điểm của kim loại:

-Khi ánh sáng chiếu vào, điện tử tự do nhận năng lượng, biên độ dao động tăng lên, nó nhảy khỏi quỹ đạo cân bằng. Ở trạng thái này điện tử không ổn định, nên trở về quỹ đạo của nó và giải phóng ra năng lượng dưới dạng sóng có bước sóng λ khác nhau. Phụ thuộc vào bước sóng mà kim loại có màu sắc đặc trưng.

- Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các điện tử tự do trong điện trường.

- Kim loại dẫn nhiệt là sự truyền động năng của nguyên tử ở vùng có nhiệt độ cao cho các nguyên tử bên cạnh ở vùng có nhiệt độ thấp.



Hình 2.2

Nguyên tử (1) khi nhận nhiệt, biên độ dao động lớn lên, đập vào (2) và truyền động năng cho nó, biên độ của (2) tăng lên và đập vào (3) ...

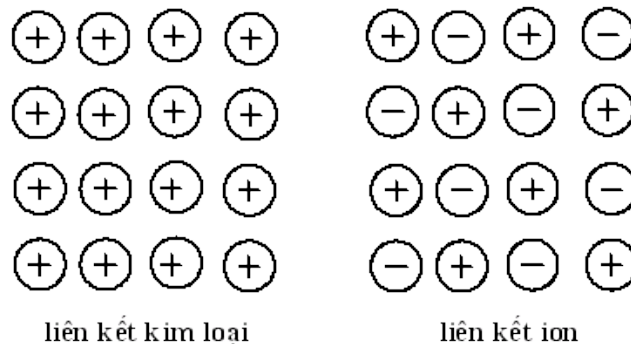
- Khi nhiệt độ tăng, tần số dao động của Ion cũng tăng lên, nên làm tăng sự cản trở chuyển động có hướng của các hạt electron tự do, nên điện trở tăng lên.

Ngược lại với kim loại, trong á kim không có điện tử tự do nên tính dẫn điện rất kém, khi nhiệt độ tăng lên một số điện tử bị kích động và bứt ra trở thành điện tử tự do, do đó tính dẫn điện tăng lên, điện trở giảm đi.

I.1.2: Liên kết kim loại:

Trong thực tế khi khảo sát ta gặp nhiều loại liên kết như: liên kết ion, liên kết đồng hoá trị, liên kết kim loại, liên kết hỗn hợp...

Đối với kim loại các ion của nó được ràng buộc với nhau bởi liên kết kim loại mà bản chất của nó là lực hút tĩnh điện cân bằng về mọi phía giữa ion dương và các điện tử tự do bao quanh nó. (Hình 2.3)



Hình 2.3

Liên kết kim loại có vẻ giống như liên kết ion (cùng là lực hút tĩnh điện giữa các điện tích trái dấu về mọi phía). Song liên kết kim loại không hề thay đổi khi các ion thay đổi vị trí cân bằng nhờ đó kim loại có tính dẻo cao. Còn liên kết Ion, khi bị biến dạng một số Ion dịch chuyển một khoảng cách, cấu hình bị thay đổi, lực hút biến thành lực đẩy, bản chất lực liên kết bị thay đổi, tinh thể bị biến đổi (vỡ vụn).

Liên kết kim loại cho độ dẻo cao nhất và liên kết Ion cho độ giòn cao nhất.

I.2. Các kiểu mạng tinh thể của các kim loại thường gặp:

I.2.1: Khái niệm về vật tinh thể, vật vô định hình.

- **Vật tinh thể:** là vật thể mà các chất điểm của nó sắp xếp có quy luật (có trật tự).

+ Đặc điểm: vật tinh thể có nhiệt độ nóng chảy xác định.

+ Tất cả kim loại và hợp kim của nó đều là vật tinh thể.

- **Vật vô định hình:**

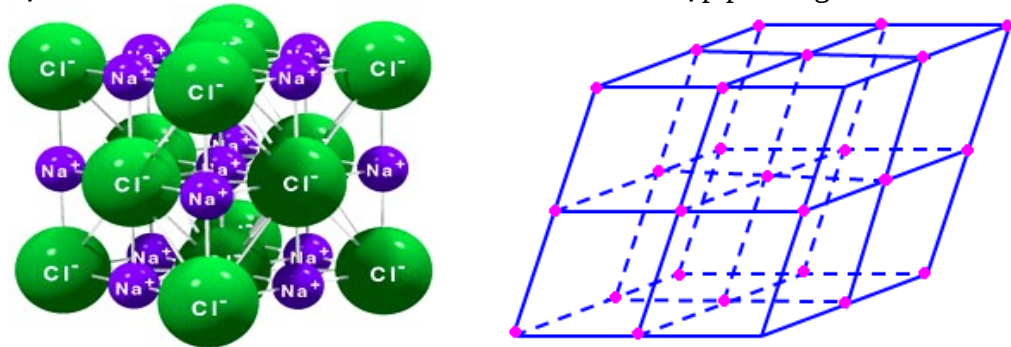
+Định nghĩa: là vật thể mà các chất điểm cấu tạo nên nó sắp xếp không có trật tự.

+Đặc điểm: vật vô định hình không có nhiệt độ nóng chảy xác định.
 +Các vật vô định hình như: thủy tinh, chất dẻo, cao su, ...

I.2.2: Khái niệm về mạng tinh thể.

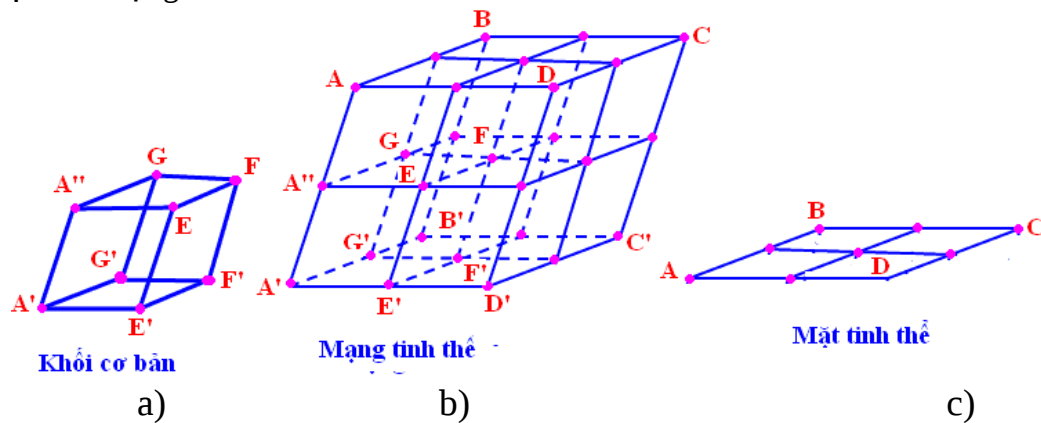
❖ **Định nghĩa mạng tinh thể:** mạng tinh thể là là một mô hình không gian mô tả sự sắp xếp của các chất điểm cấu tạo nên vật tinh thể.

Ví dụ: Các Ion tinh thể muối ăn nằm ở đỉnh của hình lập phương.



Hình 2.4 - Mạng tinh thể muối ăn

Trước khi đi sâu vào các kiểu mạng tinh thể của kim loại thường gặp, ta cần có các khái niệm về mạng tinh thể.

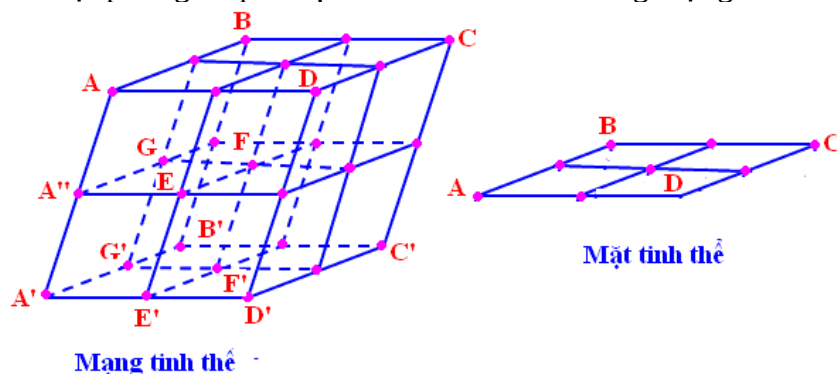


Hình 2.5

❖ Một số khái niệm.

➤ Mặt tinh thể:

+ Định nghĩa: là mặt phẳng đi qua một số các chất điểm trong mạng tinh thể.



Hình 2.6

+ Đặc điểm: các mặt tinh thể song song nhau thì có tính chất giống nhau.

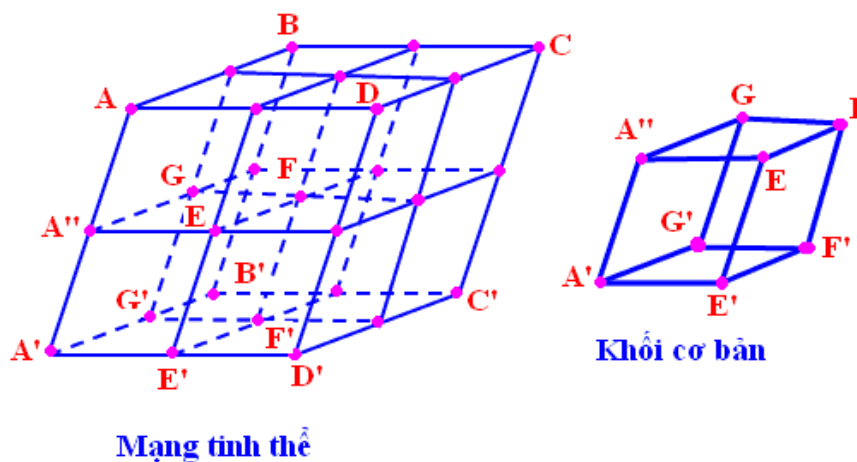
➤ **Phương tinh thể:**

+ Định nghĩa: là đường thẳng đi qua một số các chất điểm trong mạng tinh thể.

+ **Đặc điểm:** phương tinh thể song song nhau thì có tính chất giống nhau.

Ví dụ như phương tinh thể là AB, DC.

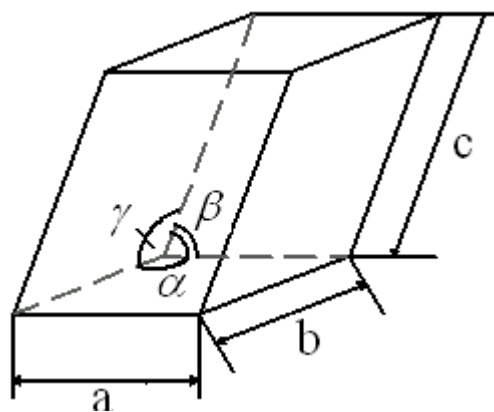
➤ **Khối cơ bản** (khối cơ sở): là thành phần nhỏ nhất đặc trưng cho mạng tinh thể. Nếu sắp xếp các khối cơ bản liên tục theo ba chiều không gian sẽ nhận được toàn bộ mạng tinh thể ($A''EFG, A'E'F'G'$)



Hình 2.7

➤ **Thông số mạng:** (a,b,c) đơn vị đo là \AA .

(α, β, γ) đơn vị đo là độ hay Radian.



Hình 2.8

➤ **Điểm trống:** (lỗ hổng). kim loại cấu tạo bởi các nguyên tử hình cầu vì vậy giữa các quả cầu luôn có những khoảng trống. Hình dạng điểm trống được tạo bởi các đa diện cong. Để dễ nghiên cứu người ta coi kích thước điểm trống là một quả cầu nội tiếp trong khoảng trống đó

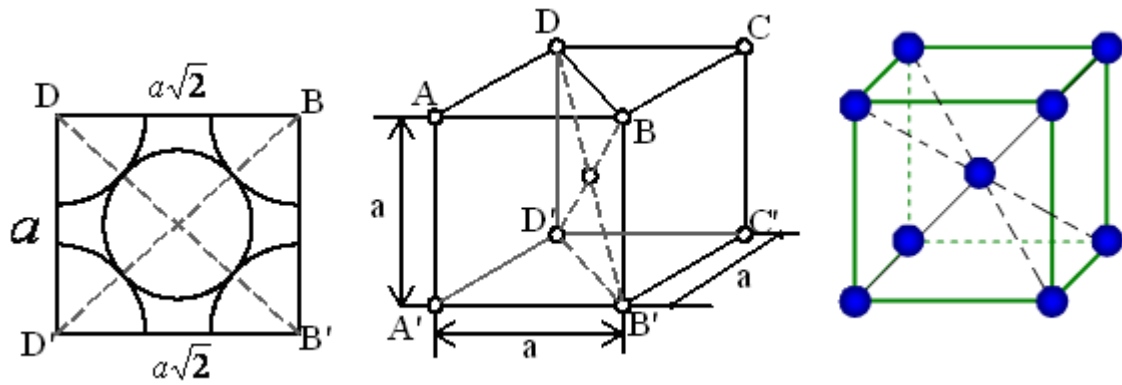
Trong thực tế biểu diễn mạng tinh thể bằng khối cơ bản của nó là đủ.

➤ Trong hình vẽ, các vòng nhỏ biểu diễn vị trí cân bằng (trung tâm) của nguyên tử (ion).

Vị trí cân bằng (trung tâm) mà nguyên tử, ion dao động xung quanh được gọi là **nút mạng**.

I.2.3. Một số kiểu mạng tinh thể thường gặp:

a- **Mạng lập phương thể tâm (tâm khối).**



Hình 2.9

Các kim loại thường có kiểu mạng này là

Fe_{α} , Cr, W, Mo, V...

-Hình dạng mạng: Ô cơ sở là một khối lập phương có cạnh bằng a , các nguyên tử nằm ở đỉnh và có một nguyên tử nằm ở tâm của khối.

-Số nguyên tử thuộc một khối cơ bản, ký hiệu n .

Nguyên tử nằm ở một đỉnh của khối chung với tất cả 8 khối cơ bản, vì vậy phần nguyên tử thuộc về một khối chỉ là $\frac{1}{8}$, khối lập phương có 8 đỉnh :

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

-Mặt tinh thể có các nguyên tử nằm sát nhau trong mạng lập phương thể tâm là mặt chéo khối được tạo bởi hai cạnh bên song song đối diện nhau qua tâm.

Ví dụ mặt BDD'B' ở mặt này theo phương đường chéo các nguyên tử nằm sát nhau

$$BD' = a\sqrt{3} = 2d \Rightarrow d = \frac{a\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = \frac{a\sqrt{3}}{4}.$$

-Mật độ khối: là phần trăm thể tích các nguyên tử chiếm trong 1 khối cơ bản.

$$M_v = \frac{n \cdot v}{V} \times 100\%$$

n : Số nguyên tử của khối cơ bản.

$$v : \text{Thể tích một nguyên tử} = \frac{4}{3} \cdot \pi \left(\frac{a\sqrt{3}}{4} \right)^3.$$

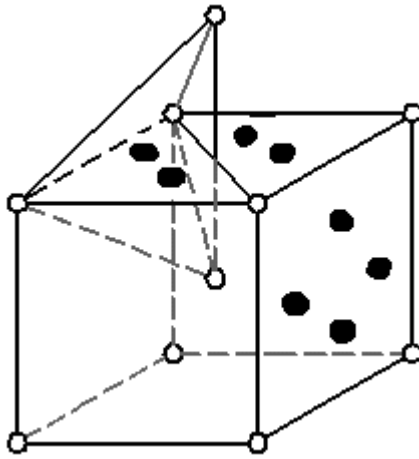
M_v : Mật độ khối.

V : Thể tích khối cơ sở = a^3 .

Mạng lập phương thể tâm có $M_v = 68\%$. vậy trong mạng lập thể tâm có 32% là khoảng trống.

-Điểm trống: trong mạng lập phương thể tâm có 2 loại.

+Điểm trống khối 4 mặt:



Hình 2.10. Điểm trống khối 4 mặt

- Vị trí: nằm ở $\frac{1}{4}$ đường thẳng nối điểm giữa 2 cạnh bên đối diện trên cùng một mặt bên.
- Số lượng: $n(4 \text{ mặt}) = x \cdot y \cdot z$

Trong đó $x = \frac{1}{2}$ phần điểm trống thuộc khối cơ bản.

$y = 4$ số vị trí trên một mặt bên.

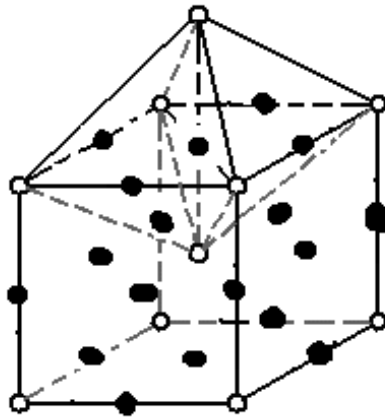
$z = 6$ số mặt bên.

$$\Rightarrow n = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 6 = 12 \text{ điểm trống.}$$

- Đường kính điểm trống khối 4 mặt:

$d_{tr}^{4m} = 0.221d$ với d là đường kính nguyên tử kim loại.

+ Điểm trống khối 8 mặt:



Hình 2.11

- Vị trí điểm trống: ở tâm các mặt bên và điểm giữa các cạnh bên.
- Số lượng điểm trống:

$$n(8 \text{ mặt}) = \frac{1}{2} \cdot 6 \text{ mặt} + \frac{1}{4} \cdot 12 \text{ cạnh} = 6.$$

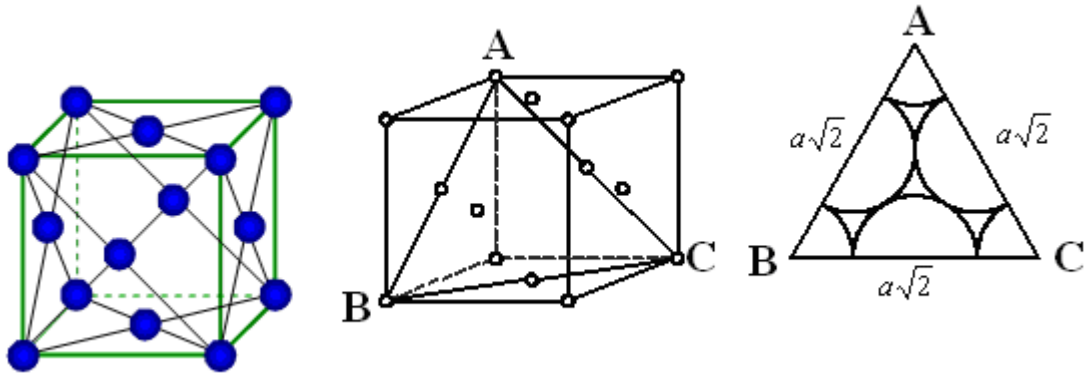
- Đường kính điểm trống:

$d_{tr}^{8m} = 0.154d$ với d là đường kính nguyên tử kim loại.

Ví dụ ở nhiệt độ thường sắt (Fe_{α}) có kiểu mạng lập phương thể tâm với thông số $a=2,9$

$\overset{\circ}{A}$ hay của Crom (Cr), molipđen (Mo), wonfam (W) lần lượt là: $a=2.884 \overset{\circ}{A}$, $3.147 \overset{\circ}{A}$, $3.165 \overset{\circ}{A}$.

b- Mạng lập phương diện tâm:

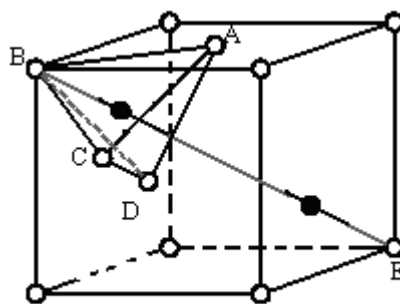


Hình 2.12

- Các kim loại có kiểu mạng này là: Fe_γ , Ni, Al, Cu, Pb...
- Mạng có dạng lập phương, các nguyên tử nằm ở đỉnh và ở giữa các mặt bên.
- Các nguyên tử nằm sát trên trên mặt chéo khối là tam giác đều có cạnh $a\sqrt{2}$.
- Bán kính nguyên tử $r = \frac{a\sqrt{2}}{4}$
- Số nguyên tử thuộc một khối cơ bản được tính như sau: $n = 8\text{đỉnh} \times \frac{1}{8} + 6\text{mặt} \times \frac{1}{2} = 4$.

- Mật độ khối:
$$M_v = \frac{n \cdot v}{V} \% = \frac{4 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3}{a^3} = 74\%$$

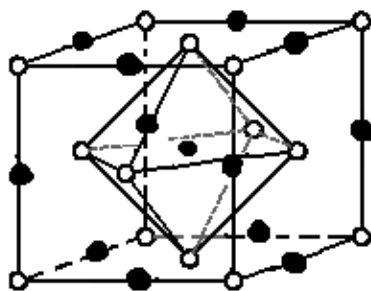
- Điểm trống: trong mạng lập phương diện tâm có hai loại lỗ trống.
 + Điểm trống 4 mặt có kích thước $0.225 d_{ngt}$ nằm ở 1/4 các đường chéo tính từ đỉnh.



Điểm trống khối 4 mặt

Hình 2.13

+ Điểm trống 8 mặt có kích thước lớn hơn, bằng $0.414 d_{ngt}$, nằm ở trung tâm khối và ở giữa các cạnh bên.

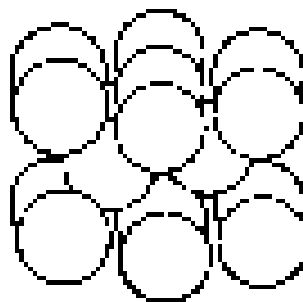
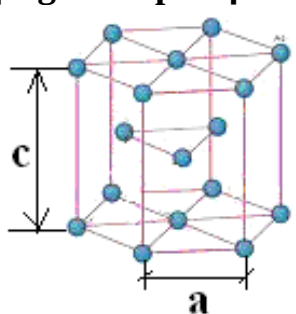


Điểm trống khối 8 mặt

Hình 2.14

Ví Dụ ở nhiệt độ cao ($>911^{\circ}\text{C}$), sắt (Fe_{γ}), Niken, đồng, nhôm có kiểu mạng lập phương diện tâm với thông số mạng là $a = 3.656 \text{ \AA}$, 3.524 \AA , 3.615 \AA , 4.049 \AA .

c- Mạng lục giác xếp chặt:



Hình 2.15

-Các kim loại có kiểu này là Zn, Co_{α} , Cd, Mg, Ti...

-Các nguyên tử nằm ở các đỉnh, ở tâm các mặt đáy và tâm của 3 hình lăng trụ tam giác xen kẽ nhau (hình 6).

Đầu tiên các nguyên tử mặt đáy lục giác xếp sát nhau (1, 2, 3, 4, 5, 6) rồi đến các nguyên tử lớp thứ hai (7, 8, 9) ở giữa khối lăng trụ tam giác xen kẽ nhau. Mặt đáy lục giác trên lại xếp vào khe lõm của lớp thứ hai ở đúng vị trí của lớp đáy dưới (1', 2', 3', 4', 5', 6') tức là 1' trùng với 1, 2' - 2... Mật độ khối $M_v = 74\%$.

-Số nguyên tử thuộc một khối cơ bản:

$$n = 12 (\text{đỉnh}) \times \frac{1}{6} + 2 (\text{mặt}) \times \frac{1}{2} + 3 = 6 (\text{nguyên tử}).$$

Kiểu mạng này có hai thông số mạng là a: cạnh của đáy lục giác và c: chiều cao lăng trụ. Do các lớp xếp vào các khe lõm của nhau nên a và c lại có tương quan:

$$\frac{c}{a} = 1.633 = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

Tỷ số $\frac{c}{a} = 1.633$ là trường hợp lý tưởng. Trong thực tế các kim loại có kiểu mạng này có tỷ số

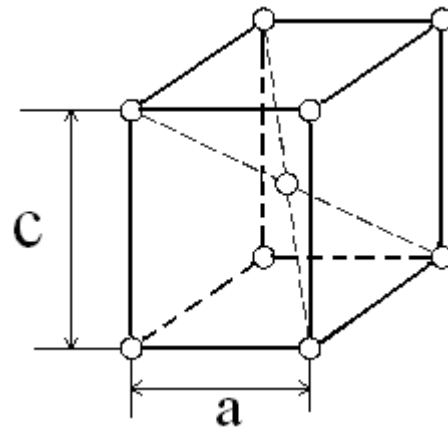
$\frac{c}{a} = 1.57 - 1.64$ cũng được coi là xếp chặt. Khi tỷ số này nằm ngoài khoảng đó được coi là không xếp chặt.

Ví dụ các kim loại xếp chặt là Titan (Ti) $a = 0.2951(\text{nm})$, $c = 0.4679(\text{nm})$, $\frac{c}{a} = 1.5855$ (xếp chặt).

Magie (Mg) $a=0.3209$, $c=0.5210$, $\frac{c}{a}=1.6235$ (xếp chặt).

d- Mạng chính phương thể tâm:

- Là mạng lập phương thể tâm có một cạnh kéo dài (c).



Hình 2.16

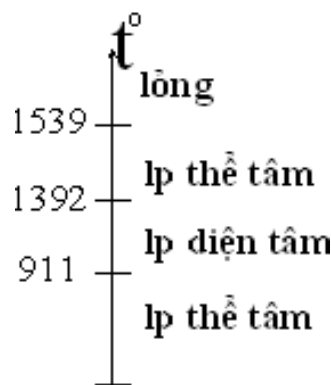
- Các kim loại thường không có kiểu mạng này, song nó là mạng tinh thể của mactenxit, một tổ chức rất quan trọng khi nhiệt luyện thép. (Hình 2.16).

-Mạng chính phương thể tâm có hai thông số là a và c, tỷ số $\frac{c}{a}$ gọi là độ chính phương.

I.3.Tính đa hình (thù hình):

Thù hình hay đa hình là sự tồn tại các kiểu mạng tinh thể khác nhau của cùng một nguyên tố khi nhiệt độ và áp suất khác nhau. Theo chiều tăng dần nhiệt độ, được ký hiệu lần lượt bằng chữ cái Hy Lạp: $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$.

Ví dụ sắt là loại có tính thù hình:



Hình 2.17

+Có mạng lập phương thể tâm ở hai khoảng nhiệt độ: dưới 911°C là Fe_{α} và từ 1392-1539°C là Fe_{δ} .

+Có mạng lập phương diện tâm ở 911-1392°C là Fe_{γ} .

+Thay đổi thể tích, khi nhiệt giảm mạng tinh thể của sắt biến đổi từ lập phương diện tâm (4 nguyên tử trong một khối cơ bản) thành 2 mạng thể tâm (một mạng có 2 nguyên tử), thể tích tăng lên gây ra ứng suất bên trong có thể làm kim loại bị biến dạng, nứt vỡ.

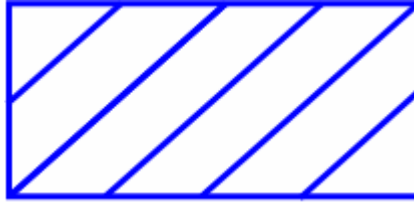
+Thay đổi tính chất: Cacbon có hai dạng thù hình là grafit (mạng lục giác) và mạng kim cương với tính chất khác hẳn nhau. Trong khi kim cương là vật liệu cứng nhất (tương đương 10600HB), grafit là vật liệu mềm nhất (1-2HB).

I.4. Đơn tinh thể và đa tinh thể -Hạt:

I.4.1. Đơn tinh thể:

-Trong một khối tinh thể có các phương mạng không đối xứng và thông số mạng ($a, b, c; \alpha, \beta, \gamma$) là hằng số thì nó là đơn tinh thể.

-Nếu cắt đơn tinh thể bằng một mặt cắt bất kỳ, thì trên mặt cắt này các phương mạng song song và cách đều nhau như hình vẽ.



Hình 2.18

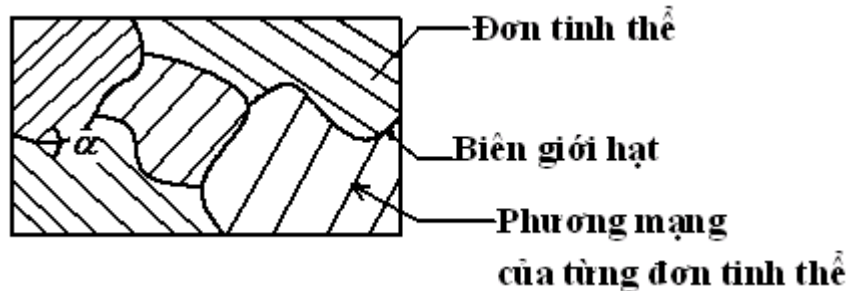
-Đặc điểm của đơn tinh thể là có tính dị hướng, đó là tính chất khác nhau theo các phương khác nhau.

-Nguyên nhân: do mật độ nguyên tử theo các phương khác nhau.

-Đơn tinh thể không phải là cấu trúc thực tế của kim loại.

I.4.2. Đa tinh thể-Hạt: Là cấu trúc thực tế của kim loại. Gồm nhiều đơn tinh thể được liên kết bền vững với nhau. Một đơn tinh thể còn gọi là một hạt. Đa tinh thể là gọi là đa hạt.

-Nếu cắt qua khối đa tinh thể bằng một mặt cắt bất kỳ, sẽ có giao tuyến của mặt cắt với mặt ngoài đơn tinh thể là biên giới hạt và trong từng đơn tinh thể có các phương mạng tinh thể (hình vẽ).



Hình 2.19

Đa tinh thể có đặc điểm sau:

-Phương mạng trong từng đơn tinh thể thì song song nhau, nhưng giữa các đơn tinh thể thì lệch nhau một góc bất kỳ (α).

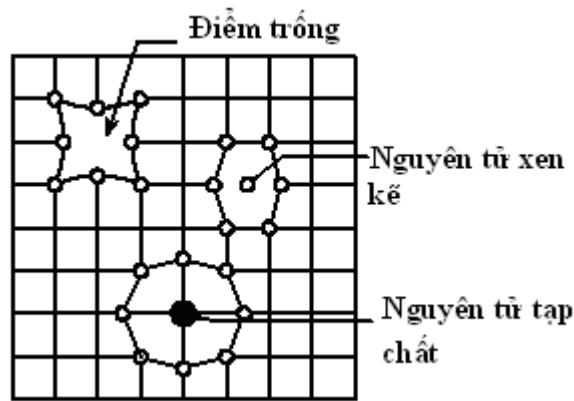
-Đa tinh thể mang tính đẳng hướng.

-Vùng biên giới hạt các nguyên tử sắp xếp không trật tự, chứa nhiều tạp chất, có nhiệt độ nóng chảy thấp nhất.

I.5. Các sai lệch trong mạng tinh thể:

I.5.1. Sai lệch điểm.

Là sai lệch có kích thước nhỏ (chỉ vài ba thông số mạng) theo cả ba phương đo, có dạng bao quanh một điểm. (Hình 2.20)



Hình 2.20

Nguyên nhân gây ra các sai lệch là :

-Điểm trống: là nút mạng không có nguyên tử, ion, có thể là do dao động nhiệt quá lớn, chúng bứt ra khỏi vị trí quy định ra chỗ khác. Nút trống có ảnh hưởng rất lớn đến cơ chế và tốc độ khuếch tán của kim loại và hợp kim ở trạng thái rắn.

-Nguyên tử xen giữa các nút mạng.

-Nguyên tử lạ hay tạp chất nằm ở chính các nút mạng hay xen giữa chúng.

Khi xuất hiện các nguyên nhân kể trên, các nguyên tử, ion ở xung quanh chúng vài thông số sẽ nằm lệch vị trí gây các vùng sai lệch mà chúng là trung tâm.

Số lượng sai lệch điểm phụ thuộc vào:

-Nhiệt độ: nhiệt độ càng cao số nút trống và nguyên tử xen giữa càng nhiều.

-Độ “sạch” của kim loại: kim loại càng nhiều tạp chất thì dạng sai lệch này càng nhiều.

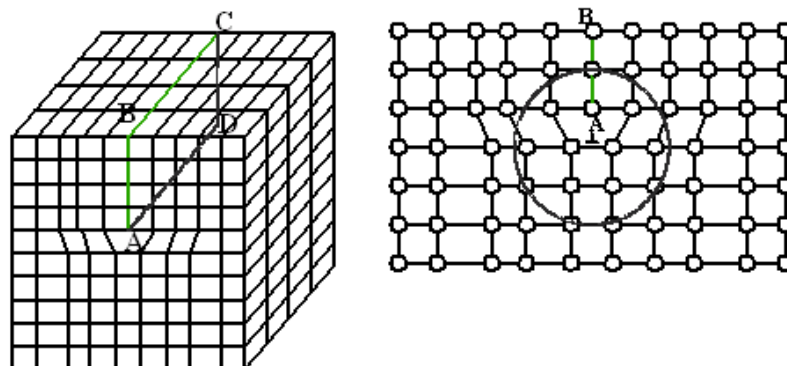
I.5.2.Sai lệch đường-Lệch:

Sai lệch đường là sai lệch có kích thước nhỏ (cỡ kích thước nguyên tử) theo hai chiều và lớn theo chiều thứ ba, tức có dạng của một đường. Sai lệch đường có thể là một dãy các sai lệch điểm kể trên, song cơ bản và chủ yếu vẫn là lệch.

Người ta thấy rằng lệch có tác dụng rất to lớn đến tính chất của kim loại đặc biệt là cơ tính. Có hai dạng lệch là lệch biên và lệch xoắn.

a.Lệch biên (lệch thẳng).

Có thể hình dung nó như ở hình 2.21. Trong mạng tinh thể hoàn chỉnh có thêm bán mặt thừa ABCD, sẽ làm cho các nguyên tử ở vùng biên bán mặt, tức là xung quanh trục AD bị xô lệch, gây nên lệch biên. Tiết diện độ vài thông số mạng kéo dài theo đường AD có thể tới hàng nghìn thông số mạng, AD là dạng đường thẳng. Lệch biên có tác dụng rất lớn đến quá trình trượt.

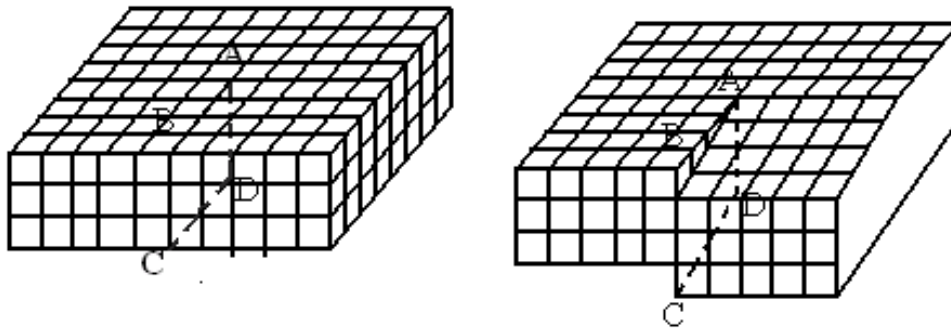


Hình 2.21

b.Lệch xoắn:

Có thể hình dung lệch xoắn như hình 2.22. Có mạng tinh thể hoàn chỉnh, ta cắt nó bằng bán mặt ABCD rồi dịch chuyển phần tinh thể hai bên bán mặt này ngược chiều nhau bằng

một thông số mạng, sẽ được mạng tinh thể có chứa lệch xoắn. Lúc này mạng tinh thể không phải gồm nhiều mặt song song với nhau nữa mà là một mặt xoắn quanh trục AD. Các nguyên tử nằm ở hai bên bán mặt không còn giữ được vị trí tương đối với nhau theo quy định mà gây ra xô lệch kéo dài theo trục AD. Trục AD được gọi là trục lệch. Lệch xoắn có ý nghĩa to lớn khi kim loại kết tinh.



Hình 2.22

I.5.3. Sai lệch mặt:

Là loại sai lệch có kích thước theo lớn hai chiều đo và nhỏ theo chiều thứ ba, tức có dạng của một mặt. Các dạng điển hình của sai lệch mặt là biên giới hạt và siêu hạt, bề mặt tinh thể.

I.6. Các phương pháp nghiên cứu tổ chức:

a. Mặt gãy:

Là phương pháp nghiên cứu tổ chức kim loại một cách thô sơ nhất: bằng quan sát kim loại ở chỗ gãy vỡ. Quan sát bằng mắt cũng có thể phát hiện:

- Vết nứt lớn.
- Lấn xỉ lớn, rỉ xỉ.
- Rỗ khí.
- Kích thước hạt lớn hay bé.

Với điều kiện chúng có kích thước ≥ 0.15 mm là giới hạn phân biệt của mắt.

b. Tổ chức thô đại:

Dem mài nhẵn mặt gãy bằng giấy nhám sẽ thấy rõ được một số dạng hỏng: nứt, lấn xỉ, rỉ một cách rõ hơn. Nếu dùng kính lúp để soi thì có thể phát hiện các khuyết tật kể trên tới kích thước lớn hơn 0.05mm.

Hai phương pháp này nói chung chỉ cho ta biết những khái niệm rất sơ bộ mà không đi sâu vào bản chất của kim loại và hợp kim, cho nên cần sử dụng các phương pháp khác hiện đại hơn.

c. Tổ chức tế vi:

-Được nghiên cứu bằng kính hiển vi kim loại. Độ phóng đại từ 80-2000 lần. Kính hiển vi kim loại dùng ánh sáng phản xạ vì kim loại không cho ánh sáng xuyên qua.

-Cần độ phóng đại lớn hơn dùng kính hiển vi điện tử. Độ phóng đại có thể tới một triệu lần hoặc hơn.

d. Phân tích cấu trúc bằng tia rơnghen:

Tia rơnghen là các sóng điện từ có bước sóng ngắn $\lambda = (0.005-2) \cdot 10^{-8}$ cm nên có năng lượng lớn, có thể đâm xuyên. Căn cứ vào ảnh vạch nhiễu xạ của tia phản chiếu từ các mặt tinh thể ta có thể suy ra một cách chính xác kiểu mạng tinh thể cũng như giá trị của thông số mạng. Ngoài phân tích tổ chức trong nghiên cứu kim loại còn áp dụng nhiều phương pháp: phân tích thành phần hóa học, xác định cơ, lý và các khuyết tật.

II. Sự kết tinh của kim loại nguyên chất :

Kim loại lỏng sau khi nấu luyện được rót vào khuôn, nó chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn có cấu trúc tinh thể và gọi là sự kết tinh.

II.1. Điều kiện xảy ra kết tinh:

Trước tiên hãy xét xem sự kết tinh xảy ra trong các điều kiện nào? Để trả lời câu hỏi trên ta hãy đi từ trạng thái xuất phát của nó là trạng thái lỏng.

a. Cấu trúc kim loại lỏng:

Kim loại lỏng có cấu trúc gần giống kim loại rắn vì những lý do sau:

- Thể tích của kim loại lỏng và rắn sai khác ít (< 2-6%) chứng tỏ khoảng cách nguyên tử ở hai trạng thái này gần giống nhau.
- Nhiệt độ nóng chảy chỉ bằng (5-10%) nhiệt hoá hơi; chứng tỏ liên kết nguyên tử ở hai trạng thái lỏng gần trạng thái rắn hơn trạng thái hơi.
- Nhiệt dung của trạng thái lỏng khác nhiệt dung của trạng thái rắn khoảng 10%; trong khi nhiệt dung lỏng khác nhiệt dung hơi 25% chứng tỏ dao động nhiệt của nguyên tử ở trạng thái lỏng gần trạng thái rắn hơn trạng thái hơi.
- Căn cứ ảnh hưởng xạ Ronghen chứng tỏ trong kim loại lỏng có cấu tạo trật tự gần và giống và cấu tạo này tồn tại ở trạng thái cân bằng động.
- Trong kim loại luôn có điện tử tự do.

b. Điều kiện năng lượng cho quá trình kết tinh:

Quy luật của tự nhiên là mọi vật đều có xu thế tồn tại ổn định hơn ở trạng thái có năng lượng dự trữ thấp hơn.

Sự biến đổi năng lượng quyết định chiều hướng của mọi chuyển biến (như phản ứng hóa học, kết tinh, biến đổi pha...). Trong tự nhiên mọi quá trình tự phát đều xảy ra theo chiều hướng giảm năng lượng dự trữ.

Đối với sự thay đổi trạng thái cũng vậy, động lực thúc đẩy nó là năng lượng dự trữ. Sự chuyển động của các nguyên tử, ion, được đặt trưng bằng đại lượng được gọi là năng lượng tự do F.

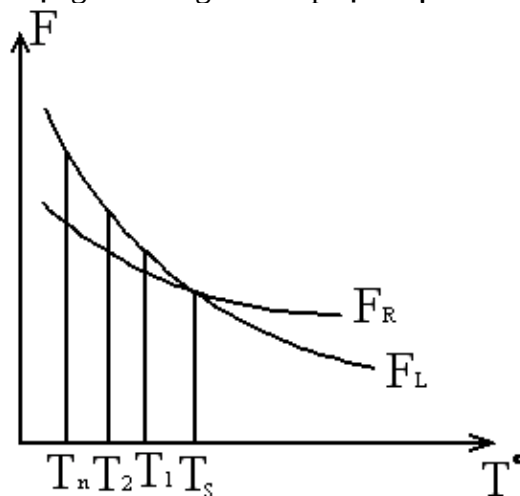
Có $F=U-TS$.

U: nội năng của hệ thống.

T: nhiệt độ Kenvin.

S: Entropi.

Năng lượng tự do của các trạng thái lỏng và rắn phụ thuộc vào nhiệt độ.



Hình 2.23

-Ở nhiệt độ $T > T_s^0$ Kim loại tồn tại ở trạng thái lỏng vì năng lượng tự do của lỏng nhỏ hơn rắn $F_l < F_r$.

-Ở nhiệt độ $T < T_s^0$ kim loại tồn tại ở trạng thái rắn vì $F_l > F_r$.

-Ở $T^0 = T_s^0$, $F_l = F_r$ vì vậy tồn tại cả lỏng và rắn, ở trạng thái cân bằng động nhiệt độ T_s^0 gọi là nhiệt độ kết tinh lý thuyết.

Vậy sự kết tinh thực tế chỉ xảy ra ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ kết tinh lý thuyết T_s^0 .

c. Độ quá nguội:

-Người ta gọi chênh lệch giữa nhiệt độ kết tinh lý thuyết T_s với nhiệt độ kết tinh thực tế T_{KT} là độ quá nguội. $\Delta T = T_s - T_{KT}$.

Vậy có thể phát biểu một cách khác điều kiện của quá trình kết tinh là: sự kết tinh chỉ xảy ra với độ quá nguội $\Delta T > 0$.

-Độ quá nguội ΔT phụ thuộc vào tốc độ nguội. Tốc độ nguội càng cao, độ quá nguội càng lớn. Tốc độ nguội phụ thuộc vào phương pháp làm nguội.

-Khi làm nguội rất chậm, đối với kim loại nguyên chất kỹ thuật nhiệt độ kết tinh thực tế rất gần với nhiệt độ kết tinh lý thuyết.

-Cũng với lý luận tương tự cho khi nung nóng: sự nóng chảy thực tế xảy ra ở nhiệt độ $T_{ch} > T_s^0$, độ chênh lệch giữa chúng được gọi là độ quá nung.

II.2. Hai quá trình của sự kết tinh :

Ở nhiệt độ $T < T_s^0$ sự kết tinh xảy ra được là nhờ hai quá trình tạo mầm và phát triển mầm.

a. Tạo mầm.

-Định nghĩa: mầm là phần tử rắn được hình thành từ kim loại lỏng có cấu trúc tinh thể, có kích thước đủ lớn để tồn tại và phát triển.

Người ta phân biệt hai loại mầm: tự sinh (đồng pha) và ký sinh.

Mầm tự sinh: là một loại mầm được hình thành từ kim loại lỏng và lơ lửng trong kim loại lỏng (xung quanh nó là kim loại lỏng)

Để dễ nghiên cứu, giả thiết như sau:

-Mầm có dạng hình cầu, bán kính r .

-Thể tích của kim loại lỏng là V , khi toàn bộ thể tích kim loại lỏng chuyển sang rắn, năng lượng tự do thay đổi: $F_l - F_r = \Delta F$.

-Gọi Δf_v là độ giảm năng lượng khi một đơn vị thể tích lỏng chuyển sang rắn.

$$\Delta f_v = \frac{\Delta F}{V}.$$

-Gọi σ_{M-L} (mầm-lỏng): là sức căng bề mặt giữa mầm và lỏng (chính là phần năng lượng tăng thêm ở bề mặt mầm tính cho một đơn vị diện tích).

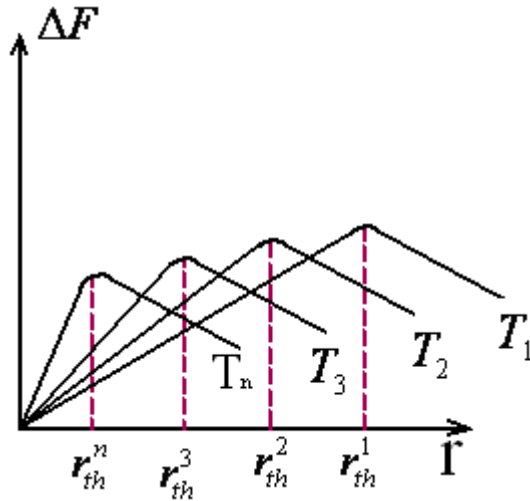
-Gọi số lượng mầm là n . Gọi $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ (là thể tích của một nguyên tử).

-Gọi $S_{xq} = 4\pi r^2$ là diện tích xung quanh của một mầm.

$$\text{Ta có } \Delta F = -nV\Delta f_v + n\sigma_{M-L} \cdot S_{xq}$$

$$\Delta F = -nV\Delta f_v + n\sigma_{M-L} \cdot 4\pi r^2,$$

Khi cho kết tinh ở nhiệt độ không đổi thì ΔF_v và σ_{M-L} là hằng số, vì vậy $\Delta F = f(r)$.
 -Vẽ đồ thị của hàm $\Delta F = f(r)$ ở các nhiệt độ kết tinh khác nhau: trong đó $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$.



Hình 2.24

Muốn xác định r_{th} thì đạo hàm bậc một hàm $\Delta F = f(r)$ cho bằng không: $r_{th} = \frac{2\sigma_{M-L}}{\Delta f_v}$.

Kết luận: khi nhiệt độ kết tinh càng thấp, tức là độ quá nguội càng lớn thì r_{th} càng bé và số lượng mầm sinh ra càng nhiều.

Mầm ký sinh: là loại mầm được hình thành từ kim loại lỏng và bám vào phần tử rắn trong kim loại lỏng.

Phần tử rắn như là: Oxyt, Cacbit (WC, TiC), Nitrit (Fe_2N , Fe_4N), Hydrit, bụi tường lò, bụi than, bụi chất sơn khuôn, thành khuôn...

Tương tự tính được:

Từ $r_{th}^{ks} = \frac{2\sigma_{M-R}}{\Delta F_v}$ Do $\sigma_{M-L} \gg \sigma_{M-R}$ vì vậy $r_{th}(\text{tự sinh}) > r_{th}(\text{ký sinh})$

Kết luận: Tạo mầm ký sinh dễ hơn tạo mầm tự sinh và bán kính mầm ký sinh nhỏ hơn bán kính mầm tự sinh.

b. Phát triển mầm.

-Là quy luật tất yếu vì giảm năng lượng tự do của hệ thống.

-Cơ chế phát triển: theo cơ chế xếp lớp là từng nhóm nguyên tử trong kim loại lỏng xếp vào bề mặt mầm ở các vị trí này 1; 2; 3 từ hàng này đến hàng khác và từ lớp này đến lớp khác.

$$\text{Ta có } \Delta F = -n \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \Delta f_v + n \cdot \sigma \cdot 4\pi r^2$$

Trong đó: $-n \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \Delta f_v$ là độ giảm năng lượng thể tích.

$+4\sigma \cdot \pi r^2$ là độ tăng năng lượng bề mặt

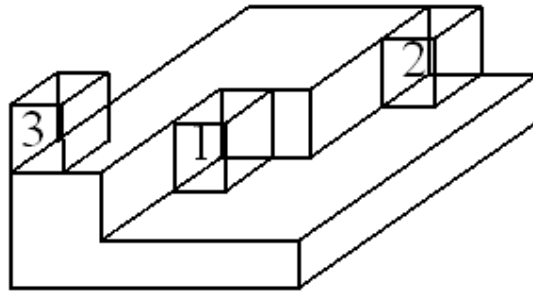
Khi kết tinh ΔF giảm càng nhiều thì quá trình kết tinh càng dễ dàng.

Vì vậy tại:

Vị trí (1): phát triển thuận lợi nhất (vì không tăng diện tích xung quanh).

Vị trí (3): phát triển kém thuận lợi nhất (vì tăng diện tích xung quanh nhiều nhất).

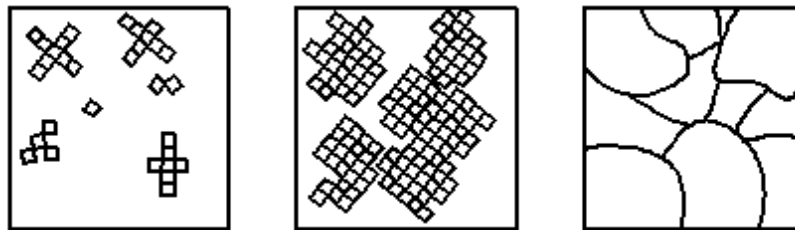
Vị trí (2): phát triển tương đối thuận lợi.



Hình 2.25

II.3. Sự hình thành hạt-Hình dạng hạt-Độ lớn của hạt.

-Mỗi mầm lớn lên thành một hạt. Trong quá trình lớn lên của mầm tiếp tục hình thành mầm mới. Khi các hạt gặp nhau quá trình kết tinh kết thúc (hình 2.26).



Hình 2.26

-Nhận xét:

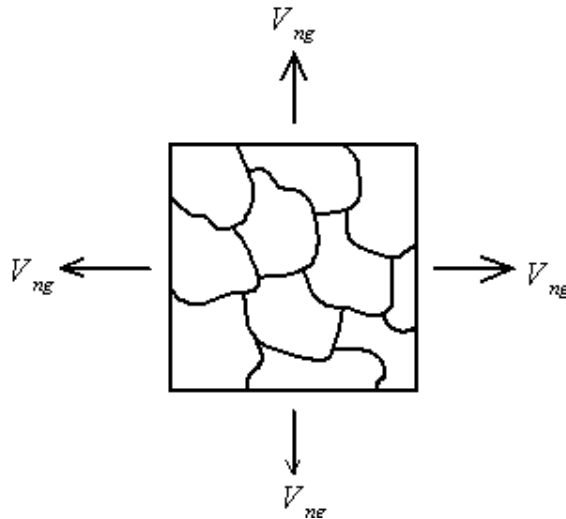
+Mỗi hạt tạo từ một mầm mà phương mạng của mầm định hướng ngẫu nhiên nên phương mạng của các hạt lệch nhau một góc bất kỳ.

+Kích thước hạt không đều nhau.

+Biên giới hạt là nơi các nguyên tử sắp xếp không trật tự, có nhiệt độ nóng chảy thấp nhất và chứa nhiều tạp chất nhất.

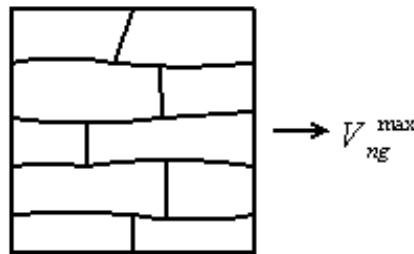
a.Hình dạng hạt : do tương quang về tốc độ phát triển mầm theo theo các phương mà hạt tạo nên có hình dạng khác nhau.

-Khi tốc độ nguội đều theo mọi phương thì hạt tạo nên có hình dạng đa cạnh xu hướng co về dạng cầu.



Hình 2.27

-Khi tốc độ nguội mạnh theo một phương nào đó, hạt sẽ phát triển mạnh theo phương đó và có dạng tấm (trụ)



Hình 2.28

-Khi mầm phát triển mạnh theo mặt và phương có mật độ nguyên tử lớn nhất thì hạt có dạng nhánh cây.



Hình 2.29

Loại hạt dạng đa diện có các chỉ tiêu cơ tính tốt nhất; dạng nhánh cây xấu nhất và dạng tấm (trụ) ở giữa hai loại trên.

b.Kích thước hạt:

Hạt có kích thước càng bé thì σ_b , độ cứng, độ dẻo ($\mathcal{D}\%$); độ dai và đập (a_k) càng tăng và ngược lại. Vì vậy phải xác định kích thước hạt kim loại trên tổ chức tế vi bằng cách:

- Đo diện tích trung bình của hạt, cách này phức tạp ít dùng.
- Đo chiều ngang (đường kính) lớn nhất của hạt.
- So sánh với bảng chuẩn có độ phóng đại x100, đây là cách phổ biến nhất.

Đánh giá độ lớn của hạt theo 8 cấp: 1-4 to, 5-8 nhỏ (cấp 1 to nhất, cấp 8 nhỏ nhất).

II.4. Các phương pháp tạo hạt nhỏ khi đúc

a. Nguyên lý: rất dễ nhận thấy kích thước hạt phụ thuộc vào tương quan hai quá trình cơ bản của kết tinh là tạo mầm và phát triển mầm. Số mầm được tạo càng nhiều thì hạt càng nhỏ, nhưng mầm phát triển càng nhanh thì hạt càng lớn.

Bằng thực nghiệm, người ta thấy rằng kích thước hạt phụ thuộc vào tốc độ sinh mầm n ($n/mm^3.s$) và tốc độ phát triển mầm v ($v/mm^3.s$) theo công thức:

$$A = a \sqrt{\frac{v}{n}}$$

Trong đó a là hệ số phụ thuộc vào bản chất trong kim loại.

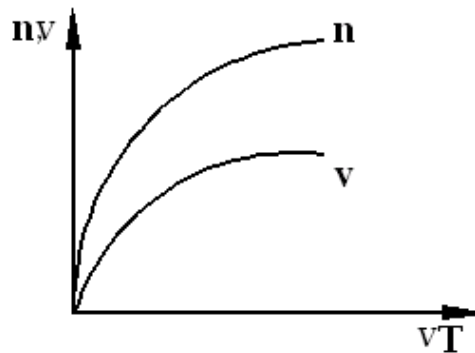
Vậy nguyên lý tạo hạt nhỏ khi đúc là tăng tốc độ sinh mầm n và giảm tốc độ phát triển mầm v .

b. Các phương pháp làm nhỏ hạt:

Thường dùng hai phương pháp là tăng độ quá nguội và biến tính.

Tăng độ quá nguội

Khi tăng độ quá nguội thì tốc độ tạo mầm n và tốc độ phát triển mầm v đều tăng (hình 2.30) nhưng n tăng nhanh hơn v , do đó làm nhỏ hạt đi.



Hình 2.30

Trong thực tế để tăng độ quá nguội khi đúc phải làm nguội nhanh, thường dùng các phương pháp sau đây:

-Thay vật liệu làm khuôn từ cát bằng kim loại như gang có tính dẫn nhiệt cao (đúc trong khuôn kim loại, đúc ly tâm).

-Làm nguội khuôn kim loại bằng nước như đúc ống liên tục.

Phương pháp này có nhược điểm là ứng suất cao và có thể gây nứt khi làm nguội nhanh, gây biến trắng đối với gang làm nhỏ hạt bằng tăng độ nguội không phù hợp đối với vật đúc lớn, thành dày.

Biến tính

Là phương pháp làm nhỏ hạt rất hiệu quả, đó là cách cho vào kim loại lỏng trước khi rót khuôn một lượng rất nhỏ (không quá 0.1% trọng lượng kim loại) chất đặc biệt có tác dụng làm nhỏ hạt, thậm chí có thể thay đổi hình dạng hạt. Có cơ chế làm nhỏ hạt như sau:

-Khi hòa tan vào kim loại lỏng chất biến tính sẽ kết hợp với tạp chất hoặc khí hòa tan trong kim loại lỏng tạo nên các hợp chất có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ kim loại lỏng, không tan, ở dạng phần tử rắn nhỏ, lơ lửng, phân tán đều trong thể tích, giúp cho sự tạo mầm ký sinh.

Ví dụ cho nhôm (Al) vào thép lỏng với lượng nhỏ (khoảng 20 gam trên một tấn thép) để kết hợp với Oxy, nitơ thành Ôxyt (Al_2O_3), nitrit (AlN) khó chảy tạo nên các phần tử rắn nhỏ mịn, phân tán đều, giúp tạo mầm ký sinh dễ dàng.

II.5. Cấu tạo tinh thể của thỏi đúc

a. Ba vùng tinh thể của thỏi đúc:

-Các thỏi đúc thường tiết diện tròn hay vuông, chúng được đúc trong khuôn kim loại, đôi khi khuôn được làm nguội bằng nước. Đối với một thỏi đúc điển hình từ ngoài vào trong có ba vùng tinh thể lần lượt như sau. (Hình vẽ 2.31)

Hình 2.31

Vỏ ngoài cùng là lớp hạt nhỏ đẳng trục: (vùng 1) do kim loại lỏng tiếp xúc với thành khuôn nên được kết tinh với ΔT^0 lớn, cộng thêm tác dụng của bề mặt khuôn là phần tử rắn có sẵn nên hạt tạo thành khá nhỏ mịn, do thành khuôn có độ nhấp nhô (nhờ chất sơn khuôn) nên các mầm phát triển theo các phương là ngẫu nhiên, do đó trực hạt phát triển đều theo mọi phía.

Vùng tiếp theo là lớp hạt tương đối lớn hình trụ (vùng 2): vuông góc với thành khuôn, vì phương này có tốc độ nguội lớn nhất.

Vùng ở tâm thỏi đúc là các hạt lớn đẳng trục. (vùng 3).

-Do kim loại lỏng kết tinh với ΔT^0 nhỏ hơn và phương tản nhiệt đều về mọi phía nên có dạng đa diện, kích thước lớn.

Trong ba vùng thì vùng ngoài cùng luôn luôn là lớp vỏ mỏng còn hai vùng sau đó có mối tương quan với nhau phụ thuộc vào điều kiện làm nguội thành khuôn, nếu: khuôn làm nguội mãnh liệt thì vùng hai sẽ lấn át vùng ba, có khi làm mất hẳn vùng ba tạo tổ chức xuyên tinh thể, tại tâm thỏi đúc có nhiệt độ nóng chảy thấp nhất nên ở nhiệt độ cán nó bị chảy ra, khi cán sản phẩm cán bị vỡ dọc theo phương cán.

Khi khuôn được làm nguội chậm thì có cả 3 vùng, thỏi đúc trở nên dễ cán hơn.

b. Các khuyết tật của vật đúc.

Rỗ co và lõm co

Chúng đều có nguyên nhân là do thể tích kim loại khi kết tinh bị co lại nhưng hình thức thể hiện thì khác nhau.

Phần điểm trống ở trên cùng và ở phần dày nhất của thỏi đúc được gọi là lõm co, đây là phần kết tinh sau cùng, bản thân kim loại lỏng ở đây đã bù cho các phần kết tinh trước, và đến lượt nó kết tinh thì không còn kim loại lỏng để bù cho nó nữa nên tạo ra một điểm trống tập trung.

Các điểm trống nhỏ tạo nên do sự co của kim loại lỏng khi kết tinh được phân bố đều khắp thể tích vật đúc được gọi là rỗ co. Rỗ co làm giảm mật độ vật đúc, làm xấu cơ tính, khi gia công áp lực ở nhiệt độ cao thì rỗ co được hàn kín lại.

Rỗ khí

Trong điều kiện nấu chảy thông thường, kim loại có khả năng hòa tan một lượng khí đáng kể, sau khi kết tinh độ hoà tan của khí trong kim loại rắn giảm đi đột ngột, khí thoát ra không kịp, bị mắc kẹt lại tạo nên túi rỗng nhỏ được gọi là *rỗ khí*.

Thiên tích

Là sự không đồng nhất về thành phần hóa học trong thể tích của vật đúc. Sự không đồng nhất đó dẫn đến sự sai khác nhau về tính chất giữa các phần, làm giảm đi cơ tính của kim loại.

III.Hợp kim và giản đồ trạng thái:

III.1.Khái niệm về hợp kim .

a. Định nghĩa:

Hợp kim là một loại vật liệu được tạo thành bằng cách nấu chảy hay thiêu kết một kim loại với một hay nhiều nguyên tố khác.

Hợp kim mang tính kim loại: dẫn điện, dẫn nhiệt cao, dễ biến dạng, có ánh kim.

Trong hợp kim nguyên tố chính nguyên tố là kim loại.

b. Ưu việt của hợp kim.

-Có σ_b , σ_{dh} , σ_c cao của hợp kim hơn kim loại nguyên chất; độ dẻo thấp hơn nhưng vẫn thỏa mãn nhu cầu sử dụng.

-Tính công nghệ tốt, tức là để tạo thành bán thành phẩm và sản phẩm, có thể thỏa mãn một trong các tính công nghệ sau:

+Công nghệ cắt gọt.

+Công nghệ đúc.

+Công nghệ hàn.

+Công nghệ nhiệt luyện.

-Hợp kim chế tạo dễ hơn kim loại nguyên chất.

-Hợp kim có những tính chất đặc biệt mà kim loại nguyên chất không có như: không gỉ, dẫn từ, dẫn nhiệt, giãn nở đặc biệt.v.v..

c.Một số khái niệm:

-Pha là những phần tử cấu tạo nên hợp kim, cùng một loại pha phải cùng trạng thái có cùng cấu trúc mạng tinh thể và có bề mặt phân chia.

-Nguyên (cấu tử):

+ Là những chất độc lập, hoặc những hợp chất ổn định để cấu tạo nên các pha.

+Hợp chất ổn định là những hợp chất không bị phân huỷ ở nhiệt độ cao.

-Hệ thống là tập hợp các pha ở trạng thái cân bằng.

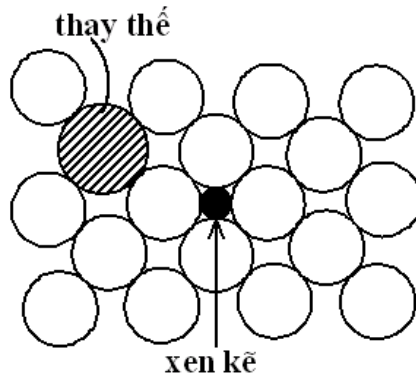
III.2Cấu trúc mạng tinh thể của các pha của hợp kim .

a.Dung dịch rắn:

-Khái niệm về dung dịch rắn:

+**Định nghĩa:** dung dịch rắn là một pha tinh thể trong đó nguyên tố dung môi giữ nguyên kiểu mạng, còn nguyên tử của nguyên tố hòa tan được sắp xếp vào trong mạng tinh thể của nguyên tố dung môi một cách đều đặn và ngẫu nhiên.

-Ký hiệu dung dịch rắn của cùng một hệ bằng chữ Hy Lạp $\alpha, \beta, \gamma...$ hoặc rõ hơn bằng A (B); B(A) trong đó nguyên tố trong móc tròn là nguyên tố hòa tan, còn nguyên tố ngoài móc tròn là nguyên tố dung môi.



Hình 2.32

Sơ đồ sắp xếp nguyên tử hòa tan thay thế và xen vào dung môi có mạng lập phương tâm mặt

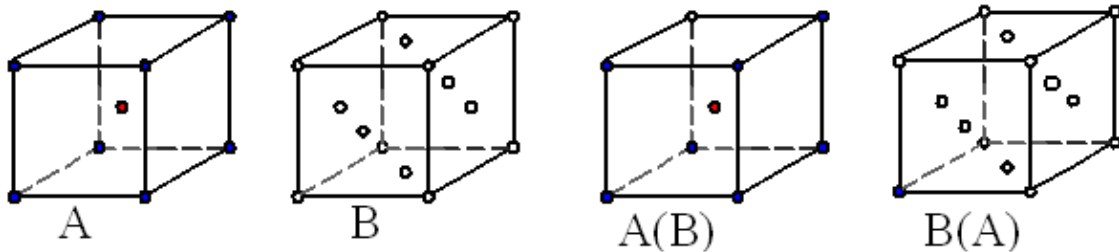
+ **Đặc điểm chung của dung dịch rắn:**

- Mạng tinh thể của dung dịch rắn là mạng tinh thể của nguyên tố dung môi .
- Nồng độ chất hòa tan thay đổi trong phạm vi rộng.
- Liên kết nguyên tử: là liên kết kim loại, vì vậy dung dịch rắn là một pha có độ dẻo cao nhất trong tất cả các pha cấu tạo nên hợp kim.
- Khi nồng độ nguyên tố hòa tan càng tăng thì mật độ lệch càng tăng dẫn đến độ bền, độ cứng, điện trở càng tăng, độ dẻo, độ dai giảm.

b. Các loại dung dịch rắn.

b.1. Dung dịch rắn thay thế:

* **Định nghĩa:** là một loại dung dịch rắn mà nguyên tử nguyên tố hòa tan thay thế vị trí nguyên tử của nguyên tố dung môi (hình 2.33).



Hình 2.33

* **Đặc điểm của dung dịch rắn thay thế:** M_v không đổi do số nguyên tử thuộc một khối cơ bản không đổi.

* **Các loại dung dịch rắn thay thế:**

- Dung dịch rắn thay thế hòa tan vô hạn
 - + $0\% < \%HT < 100\%$.
 - + Điều kiện: có 4 điều kiện.
 - $d_A \neq d_B < 7-15\%$.
 - Có cùng kiểu mạng tinh thể.
 - Có cùng hoá trị.

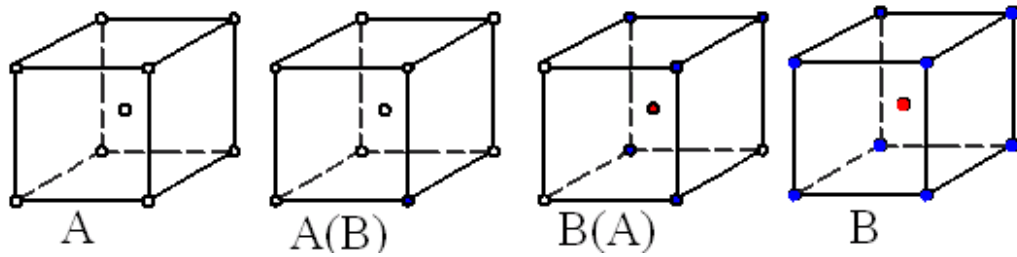
Có lý hóa tính gần giống nhau.

- Dung dịch rắn hòa tan có hạn.

+ $\%HT < x\%$.

+ Chỉ cần một trong 4 điều kiện hòa tan vô hạn không thỏa mãn sẽ có hòa tan có hạn.

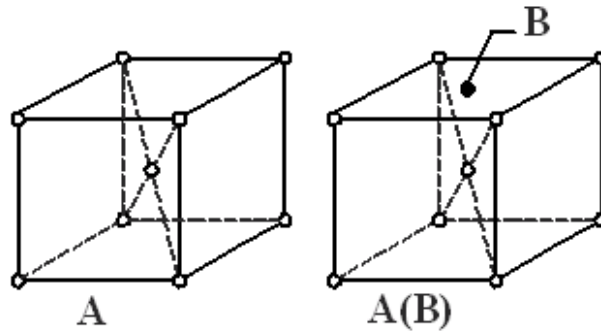
- Dung dịch rắn thay thế hòa tan có trật tự: nguyên tử hòa tan sắp xếp trong mạng dung môi có quy luật (hình 2.34).



Hình 2.34

b.2. Dung dịch rắn xen kẽ:

*. **Định nghĩa:** là dung dịch mà nguyên tử của nguyên hòa tan nằm ở điểm trống trong mạng tinh thể của nguyên tố dung môi.



Hình 2.35

*. **Đặc điểm:**

- M_v trong dung dịch rắn xen kẽ tăng vì N tăng.
- Dung dịch rắn chỉ hòa tan có hạn.
- Các điểm trống trong mạng đều nhỏ nên các nguyên tử hòa tan B muốn lọt vào các điểm trống đó phải có đường kính khá nhỏ với nguyên tử dung môi $\frac{d_B}{d_A} < 0.59$ Dung dịch rắn

xen kẽ thường được tạo thành bởi dung môi là kim loại có đường kính nguyên tử lớn như: Fe, Cr, W, Ti... và nguyên tố hòa tan là các á kim có đường nguyên tử nhỏ như: C, N, H, B. Giữa các kim loại với nhau chỉ tạo thành dung dịch rắn thay thế, vì chúng có đường kính nguyên tử không khác nhau nhiều, khi tỷ lệ đường kính nguyên tử trong khoảng 0.59-0.85 chúng tạo nên hỗn hợp cơ học của hai kim loại:

	0.59	0.85
A(B) xen kẽ	hỗn hợp A và B	A(B) thay thế

Hình 2.36

c. Hợp chất hóa học:

*. **Định nghĩa:** là một pha được tạo thành bởi các nguyên tố giữa chúng có xảy ra phản ứng hóa học.

*. **Đặc điểm:**

- Mạng tinh thể của hợp chất hoá học khác kiểu mạng các nguyên tố tạo thành.
 - Liên kết trong hợp chất hoá học chủ yếu là liên kết Ion hoặc Ion kết hợp đồng hóa trị. Hợp chất hoá học có nồng độ gần cao nhất.
 - Nồng độ trong hợp chất hóa học không đổi và tuân thủ theo quy tắc hóa trị.
- Tính chất: nhiệt độ nóng chảy cao, độ cứng cao, khả năng chống mài mòn tốt và rất giòn.

d. Pha trung gian:

*. **Định nghĩa:** là một pha có đặc điểm nằm giữa dung dịch rắn và tổ chức hóa học.

*. **Đặc điểm:**

- Mạng tinh thể của pha trung khác hẳn mạng tinh thể các nguyên tố tạo thành.

- Nồng độ pha trung gian có thể thay đổi trong phạm vi hẹp.

- Liên kết trong pha trung gian chủ yếu là liên kết kim loại.

- Pha trung gian có nhiệt độ nóng chảy, độ cứng, khả năng chống mài mòn rất cao, tương đối giòn.

Một số pha trung gian.

- **Pha xen kẽ:** là một loại pha trung gian được tạo bởi các kim loại có đường kính lớn (như: W, V, Ti, Mo, Fe, Cr, Mn...) với á kim có đường kính bé (như: H, N, C..)

Nếu $\frac{d_{AK}}{d_{KL}} < 0.59$: pha xen kẽ có kiểu mạng đơn giản (như: WC, TiC, Fe₂N...)

đặc điểm của pha này là nhiệt độ nóng chảy, độ cứng khả năng chống mài mòn rất cao, tương đối giòn.

Nếu $\frac{d_{AK}}{d_{KL}} > 0.59$ pha xen kẽ có kiểu mạng phức tạp (Fe₃C, Cr₇C₃, Cr₂C₆).

Đặc điểm: nhiệt độ nóng chảy, độ cứng khả năng chống mài mòn cao.

- **Pha điện tử (pha Hume-Rothery):**

*. Nồng độ điện tử (Cđt) là tỷ số giữa tổng số điện tử hóa trị với tổng số nguyên tử của hợp chất.

Như hợp chất AmBn: $Cđt = \frac{(m.A.HTA + n.B.HTB)}{\sum (m.A + n.B)}$

*. Pha hợp chất điện tử được tạo bởi hai nhóm kim loại:

- Nhóm 1: kim loại hóa trị một như Cu, Ag, Au và kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni, Pd, Pt.

- Nhóm 2: các kim loại hóa trị 2, 3, 4: Be, Mg, Zn, Cd (2), Al (3), Si, Sn (4).

Có nồng độ điện tử (số điện tử / số nguyên tử) bằng một trong các giá trị 3/2, 21/13, 7/4, mà mỗi giá trị ứng với kiểu mạng xác định.

Nếu:

Cđt = 3/2 là lập phương thể tâm ký hiệu β .

Cđt = 21/13 lập phương phức tạp, ký hiệu: γ .

Cđt = 7/4 là mạng lục giác xếp chặt, ký hiệu: ϵ

Ví dụ: Cu-Zn có các pha điện tử sau.

+ CuZn- pha β $\left(\frac{1.1 + 2.1}{1 + 1} = \frac{3}{2} \right)$ mạng lập phương thể tâm.

+ Cu₅Zn₈ pha γ $\left(\frac{1.5 + 2.8}{5. + 8} = \frac{21}{13} \right)$ mạng lập phương phức tạp

+ CuZn₃ pha ϵ $\left(\frac{1.1 + 2.3}{1 + 3} = \frac{7}{4} \right)$ mạng lục giác xếp chặt

*. Một hợp kim có thể là:

- Một hay nhiều dung dịch rắn.

- Một ha nhiều dung dịch rắn với một hay nhiều pha trung gian.

- Trong một số ít trường hợp có thể có thêm hợp chất hóa học.

III.3. Giản đồ trạng thái hai cấu tử

a. Khái niệm về giản đồ trạng thái (GĐTT).

-Định nghĩa:

Giản đồ trạng thái là một biểu đồ mô tả sự phụ thuộc trạng thái pha của hợp kim vào nhiệt độ và nồng độ. Giản đồ trạng thái còn gọi là giản đồ pha.

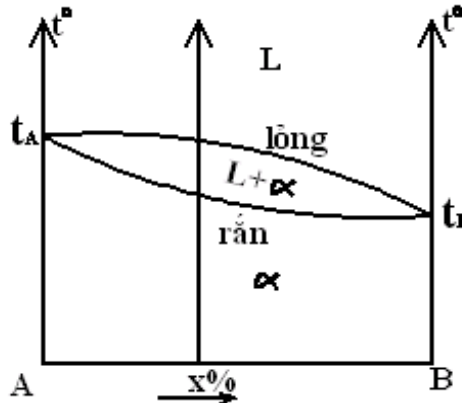
Giản đồ trạng thái được xây dựng hoàn toàn bằng thực nghiệm, trong điều kiện nung nóng và làm nguội vô cùng chậm tức là ở trạng thái cân bằng.

-Công dụng của giản đồ trạng thái: từ giản đồ 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 có thể xác định dễ dàng các chế độ đúc, rèn, cán, hàn, nhiệt luyện.

+Trạng thái pha (pha nào, thành phần pha, số lượng pha, tỷ lệ) của hợp kim trong hệ, từ đó có thể đoán được đặc tính cơ bản và công dụng.

-Cấu tạo (Giản đồ của hợp kim hai cấu tử).



Hình 2.37.

+ Hai trục tung chỉ nhiệt: trục tung thứ nhất chỉ trạng thái của nguyên tố A và trục tung thứ hai chỉ trạng thái của nguyên tố B.

+Trục hoành chỉ nồng độ của nguyên tố A, B theo % trọng lượng.

+Một đường thẳng đứng trong giản đồ (x%B) chỉ trạng thái của pha hợp kim x%B.

+Các đường cong, thẳng (nếu có) chia giản đồ thành nhiều vùng có trạng thái pha giống nhau.

***.Quy tắc pha dùng để nghiên cứu GĐTT.**

-Bậc tự do: là số yếu tố độc lập có thể thay đổi được trong giới hạn xác định mà không làm thay đổi trạng thái pha của hệ, tức là không làm thay đổi số pha đã có.

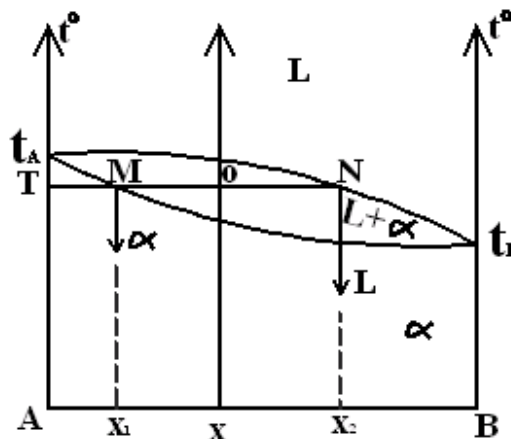
Công thức $T=N-F+1$

Trong đó: T là số bậc tự do (freedom).

N là số cấu tử của hợp kim .

F là số pha của hợp kim.

-Quy tắc đòn bẩy và tỷ lệ giữa các pha: (hình vẽ) dùng để xác định nồng độ của các pha.



Hình 2.38

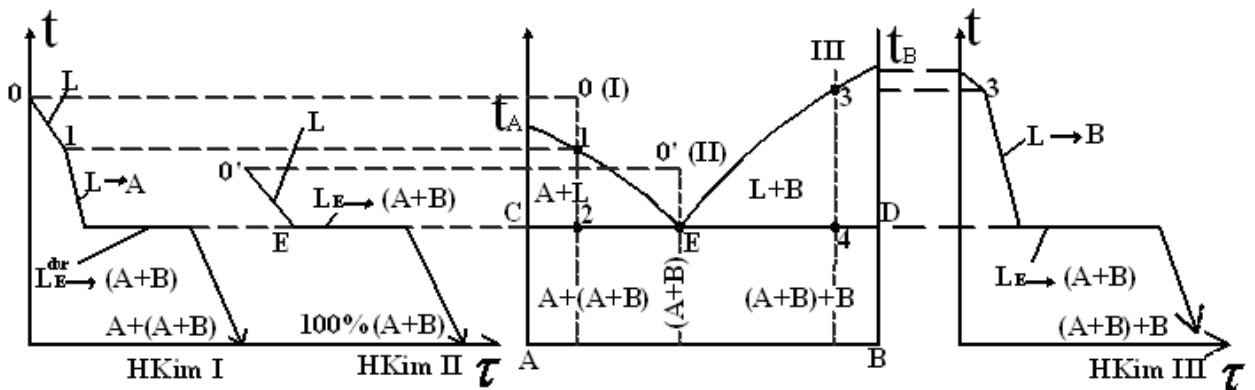
- +Hợp kim x%B, ở nhiệt độ T có hai pha là α và L.
- +Lồng ở vị trí N, α ở vị trí M, muốn xác định %B chỉ cần giống xuống trục hoành ($x_1\%$ B trong α và $x_2\%$ B trong L).
- +Để xác định tỷ lệ giữa L và α là như sau:

$$L = \frac{OM}{MN} \cdot \%.$$

$$\alpha = \frac{ON}{MN} \cdot \%.$$

b. Một số giản đồ trạng thái hợp kim hai cấu tử.

b1. Giản đồ trạng thái hợp kim hai cấu tử hòa tan hoàn toàn vào nhau ở trạng thái lỏng, không hòa tan vào nhau ở trạng thái rắn.



Hình 2.39

*.Dạng giản đồ: như hình vẽ.

*.Giải thích giản đồ:

- A: nhiệt độ nóng chảy của nguyên tố A.
- B: nhiệt độ nóng chảy của nguyên tố B.
- Đường AEB đường lỏng: là đường ranh giới giữa vùng hoàn toàn lỏng và rắn.
- Đường CD đường rắn: là đường ranh giới giữa vùng hoàn toàn rắn và vùng không hoàn toàn rắn. Đường CD có nhiệt độ không đổi còn gọi là đường cùng tinh.
- Điểm E thuộc CD là điểm cùng tinh. Tại E xảy ra chuyển biến từ một pha lỏng có nồng độ tại điểm cùng tinh (E) cùng một lúc kết tinh ra hai pha rắn khác: $L_E \rightarrow (A+B)$. (A+B) được gọi là hỗn hợp cơ học cùng tinh, nó được viết trong móc tròn.
- +Hỗn hợp cơ học: là sự trộn lẫn các pha, có thể tách ra bằng phương pháp cơ học.

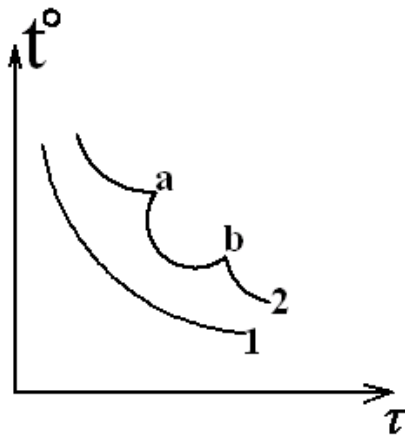
+Hỗn hợp cơ học cùng tinh: các pha sắp xếp có quy luật.

+Hợp kim tại cùng tinh luôn có nhiệt độ nóng chảy thấp nhất.

*.Xét sự kết tinh của các hợp kim điển hình:

-Đường nguội:

- **Định nghĩa:** là đường biểu diễn sự giảm nhiệt độ theo thời gian.



Hình 2.40

• **Đặc điểm:**

- +Đường 1: đường nguội không hướng, không có chuyển biến pha xảy ra.
- +Đường 2: đường nguội có đổi hướng, có chuyển biến pha tại chỗ đổi

hướng (a, b).

-Xét kết tinh: (như hình vẽ).

*.Tính chất của hệ hợp kim:

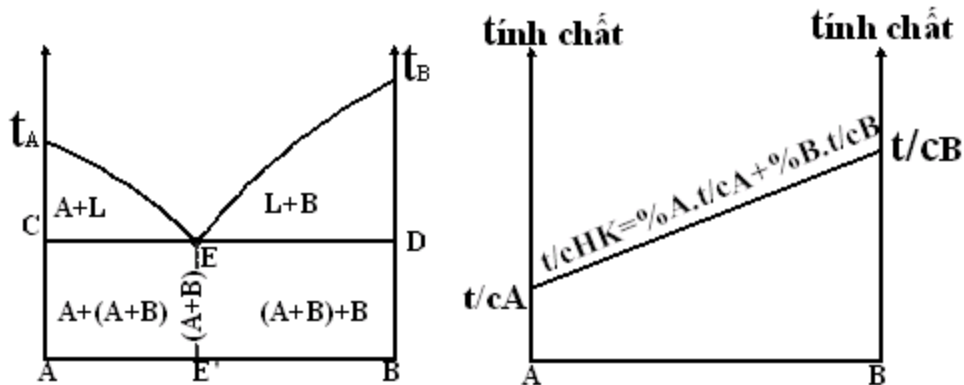
Do tổ chức tế vi ở nhiệt độ thường là hỗn hợp cơ học nên tính chất của hợp kim như sau:

$$T/c \text{ HK} = \%A. t/cA + \%B. t/cB.$$

Ví dụ: $A = 60\% \quad - \sigma_b(A) = 300 \text{ N/mm}^2$

$$B = 40\% \quad \sigma_b(B) = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b(\text{Hkim } 60\%A + 40\%B) = 60\%.300 + 40\%.200 = 260 \text{ N/mm}^2$$



Hình 2.41

*.Tính công nghệ:

- Đúc tốt nhất, đặc biệt hợp kim ở lân cận điểm E.
- Tính cắt gọt phụ thuộc vào khả năng cắt gọt của A và B.

*.Khuyết tật:

-Thiên tích vùng: là sự sai khác về thành phần hóa học trong từng vùng của thỏi đúc.

-Nguyên nhân: do sự sai khác về tỷ trọng giữa A, B.

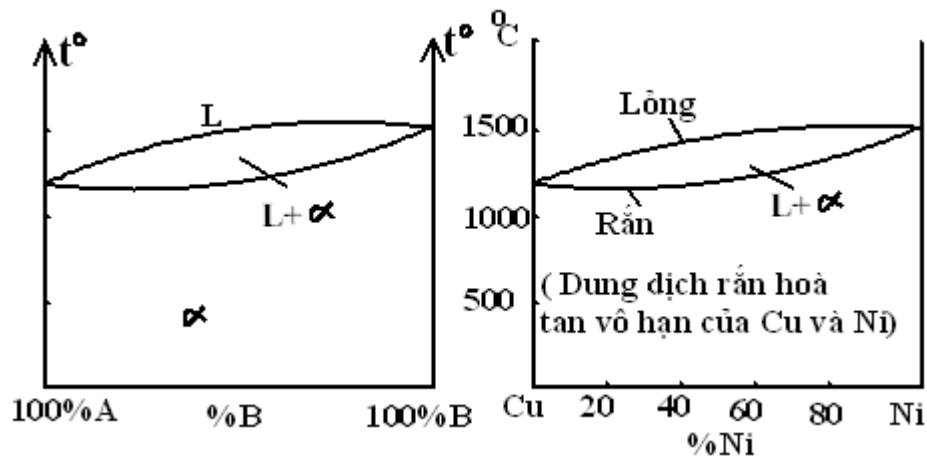
-Khắc phục:

+Nguội nhanh.

+Biến tính: tạo bộ khung (xương) ngăn cản quá trình chìm hay nổi của pha

sinh ra trước.

b2. Giảm độ trạng thái hai cấu tử hòa tan vô hạn vào nhau, không tạo nên pha trung gian. (giảm độ loại II):

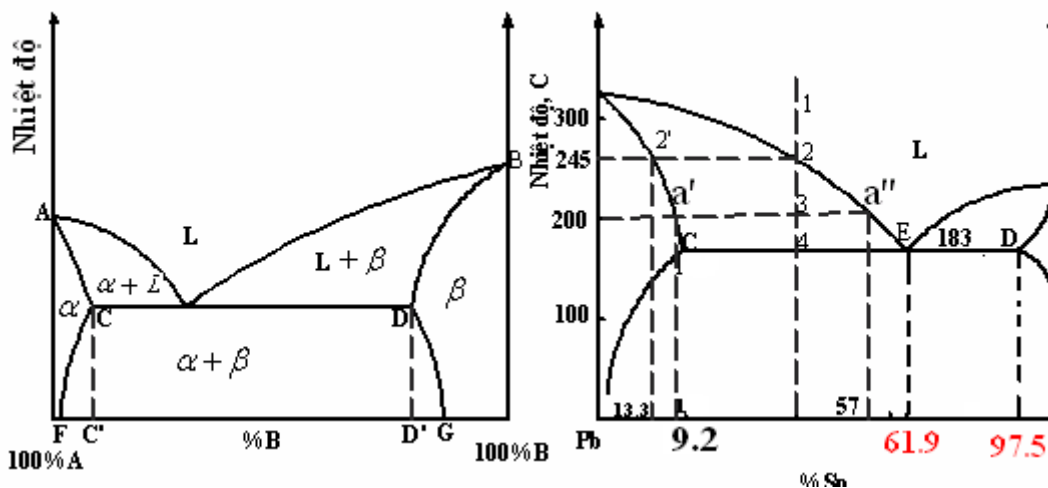


Hình 2.42

Hợp kim Đồng –Niken(Cu-Ni) có giảm độ loại này.

Nhận xét: Các dung dịch rắn tạo thành trong các giai đoạn khác nhau có thành phần chênh lệch nhau, gây ra sự sai khác về thành phần trong mỗi hạt được gọi là thiên tích vùng.

b3. Giảm độ pha hai cấu tử hoà tan có hạn vào nhau không tạo nên pha trung gian (giảm độ loại III).



Hình 2.43

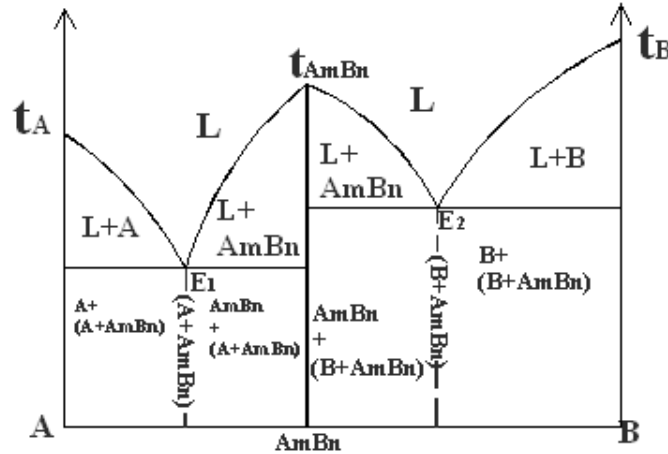
Hệ có kiểu điển hình là hệ Chì-Thiếc (Pb-Sn). Giảm độ này có dạng khá giống giảm độ loại 1 với sự khác nhau ở đây là các dung dịch rắn có hạn α và β thay thế cho các cấu tử A và B. Ở đây AEB là đường lỏng, ACEDB là đường rắn.

$L_E \rightarrow (\alpha + \beta)$.

+Cũng có hợp kim cùng tinh tại E và trước cùng tinh (trái E), sau cùng tinh (bên phải E).

+Dung dịch rắn ở đây đều có hạn với các đường CF và DG.

b.4 Giản đồ trạng thái không hòa tan lẫn nhau nhưng tạo nên pha trung gian ổn định (giản đồ loại IV)



Hình 2.44

là giản đồ pha hai cấu tử tương tác phản ứng hóa học với nhau tạo ra pha trung gian A_mB_n và có hệ điển hình là hệ magie-canxi (Mg-Ca). Có dạng ghép hai giản đồ loại I là A- A_mB_n (Mg-Mg₄Ca₃) và A_mB_n -B (Mg₄Ca₃-Ca). Ở đây pha trung gian A_mB_n có nhiệt độ chảy cố định, không bị phân huỷ trước trước khi nóng chảy được coi như một cấu tử.

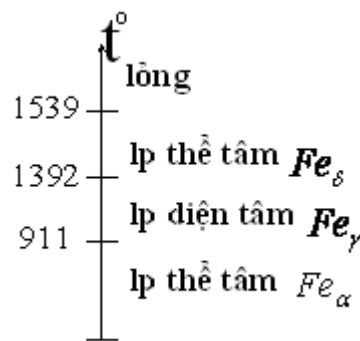
IV.Hợp kim Fe-C [Fe+Fe₃C].

Hợp kim Fe-C được sử dụng rất rộng rãi trong chế tạo máy, trong xây dựng, giao thông vận tải...

IV.1.Các tổ chức của hợp kim Fe-C:

IV.1.1.Sắt (Fe).

-Sắt là nguyên tố kim loại thuộc nhóm chuyển tiếp. Phụ thuộc và nhiệt độ; Fe tồn tại các dạng thù hình sau:



Hình 2.45

-Các chỉ tiêu cơ tính:

+Độ bền:

$$\sigma_b = 250 \text{ N/mm}^2.$$

$$\sigma_{02} = 120 \text{ N/mm}^2.$$

+Độ dẻo:

$$\delta = 50\% . \psi = 85\% .$$

+Độ cứng: HB=80 kG/mm².

Khối lượng riêng $\gamma = 7.8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$.

$$a_k = 2500 \text{ kJ/m}^2.$$

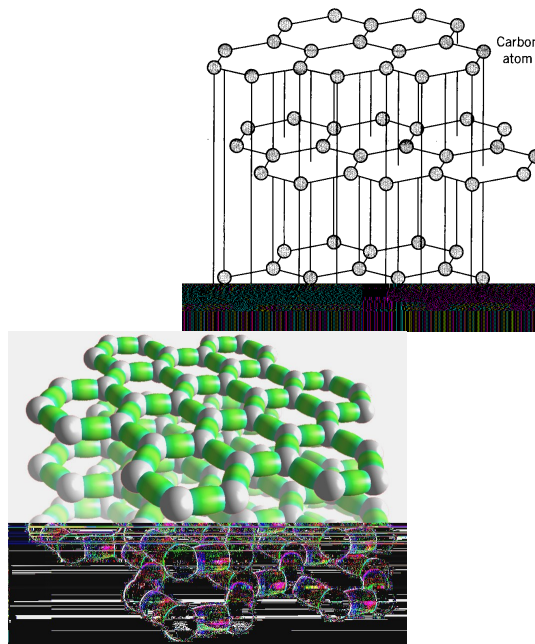
+Nhiệt độ là $T_c=1539^\circ\text{C}$. Khi nung nóng vượt qua nhiệt độ này, Fe mất từ tính.

IV.1.2.Cácbon:

Là nguyên tố á kim thuộc nhóm 4 trong bảng hệ thống tuần hoàn, tồn tại ở các dạng sau:

*.**Vô định hình**: mọi loại than gỗ, than khoáng sản, được sử dụng chủ yếu làm nhiên liệu và một phần làm nguyên liệu.

*.**Graphit**: có kiểu mạng lục giác xếp lớp; thông số mạng a và c; $a=2.5\text{\AA}$, tỉ số $\frac{c}{a} = 2.74$.



Hình 2.46 -Mạng lục giác xếp

-Tính chất: Lực liên kết hoá trị trong mỗi lớp khá lớn, còn giữa các lớp là lực hút phân tử Vanderwaal rất yếu.

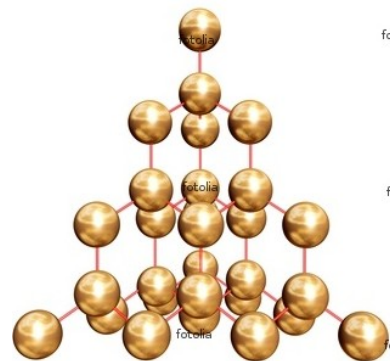
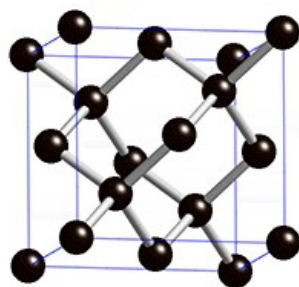
+ $\sigma_b = 1-2 \text{ N/mm}^2$ rất thấp, coi như không có độ bền.

+Hệ số ma sát bé cho nên khả năng chống mài mòn tốt (còn gọi là chất bôi trơn khô).

*.Kim cương tồn tại dưới kiểu mạng kim cương (tứ diện đa giác đều) độ cứng cao nhất.

**Hình 2.47.
Mạng kim
cương.**

-Tính chất: kim cương có độ cứng lớn nhất trong thang đo độ cứng.



IV.1.3. Tương tác giữa Fe-C:

a. Tạo dung dịch rắn:

*.Dung dịch rắn xen kẽ của C trong Fe_α (ferit= $Fe_\alpha(C) = \alpha = F$).

-Có kiểu mạng lập phương thể tâm (tâm khối) có mật độ xếp thấp, có hai dạng điểm trống: điểm trống 4 mặt và điểm trống 8 mặt.

+Điểm trống 4 mặt: có vị trí nằm ở 1/4 đường thẳng nối hai điểm giữa hai cạnh bên trên cùng một mặt bên, kích thước lỗ hổng lại rất nhỏ $=0.221d$ (d là đường kính nguyên tử sắt), nên không thể chứa nguyên tử C.

+Điểm trống 8 mặt: có tâm điểm nằm ở giữa các mặt bên và ở giữa các cạnh bên. Có kích thước quá nhỏ $0.154d$ nên không chứa nổi nguyên tử C.

-%C cực đại hòa tan vào Fe_α là 0.02%, ở 727°C . Ở nhiệt độ thường là 0.006%.

Chủ yếu nằm ở biên giới hạt.

-Tính chất: độ cứng thấp, độ bền thấp, độ dẻo cao.

*.Dung dịch rắn xen kẽ của C trong Fe_γ (austennit= $Fe_\gamma(C) = \gamma = A$).

-Có kiểu mạng lập phương diện tâm, có ít điểm trống nhưng các điểm trống có kích thước lớn. Trong mạng này có Điểm trống 4 mặt và điểm trống 8 mặt.

+Điểm trống 4 mặt: có tâm điểm nằm trên 1/4 các đường chéo khối có kích thước là $0.225d$.

+Điểm trống 8 mặt: có tâm điểm là trung tâm khối và ở giữa các cạnh bên, kích thước lỗ khá lớn $0.41d$. Có thể hòa tan C dạng xen kẽ các lỗ hổng của khối 8 mặt. Trong thực tế độ hòa tan của C trong Fe_γ cực đại là 2.14%, ở 1147° . Ở 727° hoà tan lớn nhất là 0.8%.

-Tính chất: chỉ tồn tại ở nhiệt độ lớn hơn 727°C . Độ bền cao, độ dẻo khá cao, độ cứng thấp.

b. Tạo Xementit: (Fe_3C)

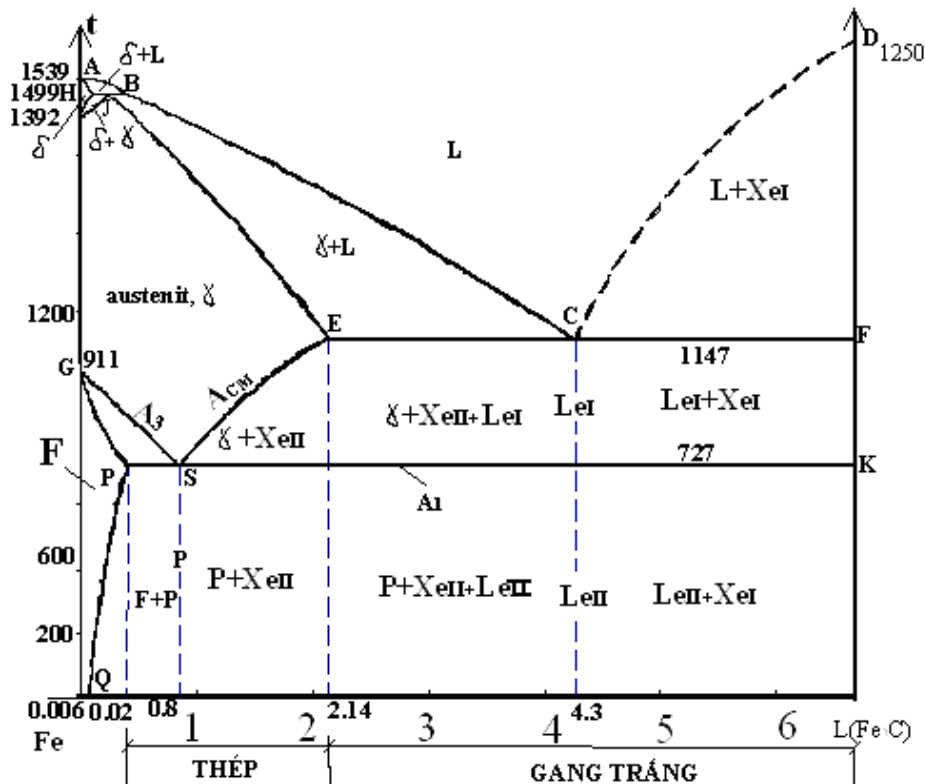
-Khi lượng C vượt quá giới hạn hòa tan kể trên, C sẽ kết hợp với Fe tạo thành Fe_3C (Xementit).

-Xementit là pha không ổn định, dễ tạo thành nhưng trong một số điều kiện bị phân hóa thành Fe và C.

-Tính chất: Độ cứng 800 HB, chống mài mòn tốt, độ giòn khá cao, có màu của xà cừ (ngọc trai).

IV.2. Giải đồ Trạng thái Fe-C:

IV.2.1. Dạng giản đồ:



Hình 2.48. Giản đồ trạng thái Fe-C

IV.2.2. Giải thích giản đồ:

*. Các điểm đặc biệt:

Điểm	Nhiệt độ °C	%C	Điểm	Nhiệt độ	%C
A	1539	0	H	1499	0.1
B	1499	0.5	J	1499	0.16
C	1147	4.3	K	727	6.67
D	1250	6.67	L	0	6.67
E	1147	2.14	N	1392	0
F	1147	6.67	P	727	0.02
G	911	0	Q	0	0.006
			S	727	0.8

*. Các đường:

ABCD: là đường lỏng.

AHJECF: là đường rắn (đường đặc).

ECF=1147°C không đổi là đường cùng tinh, với điểm C (4.3% C, 1147°C): là điểm cùng tinh.

Tại $t^{\circ}=1147^{\circ}\text{C}$ thì $L_c \rightarrow (\gamma_E + X_{eF}) = L_{eI}$ (Lêđêburit một) là hỗn hợp cơ học cùng tinh của austenit và xementit. Tồn tại $727^{\circ}\text{C} < t^{\circ} < 1147^{\circ}\text{C}$.

SPK: là đường cùng tích, với điểm S (0.8% C, 727°C): là điểm cùng tích.

GS: đường bắt đầu từ $\gamma \rightarrow F$ khi nguội, cũng là đường kết thúc từ $F \rightarrow \gamma$ khi nung nóng.

ES: là đường giới hạn của C trong $Fe_\gamma(C)$ tạo thành austenit.

Bắt đầu $\gamma \rightarrow X_{e_{II}}$ khi nguội hay kết thúc $X_{e_{II}} \rightarrow \gamma$ khi nung nóng.

PQ: Đường giới hạn hòa tan của C trong F (Fe_α). Đường bắt đầu $F \rightarrow X_{e_{III}}$ khi nguội hay kết thúc $X_{e_{III}} \rightarrow F$ khi nung nóng.

*.Các phản ứng:

+Phản ứng cùng tinh xảy ra ở 1147°C trong các hợp kim $>2.14\%C$ (đường ECF)

$L_C \rightarrow (\gamma_E + Fe_3C_F)$.

+Phản ứng cùng tích xảy ra ở 727°C hầu như với mọi hợp kim (đường PSK)

$\gamma_S \rightarrow [\alpha_P + Fe_3C_K]$.

IV.3.Các tổ chức cơ bản:

*.Các tổ chức một pha:

-**Ferit** (có ký hiệu bằng α hay F hay $Fe_\alpha(C)$) là dung dịch rắn xen kẽ của C trong Fe_α với mạng lập phương tâm khối ($a=0.286-0.29 \text{ \AA}$) song do lượng hoà tan rất nhỏ (lớn nhất là $0.02\%C$ ở 727°C - tại điểm P; và lớn nhất là $0.006\%C$ - điểm Q).

Ferit có tính sắt từ tồn tại ở $t^\circ \leq 768^\circ\text{C}$. Do chứa ít C nên cơ tính của Ferit chính là của Sắt nguyên chất: dẻo, dai, mềm và kém bền. Trong thực tế Ferit có thể hoà tan được Si, Mn, Cr...

Tổ chức tế vi của Ferit có dạng các hạt đa cạnh, hạt sáng.

-**Austenit** [ký hiệu bằng $\gamma, A, Fe_\gamma(c)$] (hay pha dẻo và dai) là dung dịch rắn xen kẽ C trong Fe_γ có mạng lập phương tâm mặt ($a \approx 0.364 \text{ \AA}$) với lượng hoà tan C đáng kể (cao nhất $2.14\%C$) 1147°C tại điểm E.

Austenit không có tính sắt từ, có tính thuận từ, chỉ tồn tại ở nhiệt độ cao ($>727^\circ\text{C}$), không sử dụng trực tiếp chế tạo các chi tiết máy nhưng có vai trò quan trọng khi nhiệt luyện.

-**Xementit** (ký hiệu Xe, Fe_3C) là pha xen kẽ với kiểu mạng phức tạp có công thức Fe_3C và có nồng độ C là 6.67% .

Xementit có tính sắt từ yếu chỉ đến 210°C , rất cứng nên chống mài mòn tốt nhưng rất giòn.

+ X_{e_I} được tạo thành do giảm nồng độ C trong hợp kim lỏng theo đường DC khi hạ nhiệt độ, nó chỉ có ở hợp kim lớn hơn $4.3\%C$ và nhỏ hơn 6.67% . Do tạo ở nhiệt độ cao ($\geq 1147^\circ\text{C}$) nên kích thước lớn, có thể thấy bằng mắt thường.

+ $X_{e_{II}}$ được tạo thành do giảm nồng độ cacbon trong austenit theo đường ES khi hạ nhiệt độ, loại này có ở hợp kim $>0.8\%$ cho tới 2.14% . Do tạo thành ở nhiệt độ tương đối cao ($>727^\circ\text{C}$) nên tập trung ở biên giới hạt.

+Xementit thứ ba ($X_{e_{III}}$) được tạo thành do giảm nồng độ C trong Ferit theo đường PQ khi hạ nhiệt độ, với số lượng rất ít, khó phát hiện trên tổ chức tế vi và thường được bỏ qua.

+Xementit cùng tích được tạo thành do chuyển biến cùng tích austenit \rightarrow peclit ($\gamma \rightarrow [F + Xe]$). Loại xementit này có vai trò rất quan trọng.

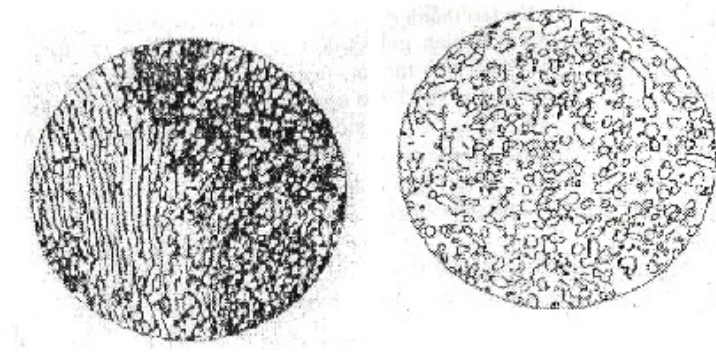
*.Các tổ chức hai pha.

-**Peclit** (ký hiệu P= $[F+Fe_3C] = [F+Xe]$) là hỗn hợp cơ học cùng tích của Ferit và xementit được tạo thành từ austenit $0.8\%C$, ở 727°C . Trong peclit có 88% ferit và 12% xementit phân bố đều (xen kẽ nhau).

Peclit là tổ chức khá bền, nhưng cũng dẻo, dai đáp ứng rất tốt các yêu cầu của vật liệu kết cấu và công cụ.

+Peclit tấm thường gặp hơn cả, có cấu trúc tấm (hay phiến), F và Xe tức là hai pha này nằm đan xen đều nhau. Trên mặt cắt ngang để lại các vạch theo cùng một hướng hay đa hướng, trong đó các vạch tối mỏng là xementit, vạch sáng dày là ferit.

+Peclit hạt ít gặp hơn, có cấu trúc xementit ở dạng thu gọn nhất, hạt xementit phân bố đều trên nền ferit. So với peclit hạt, peclit tấm có độ cứng cao hơn, độ dẻo, độ dai thấp hơn đôi chút, độ bền thấp hơn. Auxtennit đồng nhất dễ tạo peclit tấm, còn auxtennit không đồng nhất tạo ra peclit hạt.



peclit tấm (x 500)

Peclit hạt (x500)

Hình 2.49

-Lêđêburit [có ký hiệu bằng Le, hay ($\gamma+Xe$) hay (P+Xe)]

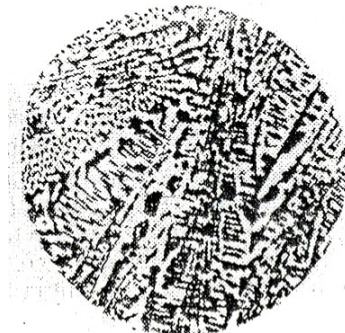
Là hỗn hợp cơ học cùng tinh của auxtennit và xementit tạo thành từ pha lỏng có 4.3%C, ở 1147°C. Khi làm nguội tiếp tục lại có phản ứng cùng tích để auxtennit chuyển hóa thành peclit. Lêđêburit cứng và giòn (vì có tới 2/3 là xementit). Tổ chức Lêđêburit chỉ có trong gang trắng.

Hỗn hợp cơ học cùng tinh của auxtennit và xementit ($\gamma+Xe$)

tồn tại ở $727^{\circ} < t < 1147^{\circ}$.

Là hỗn hợp cơ học cùng tinh của Peclit và xementit (P+Xe), tồn tại ở $t < 727^{\circ}$ C.

Tổ chức Le ở nhiệt độ thường (như hình vẽ).



Hình 2.50. Tổ chức tế vi của lêđêburit ở nhiệt thường (x 500)

IV.4.Phân biệt thép và gang trắng:

IV.4.1.Thép:

a.Định nghĩa:

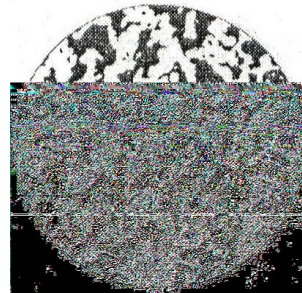
Thép là hợp kim của Fe-C mà nồng độ $0.02\% < C \leq 2.14\%$.

b. Các loại thép:

-Thép trước cùng tích với lượng C < 0.8%, bên trái của điểm S, có tổ chức là ferit (sáng) + peclit (tối). Tổ chức tế vi của thép trước cùng tích là F+P. Theo quy tắc đòn bẩy, khi lượng C tăng lên thì trên tổ chức peclit (màu tối) tăng lên, còn phần ferit (màu sáng) giảm đi. Nếu Ferit không chứa C (hay quá ít từ 0.02%-0.05%) có thể coi là sắt nguyên chất với tổ chức chỉ có các hạt Ferit màu sáng.

-Thép cùng tích với thành phần 0.8%C ứng với điểm S, có tổ chức peclit.

-Thép sau cùng tích với thành phần $\geq 0.8\%C$ (thường chỉ sử dụng tới 1.5% và cá biệt có thể đạt tới 2-2.14%C) ở bên phải điểm S có tổ chức peclit + xementit II (P + Xe_{II}), ở dạng lưới sáng bọc lấy peclit tấm.



a. 0.1%C

b. 0.4%C

c. 0.6%C



d.

Hình 2.51. Tổ chức tế vi của thép trước cùng tích a, b, c.
Thép cùng tích d.

IV.4.2. Gang trắng:

a. Định nghĩa:

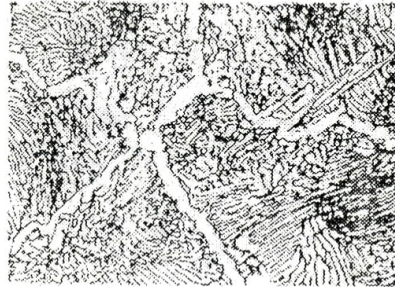
Gang trắng là hợp kim của Fe-C mà nồng độ $2.14\% < C < 6.67\%$. Gang trắng rất ít được sử dụng vì quá giòn.

b. Các loại gang trắng:

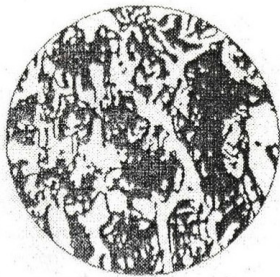
-Gang trắng trước cùng tinh với thành phần C ít hơn 4.3% ở bên trái điểm C, có tổ chức peclit + xementit II + lêđêburit: $P + Xe_{II} + Le_{II}$.

-Gang trắng cùng tinh có 4.3%C ứng với điểm C hay lân cận điểm C, tổ chức 100% là lêđêburit Le_{II} .

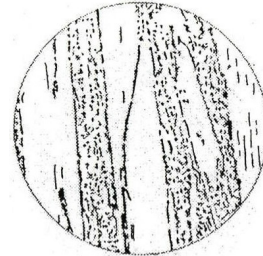
-Gang trắng sau cùng tinh với thành phần $>4.3\%C$, ở bên phải điểm C, có tổ chức lêđêburit + xementit I: $Le_{II} + Xe_I$.



Hình 2.52. Tổ chức tế vi của thép sau cùng tích.



a.



b.



c.

Hình 2.53. Tổ chức tế vi của gang trắng
a. trước cùng tinh và sau cùng tinh b. cùng tinh c.

IV.5. Các điểm (nhiệt độ) tới hạn trong GĐTT Fe-C:

IV.5.1. Khi nung nóng và làm nguội rất chậm:

Giản đồ trạng thái Fe-C được xây dựng bằng thực nghiệm, được xây dựng trong điều kiện nung nóng hay làm nguội chậm.

$$-A_1=PK=727^\circ.$$

$$-A_3=GS=910-727^\circ.$$

$$-A_{cm}=ES=1147-727^\circ.$$

Gọi là các điểm tới hạn trong giản đồ trạng thái Fe-C.

IV.5.2. Khi nung nóng thực tế (có thêm chữ “c”):

Nhiệt độ luôn cao hơn các nhiệt độ tới hạn.

$$-A_{c1} - A_1 = \Delta T_{c1}.$$

$$-A_{c3} - A_3 = \Delta T_{c3}.$$

$$-A_{ccm} - A_{cm} = \Delta T_{ccm}.$$

Trong đó ΔT_{c1} ; ΔT_{c3} ; ΔT_{ccm} . Gọi là độ quá nung. Độ quá nung phụ

thuộc tốc độ nung. Tốc độ nung càng lớn, độ quá nung càng lớn.

IV.5.3. Khi làm nguội thực tế (có thêm chữ “r”):

Nhiệt độ luôn thấp hơn nhiệt độ tới hạn.

$$-A_1 - A_{r1} = \Delta T_{r1}.$$

$$-A_3 - A_{r3} = \Delta T_{r3}.$$

$$-A_{cm} - A_{rcm} = \Delta T_{rcm}.$$

Trong đó ΔT_{r1} ; ΔT_{r3} ; ΔT_{rcm} . Gọi là độ quá nguội. Độ quá nguội phụ thuộc vào tốc độ nguội. Tốc độ nguội càng lớn, độ quá nguội càng lớn.

CHƯƠNG II. BIẾN DẠNG DẸO VÀ CƠ TÍNH.

Trong chương này sẽ trình bày các hành vi của kim loại dưới tác dụng của ngoại lực, gây nên biến dạng dẻo và các đặc trưng của nó.

Người học cần nắm vững những vấn đề sau đây:

- Cơ chế của biến dạng dẻo và phá hủy.
- Các chỉ tiêu cơ tính và các yếu tố ảnh hưởng.
- Bản chất của kết tinh lại và biến dạng nóng.

I. BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI, BIẾN DẠNG DẸO VÀ PHÁ HỦY.

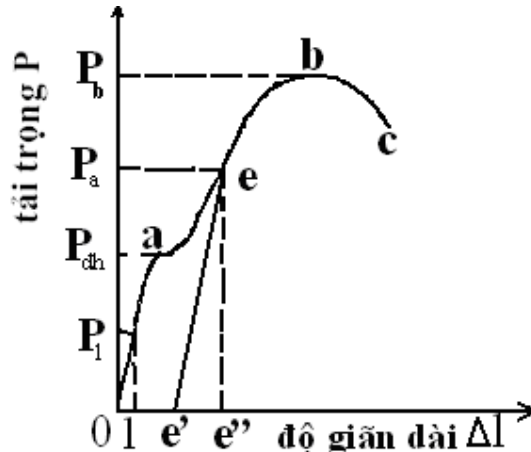
I.1. Biểu đồ kéo

- **oa** là đường thẳng: biến dạng đàn hồi.

- **ab** là đường cong: biến dạng dẻo.

- **bd** là đường cong: phá hủy.

Khi tiến hành kéo từ từ mẫu kim loại tròn, dài ta được biểu đồ kéo hay biểu đồ tải trọng (hình 3.1). Biểu đồ này cho ta một khái niệm chung về các loại biến dạng và phá hủy.



Hình 3.1

- Khi tải trọng đặt vào $P < P_{dh}$ thì độ biến dạng tỷ lệ bậc nhất với tải trọng và khi bỏ tải trọng thì biến dạng mất đi. Biến dạng như vậy được gọi là biến dạng đàn hồi.

Ví dụ như khi ta đặt tải trọng P_1 mẫu bị dài thêm một đoạn 01 , nhưng khi bỏ tải trọng đi thì mẫu trở lại kích thước ban đầu.

- Biến dạng đàn hồi xảy ra do cả ứng suất tiếp lẫn ứng suất pháp.

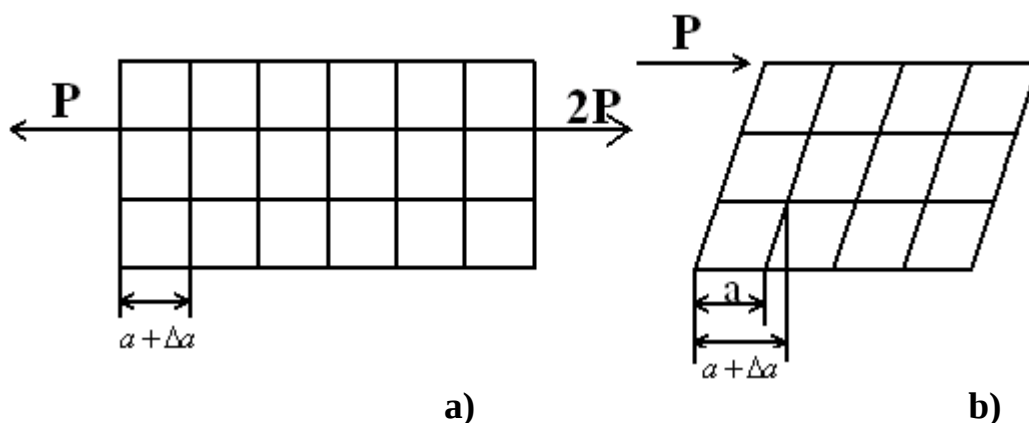
I.2. Biến dạng đàn hồi

- **Định nghĩa:** biến dạng đàn hồi là một loại biến dạng mà lượng biến dạng mất đi khi bỏ tải trọng.

- **Trên biểu đồ kéo:** khi tăng tải trọng từ $0 \rightarrow P_{dh}$, đường biểu đồ kéo đi từ 0 đến a' , khi giảm tải trọng thì P_{dh} tiến về 0 ; biểu đồ đi theo ao .

- **Biến dạng dẻo tinh thể:** dưới tác dụng của tải trọng P , thông số mạng thay đổi Δa ,

Do $\Delta a < \frac{1}{2} a$ nên khi bỏ tải trọng P , $\Delta a \rightarrow 0$ (Hình 3.2 a.b.).



Hình 3.2 (a, b).

I.3. Biến dạng dẻo:

I.3.1. Định nghĩa về biến dạng dẻo:

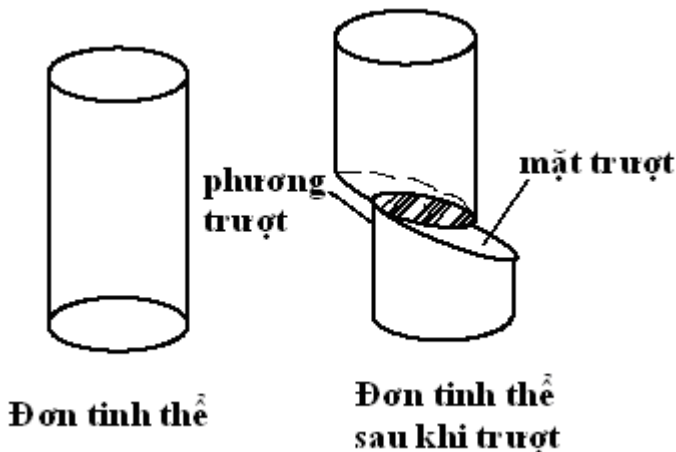
***Định nghĩa:** là một loại biến dạng còn giữ được lượng biến dạng dư khi thôi tác dụng của tải trọng.

*.Trên biểu đồ kéo ứng với đường **ab**.

I.3.2. Biến dạng dẻo đơn tinh thể: có hai cơ chế: trượt và song tinh.

a. Trượt:

***Định nghĩa về trượt:** là sự dịch chuyển tương đối của phần tinh thể này so với phần tinh thể khác qua mặt tinh thể nào đó gọi mặt tinh thể này là **mặt trượt** (Hình 42).



Hình 3.3

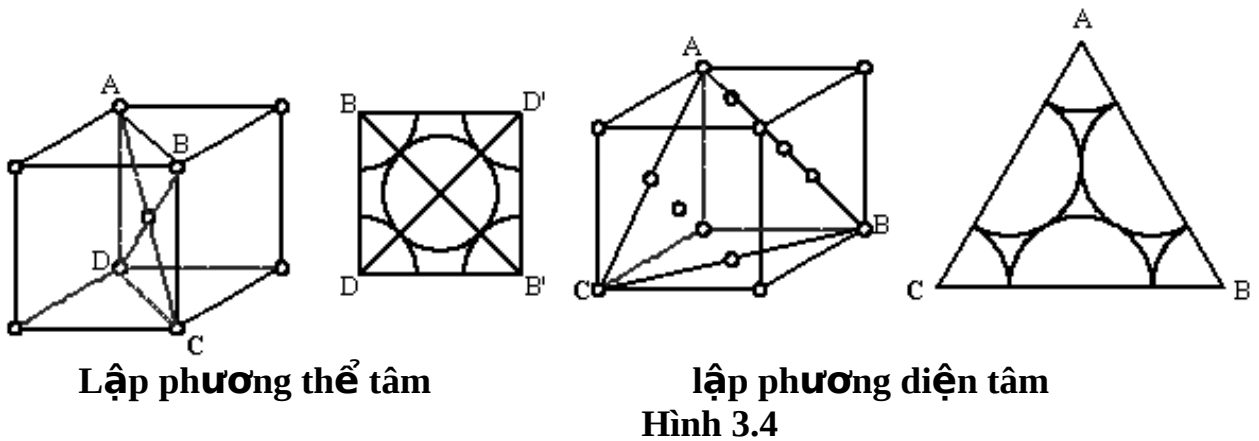
*.Mặt trượt:

-Yêu cầu của mặt trượt là:

+Các nguyên tử thuộc một mặt trượt liên kết bền vững nhất, muốn thể khoảng cách giữa các nguyên tử thuộc một mặt trượt là nhỏ nhất.

+Liên kết của các nguyên tử ở hai mặt trượt đối diện nhau phải nhỏ nhất, muốn thể khoảng cách hai mặt đối diện phải lớn nhất.

-Để thỏa mãn hai yêu cầu trên, mặt trượt là mặt có mật độ nguyên tử lớn nhất (các nguyên tử nằm sát nhau nhất). Mạng lập phương thể tâm có 6 mặt trượt và diện tâm có 4 mặt trượt.



***.Phương trượt:** là phương tinh thể mà ở đó các nguyên tử nằm sát vào nhau nhất.
 Ví dụ như mạng lập phương thể tâm có 2 phương trượt là đường chéo của hình chữ nhật ABCD, còn lập phương diện tâm có 3 phương trượt là ba cạnh của tam giác ABC.

***.Hệ số trượt:** dùng để đánh giá khả năng trượt của mạng tinh thể.
 Ký hiệu là H, được tính như sau:

$$H = (\text{số mặt trượt} \times \text{số phương trượt}) / 1 \text{ mặt trượt.}$$

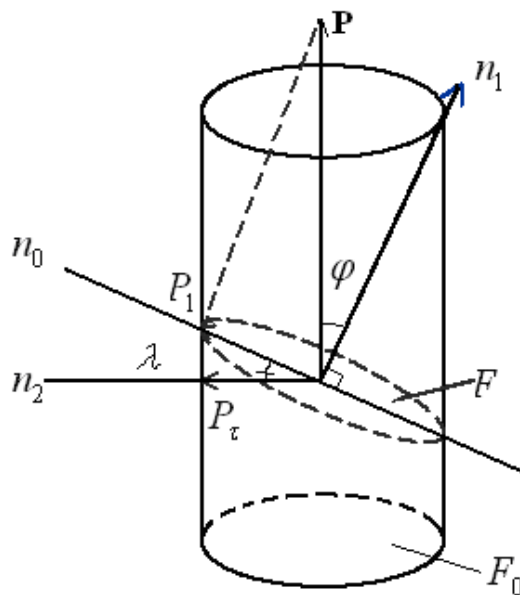
Ví dụ:

- Mạng lập phương thể tâm $H = 6 \times 2 = 12$.
- Mạng lập phương diện tâm $H = 4 \times 3 = 12$.
- Mạng lục giác $H = 1 \times 3 = 3$ (có tính dòn: Zn).

Hệ số trượt càng nhiều thì tính dẻo càng cao. Khi có cùng hệ số trượt thì loại mạng nào có số phương trượt trên một mặt trượt nhiều hơn thì dẻo hơn.

***. Ứng suất trượt:**

Xét đơn tinh thể với một mặt trượt F và phương trượt n_2 . Đơn tinh thể bị kéo theo chiều trục, lực kéo P hợp với phương pháp tuyến của mặt trượt một góc φ (Hình 3.5)
 - Quá trình trượt xảy ra do ứng suất tiếp



$$P_t = P_1 \cdot \cos \lambda = P \cdot \sin \varphi \cdot \cos \lambda .$$

$$\tau = \frac{P_\tau}{F} = \frac{P_\tau}{F_o} \cdot \cos \varphi$$

Hình 3.5

$$\tau = \frac{P}{F_o} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda$$

$$\tau = \frac{1}{2} \sigma_o \cdot \sin 2\varphi \cdot \cos \lambda$$

$\Rightarrow \tau \geq \tau_{th}$ thì quá trình trượt xảy ra. Từ biểu thức τ

$$|\tau_{\max}| \text{ khi } \begin{cases} \varphi = 45^\circ + k\pi \\ \lambda = 0^\circ + k\pi \end{cases}$$

*. **Hình thái trượt: quá trình trượt** của đơn tinh thể xảy ra theo hình thái sau đây.

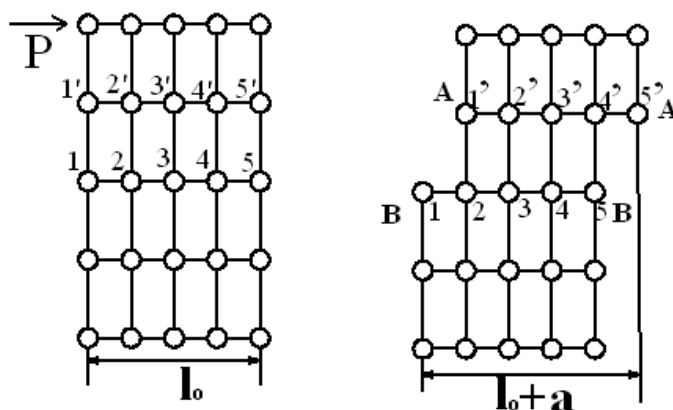
-Đầu tiên sự trượt xảy ra ở hệ tại đó ứng suất tiếp là lớn nhất (τ_{\max}) và hệ này được gọi là hệ trượt chính trong đó các mặt trượt có góc nghiêng 45° so với phương của tải trọng.

-Theo sự phát triển của biến dạng dẻo, quá trình trượt xảy ra với ứng suất trượt bé hơn nhưng phải lớn hơn τ_{th} .

*. **Cơ chế trượt:** có hai cơ chế trượt đó là trượt đồng thời và trượt có lệch.

-**Cơ chế trượt đồng thời -sự trượt cứng.**

Giả sử có mạng tinh thể như sau (hình 45).



Hình 3.6

tại mặt trượt khi chưa tác dụng tải trọng P thì các nguyên tử nút mạng đối diện (1-1', 2-2', 3-3' ...) và liên kết nhau bằng lực f. Trên mặt trượt có n cặp nguyên tử đối diện và liên kết nhau, theo lý thuyết ta có $F = n \cdot f$.

Để trượt xảy ra thì tải trọng $P \geq F$ vì thế tải trọng P rất lớn. Kim loại đạt độ bền lý tưởng (σ_b^{lt}). (hay còn gọi là độ bền lý thuyết)

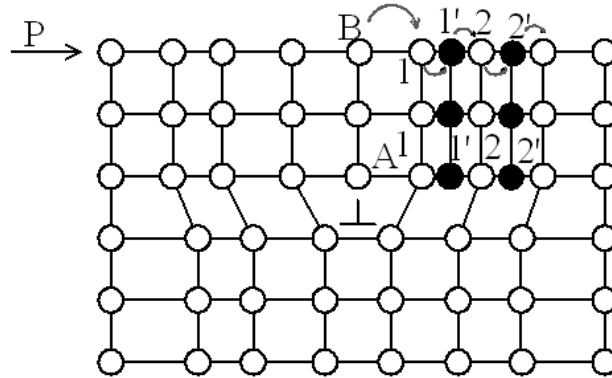
Ví dụ: độ bền lý thuyết của Fe là $\sigma_b = 13000 \text{ N/mm}^2$.

Trong khi độ bền thực tế chỉ có $\sigma_b = 250 \text{ N/mm}^2$.

Người ta cũng thí nghiệm và chế tạo được ra Râu tinh thể bằng công nghệ nuôi đơn tinh thể, qua thí nghiệm cũng cho kết quả gần với $\sigma_b = 13000 \text{ N/mm}^2$.

Qua đó chứng tỏ độ bền tiềm năng của mỗi nguyên tố kim loại là rất lớn.

***.CƠ CHẾ TRƯỢT CÓ LỆCH:**



Hình 3.7

Lệch AB tồn tại trong điều kiện cân bằng không ổn định, khi có tải trọng tác dụng từ trái sang phải làm cho bán mặt AB dịch chuyển tới 1-1, đẩy 1-1 đến 1'-1'.

Bán mặt 1'1' tồn tại ở trạng thái không ổn định sẽ chuyển dịch tới 2-2 và đẩy 2-2 đến 2'-2'.

Cứ như vậy lệch thẳng AB ra đến mặt ngoài tinh thể, để lại một lượng biến dạng dẻo bằng a.

Cơ chế trượt có lệch phù hợp với độ bền thực tế của kim loại.

***.ĐỘ BỀN LÝ THUYẾT VÀ ĐỘ BỀN THỰC TẾ**

Cơ chế trượt cứng phản ánh độ bền lý thuyết và cơ chế trượt có lệch phản ánh độ bền thực tế.

*.**Kết luận:** bản chất của quá trình trượt khi tinh thể có lệch là sự chuyển động của lệch theo cơ chế tuần tự.

*.Nguyên tắc chung để tăng độ bền của kim loại là cản trở chuyển động của lệch, bằng các biện pháp sau:

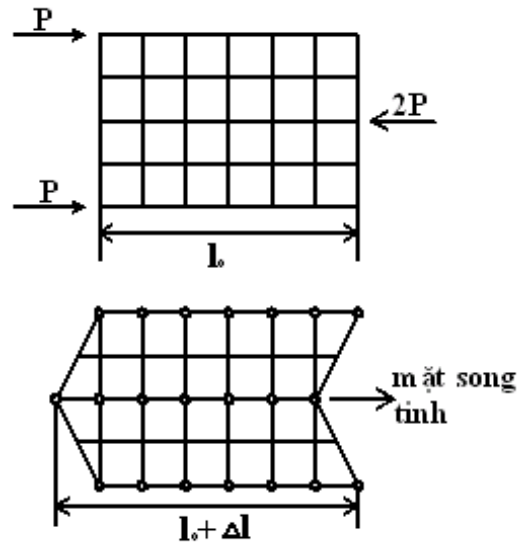
-Hợp kim hóa, bằng cách cho thêm vào thép nguyên tố như Cr, W, Ni...để tạo ra phần tử phân tán của pha thứ hai có vai trò cản trở chuyển động của lệch.

-Làm nhỏ hạt.

-Làm tăng mật độ lệch tức là làm tăng giao điểm của lệch, giao điểm này cản trở chuyển động của các lệch.

b.Song tinh:

*.**Định nghĩa:** là sự dịch chuyển của phần tinh thể này so với phần tinh thể khác, sao cho đến vị trí mới các nguyên tử đối xứng nhau qua mặt song tinh.

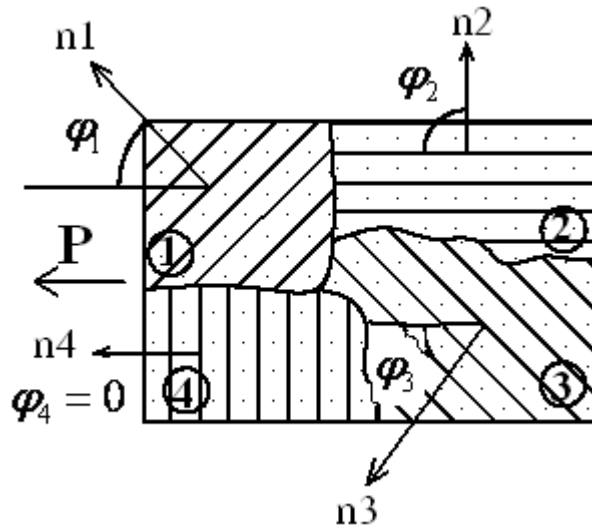


Hình 3.8

***.Đặc điểm:**

- Song tinh thường xảy ra khi tải trọng tác động đột ngột làm tốc độ biến dạng lớn trong thời gian ngắn.
- Song tinh xảy ra ít hơn nhiều so với trượt.

I.3.3. Biến dạng dẻo đa tinh thể:



Hình 3.9

$\tau_1 = \max .$

$\tau_2 = 0 .$

$\tau_3 = \max .$

$\tau_4 = 0 .$

-Nhận xét:

- +Các hạt trong đa tinh thể biến dạng không đều nhau.
- +Sự biến dạng của các hạt trong đa tinh thể luôn bị các hạt xung quanh cản

trở.

+Biên giới hạt là nơi cản trở chuyển động của lệch.

Vì vậy hạt càng bé độ bền, độ cứng, độ dẻo, độ dai càng tăng và ngược lại.

I.3.4. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tổ chức tế vi và tính chất.

a. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tổ chức tế vi.

-Sau biến dạng dẻo nguyên tử ở xung quanh mặt trượt bị xô lệch làm tăng M_1 .

-Với $\Delta l = (40 \div 50)\%$: hạt kim loại bị chia nhỏ.

-Với $\Delta l > (80 \div 90)\%$: phương mạng giữa các hạt trong đa tinh thể gần song song nhau gọi là định hướng phương mạng (textua). Lúc này đa tinh thể mang tính dị hướng.

-Luôn tồn tại ứng suất dư.

b. Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tính chất.

Mức độ biến dạng dẻo càng tăng, độ bền, độ cứng của kim loại càng tăng; độ dẻo, độ dai va đập càng giảm. Hiện tượng này gọi là biến cứng kim loại.

Nếu tiếp tục biến dạng dẻo khi kim loại đã bị biến cứng sẽ dẫn đến phá huỷ.

I.4. Phá huỷ.

I.4.1. Khái niệm về phá huỷ.

***Định nghĩa:** là hiện tượng vật liệu bị tách ra làm hai hay nhiều phần khác nhau dưới tác dụng của tải trọng.

***Cơ chế chung của phá huỷ:**

+Đầu tiên xuất hiện vết nứt tế vi bên trong hay trên bề mặt chi tiết. Vết nứt bao gồm:

-Vết nứt có sẵn: rỗ xốp, rỗ khí khi đúc, nứt tế vi khi kết tinh, hàn, nhiệt luyện, các pha có độ bền thấp (grafit trong gang).

-Vết nứt sinh ra trong quá trình biến dạng: nếu trong kim loại có pha thứ hai với độ cứng và tính giòn cao thì khi biến dạng dẻo, thì các vết nứt tế vi sinh ra ở đây hay ở biên giới hạt.

-Do tích tụ của lệch: khi biến dạng dẻo do tác dụng của nguồn phát lệch sinh ra thêm và dịch chuyển trên mặt trượt, khi bị cản trở chúng bị dồn lại và tạo nên vết nứt tế vi ở đó.

+Rồi qua quá trình biến dạng tiếp theo vết nứt đó phát triển.

+Cuối cùng kim loại bị tách rời.

I.4.2. Phá huỷ dưới tải trọng tĩnh.

-Tải trọng tĩnh là loại tải trọng có phương hầu như không thay đổi.

-Ứng suất phá huỷ σ_{td} (Ứng suất tách đứt) là ứng suất nhỏ nhất làm cho vật liệu kim loại tách rời thành hai hay nhiều phần khác nhau.

$$P_a: \text{gây nên biến dạng đàn hồi } \sigma_{dh} = \frac{P_a}{F_0}.$$

$$P_c: \text{gây nên giới hạn chảy } \sigma_c = \frac{P_c}{F_0}.$$

a. Các dạng phá huỷ dưới tải trọng tĩnh.

***Phá huỷ giòn:**

Là một dạng phá huỷ dưới tải trọng tĩnh mà vật liệu chưa qua biến dạng dẻo.

$$\sigma_{td} < \sigma_c.$$

Ví dụ như gang.

Đặc điểm: không dự báo trước, nên rất nguy hiểm như đầm bê tông...

***.Phá hủy dẻo:** là loại phá hủy dưới tải trọng tĩnh mà vật liệu đã qua biến dạng dẻo.

$$\sigma_{td} > \sigma_c.$$

Đặc điểm: có dự báo trước hay từ dạng bên ngoài có thể đoán trước được, nên ít nguy hiểm hơn.

***.Nguyên nhân của phá hủy.**

Khác với biến dạng dẻo, sự phá hủy xảy ra là do thành phần ứng suất pháp làm phá tách liên kết nguyên tử ở hai bên của một mặt nào đó. Khi thành phần ứng suất này đủ lớn thắng được ứng suất giới hạn tách đứt thì xảy ra phá hủy giòn hoặc phá hủy dẻo.

+ $\sigma_c > \sigma_{td}$ kim loại bị tách đứt trước khi đạt đến giới hạn chảy nên sự phá hủy không có biến dạng dư mà mang đặc tính giòn.

+ $\sigma_c < \sigma_{td}$ trước khi tách đứt kim loại bị biến dạng dẻo, sự phá hủy mang đặc tính dẻo.

***.Các yếu tố ảnh hưởng đến sự phá hủy dưới tải trọng tĩnh.**

-**Nhiệt độ:** khi tăng nhiệt độ thì giới hạn chảy giảm đi, trong đó giới hạn tách đứt hầu như không thay đổi, nên ở nhiệt độ thấp hầu như kim loại bị phá hủy giòn, ở nhiệt độ cao kim loại bị phá hủy dẻo (Hình 3.10a).

Vùng I. $\sigma_{td} < \sigma_c$: phá hủy giòn.

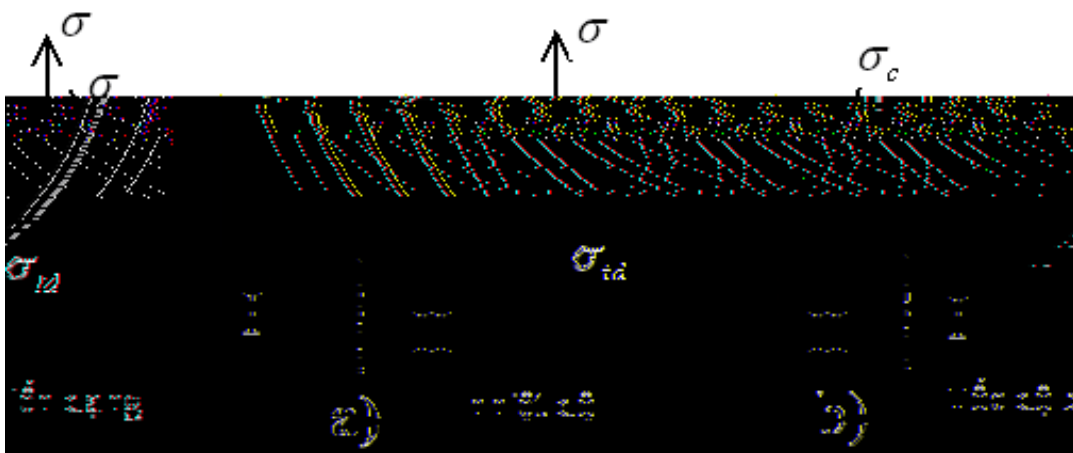
Vùng II. $\sigma_{td} > \sigma_c$: phá hủy dẻo.

Nếu tăng nhiệt độ thì vùng II tăng và giảm vùng I.

-**Tốc độ biến dạng:** tốc độ biến dạng càng cao, sự trượt càng khó xảy ra, tức giới hạn chảy càng cao, trong khi đó thì giới hạn tách đứt không đổi. Khi tăng tốc độ biến dạng kim loại dễ bị phá hủy giòn (Hình 3.10b).

Vùng I. $\sigma_{td} < \sigma_c$: phá hủy giòn.

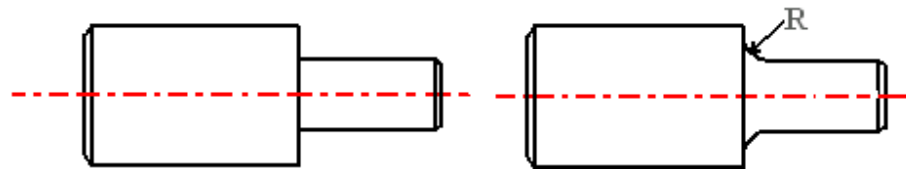
Vùng II. $\sigma_{td} > \sigma_c$: phá hủy dẻo.



Hình 3.10

***.Trạng thái bề mặt chi tiết:** nếu bề mặt chi tiết có nhiều vết xước và tiết diện thay đổi đột ngột làm tăng khả năng phá hủy và ngược lại.

chẳng hạn như chi tiết trụ bậc ta phải tạo cung R để tránh hiện tượng tập trung ứng suất gây phá hủy.



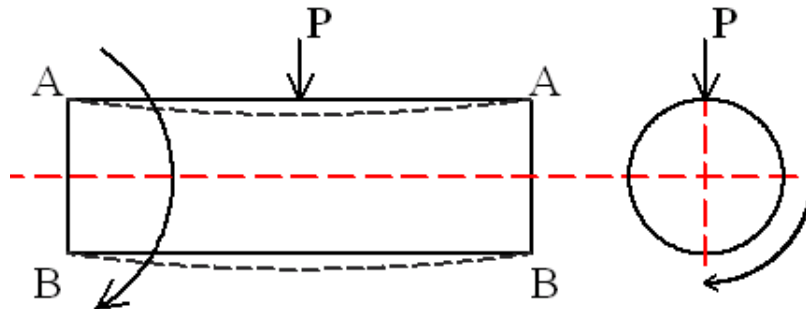
Hình 3.11

***.Tập trung ứng suất:** các yếu tố gây nên tập trung ứng suất như vết khía, nứt, tiết diện thay đổi đột ngột, làm ứng suất cục bộ tăng lên vượt quá giới hạn tách đứt gây nên phá hủy.

I.4.3. Phá hủy trong điều kiện tải trọng thay đổi theo chu kỳ (phá hủy mỏi).

a. tải trọng thay đổi theo chu kỳ.

Có một trục như hình vẽ, vừa quay tròn, vừa chịu tải trọng P.



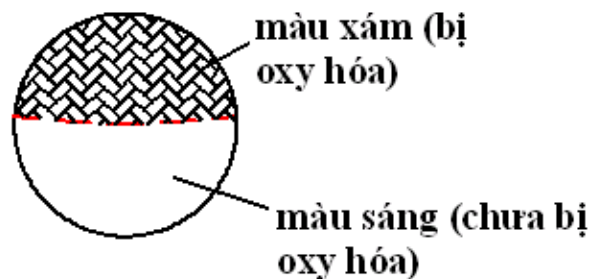
Hình 3.12

Ở vị trí này thì AA chịu nén và BB chịu kéo. Và khi quay 1/2 vòng thì AA chịu kéo và BB chịu nén, quá trình này cứ lặp lại.

***.Vật:** Tải trọng thay đổi theo chu kỳ là tải trọng mà ứng suất thay đổi từ kéo sang nén và lặp lại.

b. Đặc điểm phá hủy dưới tải trọng thay đổi theo chu kỳ.

- +Ứng suất gây nên phá hủy nhỏ hơn σ_b (có thể nhỏ hơn σ_{dh}).
- +Quá trình xảy ra khi số chu kỳ $< 10^7-10^8$, nếu quá thời hạn này chi tiết chưa bị phá hủy thì khả năng bị phá hủy về sau sẽ không xảy ra.
- +Tiết diện lúc phá hủy bằng tiết diện lúc ban đầu và có hai vùng rõ rệt: màu xám (chứng tỏ bị oxy hoá) và màu sáng (chưa bị oxy hoá).



$$F_{ph} = F_0$$

Hình 3.13

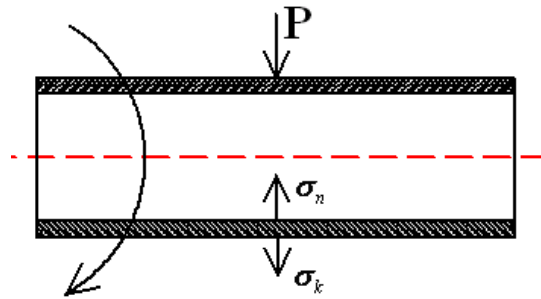
c. Cơ chế: cũng giống như mọi phá hủy khác, vết nứt xuất hiện ở bề mặt chi tiết tại thời điểm chịu ứng suất kéo. Sau đó vết nứt phát triển dẫn đến phá hủy.

d. Các yếu tố ảnh hưởng đến phá hủy mỏi:

- +Bản chất của vật liệu: nếu vật liệu có σ_b cao thì tăng độ bền mỏi càng tăng.

+Trạng bề mặt chi tiết: nếu bề mặt chi tiết có độ bóng càng cao, ít thay đổi đột ngột thì càng giảm nguy cơ phá hủy mỏi.

+Ứng suất nén dư bề mặt càng lớn thì càng tăng độ bền mỏi:



Hình 3.14

-Ứng suất bề mặt gây nên nứt là $\sigma_k - \sigma_n$ giá trị này nhỏ nên không thể hình thành vết nứt.

-Tạo ứng suất nén dư bằng cách:

+Biến dạng dẻo bề mặt: phun bi, lăn ép.

+Hóa nhiệt luyện.

+Tô bề mặt.

II. Các chỉ tiêu cơ tính.

II.1 Độ bền dưới tải trọng tĩnh:

Là tập hợp các đặc trưng cơ học phản ánh sức chịu đựng tải trọng cơ học tĩnh của vật liệu và được xác định bằng ứng suất của tải trọng gây ra các đột biến về cơ học.

Tùy theo dạng tải trọng mà người ta phân ra: độ bền kéo, nén, xoắn và uốn.

a. Các chỉ tiêu:

-**Giới hạn đàn hồi:** Là ứng suất lớn nhất tác dụng lên mẫu mà khi bỏ nó mẫu không thay đổi hình dáng và kích thước.

Ký hiệu: σ_{dh} .

-**Giới hạn chảy:** là ứng suất mà tại đó kim loại bị chảy, tức là ứng suất bé nhất bắt đầu gây nên biến dạng dẻo. ký hiệu: σ_c .

-**Giới hạn chảy quy ước:** là ứng suất gây nên một lượng biến dạng dư là 0.2% so với chiều dài ban đầu. Ký hiệu: $\sigma_{0.2}$.

-**Giới hạn bền:** là ứng suất cao nhất mà mẫu chịu được trước khi bị phá hủy.

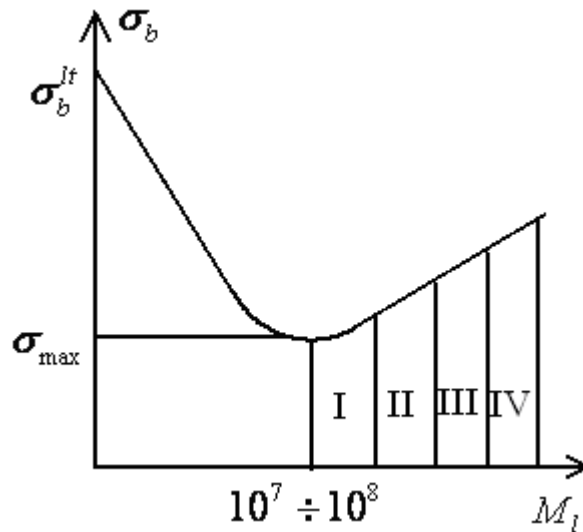
Ký hiệu σ_b (N/mm², N/m²=Pa).

b. Các yếu tố ảnh hưởng:

b.1. Độ bền:

Độ bền là chỉ tiêu cơ tính quan trọng nhất, nó quyết định khả năng làm việc, tuổi thọ của chi tiết máy. Trong công nghiệp cơ khí yêu cầu vật liệu phải có độ bền cao. Vì vậy phải có các phương pháp làm tăng độ bền của kim loại. Có hai cách:

*.**Cách 1:** Tăng mật độ lệch: $M_1 > 10^7 - 10^8$ (hình vẽ).



Hình 3.15

- Vùng I. Biến dạng dẻo
- Vùng II. Hợp kim hóa.
- Vùng III. Hợp kim hoá +nhiệt luyện.
- Vùng IV. Hợp kim hoá +biến dạng dẻo+nhiệt luyện.

***.Cách 2** Giảm mật độ lệch: ta giảm $M_t < 10^7-10^8$, khi $M_t=0$ ta được độ bền lý tưởng (lý thuyết).

b.2. Độ dẻo.

Là tập hợp các chỉ tiêu cơ tính phản ánh biến dạng dư của vật liệu, nó quyết định khả năng biến dạng dẻo, gia công áp lực.

Chỉ tiêu đánh giá độ dẻo là:

*.Độ dài tương đối khi kéo đứt $\delta\%$.

$$\text{Công thức như sau: } \delta\% = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Trong đó: L_k là chiều dài của mẫu sau khi kéo.

L_0 là chiều dài ban đầu của mẫu.

*.Độ thắt khi kéo đứt, $\psi\%$.

$$\text{Công thức } \psi\% = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100\%$$

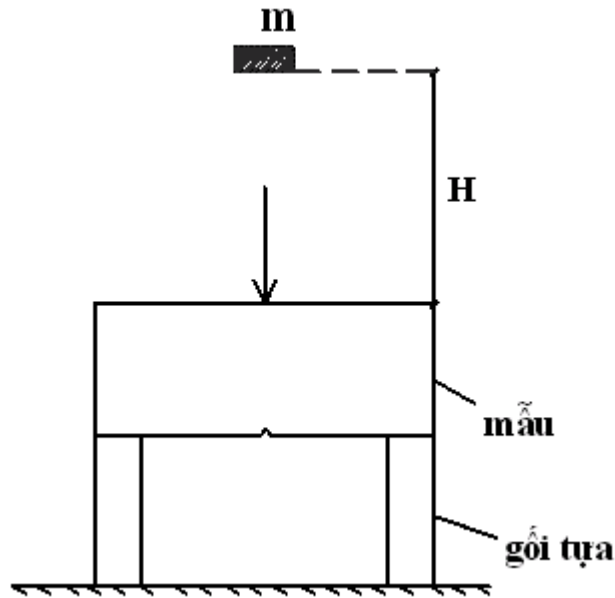
Trong đó F_0 là tiết diện ban đầu của mẫu.

F_k là tiết diện ở phần cổ thắt của mẫu sau khi kéo đứt.

II.2. Độ dai va đập.

a.Định nghĩa: là công cần thiết để phá hủy động một đơn vị tiết diện.

Được đo theo đơn vị kJ/m^2 ký hiệu: a_k



Hình 3.16

b.Xác định độ dai và đập a_k :

- Chuẩn bị mẫu.
- Cho m rơi tự do đập vào mẫu.

*.Khi tăng m và H đến giá trị làm cho mẫu bị đứt thì ta xác định được giá trị của độ dai và đập:

$$a_k = \frac{mg.H}{F_{ph}} \quad (kJ / m^2) .$$

c.Các yếu tố ảnh hưởng đến độ dai và đập a_k .

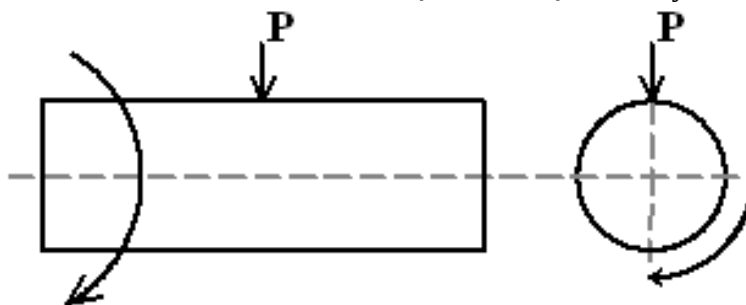
- +Bản chất của vật liệu: vật liệu có độ bền, độ dẻo cao thì độ dai và đập tăng.
- +Kích thước của chi tiết: kích thước càng lớn thì a_k giảm và ngược lại.
- +Kích thước hạt càng nhỏ thì độ dai và đập a_k càng lớn và ngược lại

II.3. Độ bền mỏi.

a.Xác định σ^{-1} : Giới hạn mỏi σ^{-1} là chỉ tiêu cơ tính quan trọng để đánh giá khả năng làm việc của chi tiết dưới tải trọng thay đổi theo chu kỳ như trục, bánh răng, lò xo, nhíp...

Để xác định được

Ta thử mẫu như hình vẽ, chế tạo mẫu, đặt lên máy cho quay tròn, chịu tải trọng P.



Hình 3.17

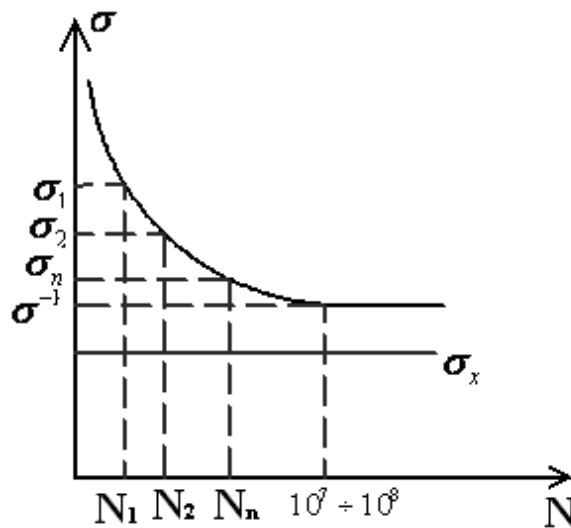
Xác định được các giá trị như sau

-Khi thử với $P_1 \Rightarrow \sigma_1 = \frac{P_1}{F_0}$, N_1 vòng: bị phá P

- $P_2 \Rightarrow \sigma_2 = \frac{P_2}{F_0}$, N_2 vòng bị phá huỷ.

- $P_n \Rightarrow \sigma_{-1} = \frac{P_n}{F_0}$, N_n vòng bị phá huỷ.

-Khi σ^{-1} , chi tiết quay $n=10^7-10^8$ vòng không bị phá huỷ. σ^{-1} là độ bền mỏi (giới hạn mỏi) của vật liệu.



Hình 3.18

b. Định nghĩa: Độ bền mỏi là ứng suất lớn nhất mà vật liệu không bị phá hủy dưới tải trọng thay đổi theo chu kỳ, khi số chu kỳ lớn hơn 10^7-10^8 .

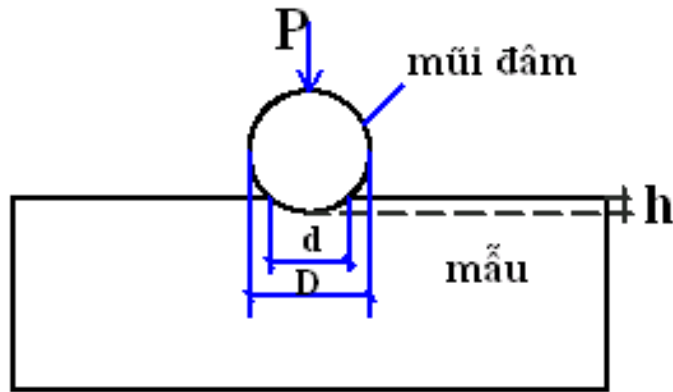
c. Các biện pháp để nâng cao giới hạn mỏi:

- Tăng độ bóng bề mặt chi tiết.
- Tạo ra ứng suất nén dư bằng các phương pháp như sau:
 - +Phun bi.
 - +Lăn ép.
 - +Tôì bề mặt, hoá nhiệt luyện.

II.4. Độ cứng .

a. Khái niệm về độ cứng.

Độ cứng là khả năng chống lại biến dạng dẻo cục bộ của vật liệu dưới tác dụng của tải trọng thông qua mũi đâm.



Hình 3.19

Thử độ cứng của chi tiết là phương pháp có ý nghĩa thực tế và được áp dụng rộng rãi vì các lý do:

- Nhanh, chỉ cần vài chục giây.
- Không phá hủy mẫu, có thể tiến hành trực tiếp trên chi tiết.
- Đo xong vẫn dùng lại chi tiết được.

b.Các phương pháp đo độ cứng.

b.1. Độ cứng Brinen (HB).

-Xác định độ cứng Brinen bằng cách ấn một tải trọng P xác định lên bề mặt kim loại qua viên bi có đường kính D, sau khi thôi tác dụng của tải trọng ta nhận được vết lõm có đường kính d.

-Mũi đâm làm bằng bi thép được tôi cứng thỏa mãn

P/D^2 là hằng số.

Bảng tương ứng giữa P và D

Đường kính D (mm)	Tải trọng P (kG)
10	3000
5	750
2.5	187.5

Độ cứng Brinen (HB) được xác định bởi công thức sau:

$HB = \frac{P \text{ (kG)}}{S \text{ (mm}^2)}$ trong đó S: là diện tích chỏm cầu vết lõm và được tính như sau:

$$S = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad \Rightarrow \quad HB = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Giới hạn bền và độ cứng Brinen có mối quan hệ bậc nhất với nhau: $\sigma_b = a \cdot HB$

Trong đó a là hệ số phụ thuộc vào vật liệu.

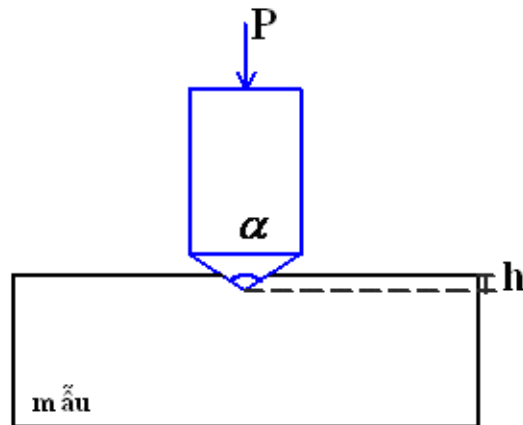
- +Đối với thép: a = 0.33-0.36.
- +Đối với đồng: a = 0.48-0.53.
- +Đối với đũa: a = 0.37.

-Phạm vi sử dụng: chỉ đo vật liệu mềm như kim loại màu, hợp kim màu, đũa, Cu, Al, Au... và đo các loại thép sau khi ủ, gang grafit, những chi tiết có độ dày:

$$\delta \geq 10h \quad (\text{trong đó } h \text{ là chiều sâu chỏm cầu}).$$

b.2.Độ cứng Rockwell HR (HRC, HRA, HRB).

Nguyên lý đo độ cứng Rockwell: ấn tải trọng lên mũi đâm tạo nên vết lõm, nếu vết lõm càng sâu thì giá trị độ cứng nhận được càng thấp, với quy ước thì cứ sâu thêm 0.002mm, độ cứng Rockwell giảm đi một đơn vị.



Hình 3.20

Độ cứng Rockwell được xác định bởi:

$$HR = K - \frac{h \text{ (mm)}}{0.002 \text{ (mm)}} \text{ trong đó K là hằng số}$$

Bảng thang đo độ cứng Rockwell:

Thang đo	Mũi đâm	K	P (kG)	Ứng dụng
HRA	Kim cương, hình nón, $\alpha = 120^\circ$	100	60	Đo rất cứng: pha xen kẽ như Xe, VC, Cr ₇ C ₃ ...
HRC	Kim cương, hình nón, $\alpha = 120^\circ$	100	150	Đo độ cứng của thép sau khi tôi: bánh răng, ổ lăn...
HRB	Bi thép	130	100	Đo vật liệu mềm, mỏng giống như HB

c. Công dụng độ cứng.

-Biết được khả năng làm việc của các chi tiết:

+Phù hợp tốt nhất cho cắt gọt: 160-180 (HB).

+Mọi chi tiết lò xo, khuôn dập nóng: 40-45 (HRC).

+Mọi bánh răng tải trọng nhỏ, tốc độ chậm: 52-58 (HRC).

+Bánh răng tải trọng lớn, tốc độ cao: như hộp số xe ô tô, găng máy, mọi dụng cụ cắt gọt, khuôn dập nguội, ổ lăn, đĩa ma sát... lớn hơn 60-62 (HRC).

II.5.Nung kim loại đã qua biến dạng dẻo.

II.5.1.Trạng thái của kim loại đã qua biến dạng dẻo:

Sau khi biến dạng dẻo kim loại đã bị biến cứng, mạng tinh thể bị xô lệch với mật độ cao, tồn tại ứng suất bên trong, do đó nó ở trạng thái không cân bằng với năng lượng dự trữ cao nên nó có xu hướng trở về trạng thái cân bằng.

Dem kim loại đã qua biến dạng dẻo nung lên sẽ qua các giai đoạn sau:

II.5.2. Các giai đoạn chuyển biến khi nung:

a. Giai đoạn hồi phục:

- Là giai đoạn mà ở nhiệt độ thấp (nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại) trong kim loại bị biến dạng dẻo xảy ra quá trình hồi phục, đó là các quá trình biến đổi nhỏ ở trong mạng tinh thể bị xô lệch như: giảm sai lệch mạng (chủ yếu là sai lệch điểm và nút trống) giảm mật độ lệch và ứng suất bên trong.

- Trong giai đoạn này tổ chức tế vi chưa biến đổi gì (vẫn ở trạng thái biến cứng).

b. Giai đoạn kết tinh lại:

b.1. nhiệt độ kết tinh lại: là nhiệt độ nhỏ nhất có quá trình tạo mầm và phát triển mầm ở trạng thái rắn của kim loại đã qua biến dạng dẻo.

$$\text{-Nhiệt độ kết tinh được tính theo công thức } T_{KTL}^o = a.T_{nc}^o [^o K]$$

Trong đó **a** là hằng số phụ thuộc vào

- Bản chất của vật liệu.

- Độ sạch của kim loại.

- Mức độ biến dạng dẻo $\epsilon\%$.

- Thời gian giữ nhiệt khi nung.

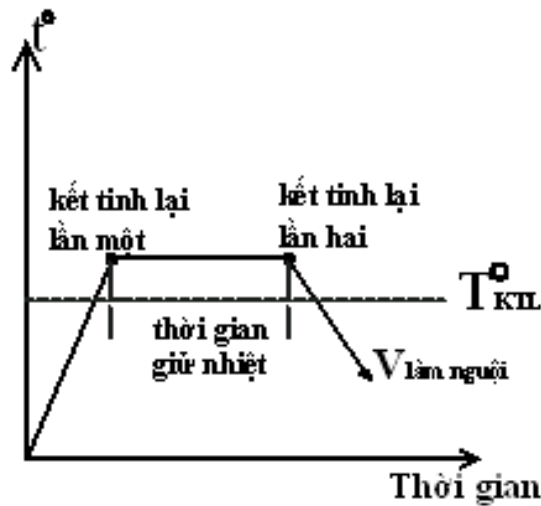
T: nhiệt độ Kenvin (oK).

Đối với kim loại nguyên chất kỹ thuật thì **a=0.4**. Chẳng hạn như: Fe ($t_s^o = 1539^oC$)-

$$T_{KTL}^o = 450^oC, \text{ Cu } (t_s^o = 1083^oC) - T_{KTL}^o = 270^oC, \text{ Al } (t_s^o = 660^oC) - T_{KTL}^o = 100^oC.$$

b.2. Cơ chế của quá trình kết tinh lại

*. Khi $t_{nung}^o \geq t_{KTL}^o$ có quá trình tạo mầm ở các trung tâm sai lệch mạng tinh thể, mầm lớn lên phát triển thành hạt cho đến khi các hạt gặp nhau gọi là quá trình kết tinh lại lần một.



Hình 3.21

***Đặc điểm:** quá trình kết tinh lại làm thay đổi cơ tính của vật liệu như sau:

+Độ bền (σ_b) và độ cứng giảm.

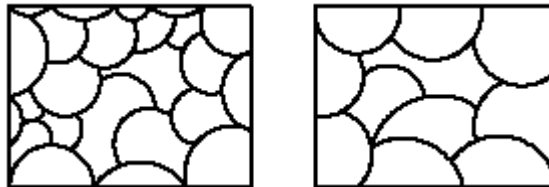
+Độ dai va đập và độ dẻo tăng.

Quá trình này được gọi là quá trình khử biến cứng.

+Kích thước hạt bé, có hạt to, hạt nhỏ.

***Trong thời gian giữ nhiệt:** không có quá trình tạo mầm, nhưng có sự sát nhập hạt bé vào hạt lớn (không còn hạt bé), chỉ còn những hạt có kích thước gần bằng nhau. Cuối giai đoạn này gọi là kết tinh lần 2.

***Đặc điểm:** Ở giai đoạn này thì σ_b , độ cứng giảm ít và độ dai và độ dẻo tăng ít.

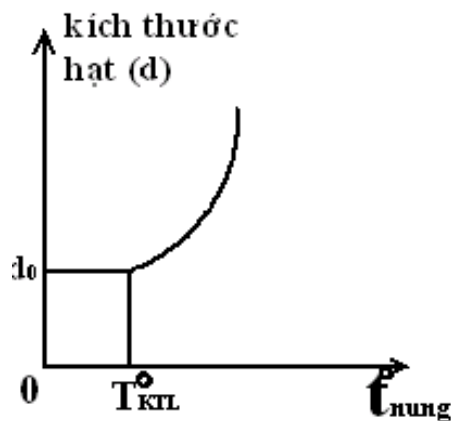


Hình 3.22

Sau kết tinh lại lần hai, có thể khôi phục tính chất kim loại trước lúc biến dạng dẻo, tuy nhiên còn phụ thuộc vào kích thước hạt khi kết tinh lại.

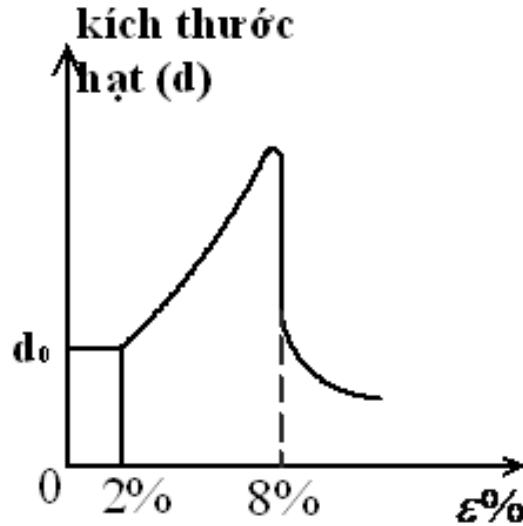
c. Các yếu tố ảnh hưởng tới kích thước hạt khi kết tinh lại.

***Nhiệt độ:** nhiệt độ nung càng cao thì kích thước hạt càng lớn.



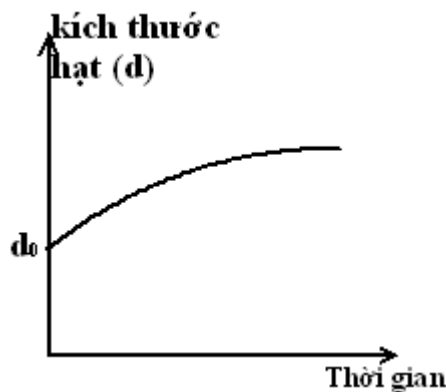
Hình 3.23

*.**Mức độ biến dạng ($\epsilon\%$)**: kim loại bị biến dạng càng mạnh, sau khi ủ kết tinh lại kích thước hạt tạo thành càng nhỏ. Khoảng biến dạng từ 2%-8% là độ biến dạng tới hạn tại đây trung tâm sai lệch mạng là ít nhất và kích thước hạt là lớn nhất. Lượng biến dạng làm cho hạt có kích thước cực đại khi kết tinh lại gọi là độ biến dạng tới hạn. Ký hiệu ϵ_{th}



Hình 3.24

*.**Thời gian giữ nhiệt**: thời gian giữ nhiệt càng dài thì càng có điều kiện cho hạt phát triển nên hạt càng lớn. Kích thước hạt phụ thuộc thời gian giữ nhiệt theo quy luật hàm căn bậc hai.



Hình 3.25

II.6. Biến dạng nóng:

*.**Định nghĩa**:

Biến dạng nóng là biến dạng dẻo được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ kết tinh lại ($t^o \geq t_{KTL}^o$).

*.**Cơ chế của biến dạng nóng**: khi biến dạng nóng bao giờ cũng có hai quá trình đối lập nhau.

- +Kim loại biến dạng làm xô lệch mạng tạo nên hóa bền, bị biến cứng (v_1).
- +Kết tinh lại làm mất xô lệch mạng làm khử biến cứng (v_2).

Vậy nên ta làm thỏa mãn $v_1 \approx v_2$ biến dạng sẽ thuận lợi nhất.

*.**Ưu và khuyết của biến dạng nóng**:

-**Về ưu điểm**:

- +Với lực biến dạng nhỏ ta thu được lượng biến dạng lớn.

+Nhờ nhiệt độ cao, chi tiết ít bị nứt vỡ khi biến dạng nóng.
+Nếu phối hợp tốt giữa (v_1, v_2) thì không cần phải ủ để khử biến cứng sau khi biến dạng nóng.

-Về nhược điểm:

+Độ chính xác không cao bằng biến dạng nguội.
+Rất khó khống chế nhiệt độ biến dạng nóng với chi tiết mỏng vì tốc độ nguội của chi tiết rất nhanh.

-Chất lượng bề mặt không cao: độ bóng kém do vậy ôxyt.

CHƯƠNG III. NHIỆT LUYỆN THÉP.

Trong chương này trình bày bản chất của các quá trình nhiệt luyện thép cũng như những ứng dụng của chúng. Cần nắm vững các điểm sau:

-Trên cơ sở nắm vững giản đồ trạng thái Fe-C xác định được các chuyển biến pha khi nung nóng và làm nguội.

-Phân biệt các tổ chức khi nhiệt luyện: Peclit, Xoocbit, Bainit, Mactenxit về bản chất, cơ tính và điều kiện tạo thành.

-Cách tiến hành và công dụng tôi, ram, ủ và thường hoá.

I. khái niệm về nhiệt luyện thép

I.1. Vai trò của nhiệt luyện trong chế tạo cơ khí.

a. Làm tăng độ cứng, độ bền và tính chống mài mòn của thép.

Mục tiêu của ngành cơ khí chế tạo máy là chế tạo ra các máy bền hơn, nhẹ hơn, nhanh hơn với tính năng tốt hơn. Để đạt được điều đó thì không thể không sử dụng những thành quả của nhiệt luyện, sử dụng triệt để các tiềm năng của vật liệu về mặt cơ tính.

Nhiệt luyện bằng các phương pháp: tôi + ram, tôi bề mặt, hóa nhiệt luyện... cho độ bền, độ cứng tăng lên từ 3-6 lần, làm tăng cao khả năng làm việc của chi tiết mà còn tăng tính chống mài mòn.

b. Cải thiện tính công nghệ.

Muốn tạo ra sản phẩm, chi tiết máy phải thực hiện các công nghệ như: rèn, dập, cắt gọt... để tăng tuổi thọ, năng suất, giảm giá thành, thép phải có cơ tính phù hợp trong với các phương pháp gia công, phương pháp nhiệt luyện thường là ủ và thường hóa.

c. Nhiệt luyện trong nhà máy cơ khí.

Ở các nhà máy cơ khí nhỏ và trung bình, bộ phận nhiệt luyện không lớn, thường đặt tập trung. 56% số chi tiết nhiệt luyện ở bộ phận được đưa đến các phân xưởng để gia công cắt gọt

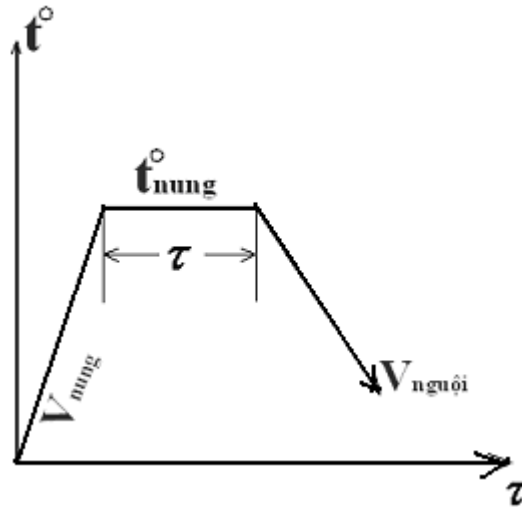
Ở các nhà máy quy mô lớn và rất lớn, các chi tiết máy được gia công hoàn chỉnh từ khâu đầu đến khâu cuối trên dây chuyền bao gồm cả nhiệt luyện.

Nhiệt luyện ở đây được cơ khí hóa, tự động hóa.

I.2. Sơ lược về nhiệt luyện.

a. Định nghĩa:

Nhiệt luyện là phương pháp gồm *nung nóng* kim loại, hợp kim đến nhiệt độ xác định, *giữ nhiệt* tại đó một thời gian thích hợp rồi *làm nguội* với tốc độ nhất định để làm thay đổi tổ chức tế vi và nhận được các tính chất theo mong muốn.



Hình 4.1-Sơ đồ nhiệt luyện thép

Nhiệt luyện là phương pháp gia công có những đặc điểm riêng biệt sau:

-Khác với đúc, hàn, nhiệt luyện không nung đến chảy lỏng mà luôn luôn ở trạng thái rắn.

-Khác với cắt gọt, biến dạng dẻo (rèn, dập) khi nhiệt luyện thì hình dạng kích thước hầu như không thay đổi hay thay đổi không đáng kể.

-Kết quả của nhiệt luyện được đánh giá bằng thay đổi tổ chức tế vi và cơ tính.

b.Mục đích của phương pháp.

-Chuẩn bị điều kiện tốt nhất cho các phương pháp gia công tiếp theo gọi là nhiệt luyện sơ bộ.

-Chuẩn bị những tính chất để thỏa mãn điều kiện làm việc của chi tiết gọi là nhiệt luyện kết thúc (nguyên công cuối cùng).

c.Các yếu tố ảnh hưởng.

-**Nhiệt độ nung:** là nhiệt độ cao nhất mà quá trình nung đạt được. Nhiệt độ này phụ thuộc vào từng phương pháp và mục đích của quá trình nhiệt luyện.

- V_{nung} : áp dụng các phương pháp nung nhanh nhưng tránh làm nứt chi tiết.

+Nhiệt độ nung $< 700^{\circ}$ là nung thấp.

+Nhiệt độ nung $> 1000^{\circ}$ là nung cao.

+Nhiệt độ nung từ 700° - 1000° là nung trung bình.

-Thời gian giữ nhiệt (τ): là thời gian trong giai đoạn giữ nhiệt độ nung không đổi.

Thời gian này phụ thuộc vào các yếu tố như:

+Môi trường nung: không khí, muối nóng chảy, kim loại nóng chảy (chì nóng chảy).

+Kích thước chi tiết.

+Bản chất của vật liệu.

+Cách sắp xếp vật liệu trong lò.v.v..

-Tốc độ làm nguội ($V_{nguội}$) sau khi giữ nhiệt: phụ thuộc vào bản chất của vật liệu, phương pháp nhiệt luyện.

d.Các chỉ tiêu đánh giá sau nhiệt luyện.

-Độ cứng là chỉ tiêu quan trọng đầu tiên và có liên quan đến các chỉ tiêu khác như: độ bền, độ dẻo, độ dai. Trong nhiều trường hợp phải kiểm tra 100% sản phẩm.

-Tổ chức tế vi bao gồm cấu tạo pha, kích thước hạt, chiều sâu lớp hóa bề, các vết nứt. Do chỉ tiêu này kiểm tra mất nhiều thời gian nên chỉ kiểm tra xác suất trong sản xuất ổn định.

-Độ cong vênh, biến dạng, vết nứt.

-Độ bền, độ dẻo, độ dai: áp dụng cho chi tiết quan trọng.

e.Sơ lược về nhiệt luyện thép.

-Ủ: là phương pháp nhiệt luyện để đạt được tổ chức cân bằng với độ cứng, độ bền thấp nhất, độ dẻo cao nhất.

-Thường hóa: là phương pháp nhiệt luyện bằng cách nung nóng đến tổ chức hoàn toàn austenit, làm nguội bình thường trong không khí tĩnh.

-Tôi: là phương pháp nhiệt luyện bằng cách nung nóng làm xuất hiện austenit rồi làm nguội nhanh để đạt được độ cứng cao nhất.

-Ram là nguyên công bắt buộc sau khi tôi, bằng cách nung nóng thép đã tôi để điều chỉnh độ cứng, độ bền thỏa mãn điều kiện làm việc của chi tiết.

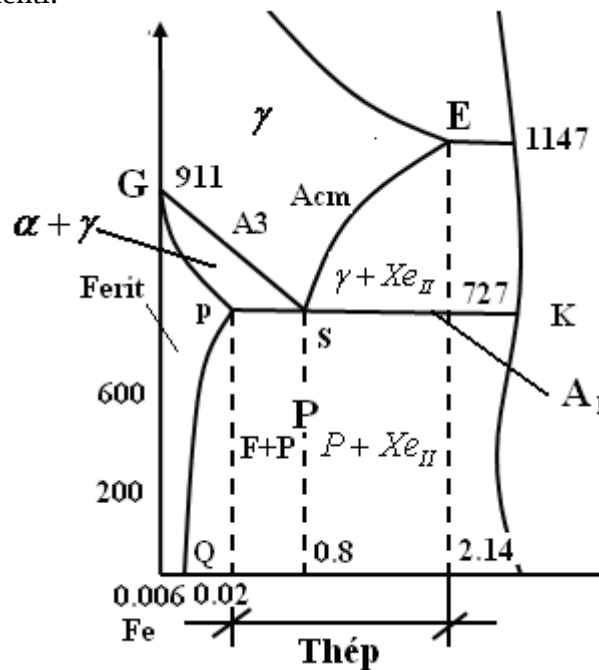
II.Chuyển biến xảy ra khi nung nóng và làm nguội thép.

II.1.Các chuyển biến khi nung nóng và giữ nhiệt thép.

II.1.1.Các chuyển biến khi nung nóng thép.

a.Cơ sở xác định chuyển biến khi nung:

Cơ sở để nghiên cứu chuyển biến khi nung nóng thép là giản đồ pha Fe-C song chỉ giới hạn ở khu vực thép và trạng thái rắn. Ở nhiệt độ thường mọi thép đều cấu tạo bởi hai pha cơ bản: Ferit và Xementit.



Hình 4.2

-Thép trước cùng tích $P + F \xrightarrow{t_n^0 > A_{C1}} \gamma + F \xrightarrow{t_n^0 > A_{C3}} \gamma + \gamma = \gamma$.

-Thép cùng tích: $P \xrightarrow{t_n^0 > A_{C1}} \gamma$.

-Thép sau cùng tích: ngoài peclit còn có xementit thứ hai.

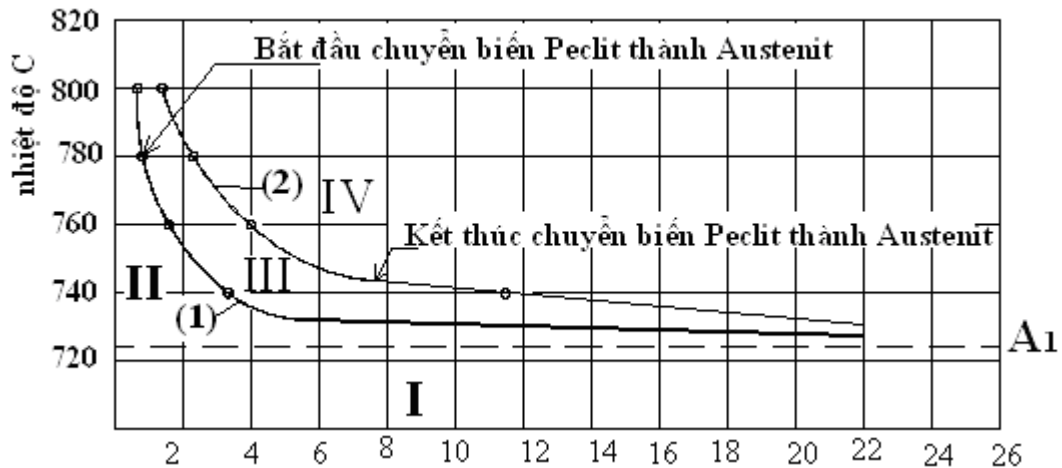
$Xe_{II} + P \xrightarrow{t_n^0 > A_{C1}} \gamma + Xe_{II} \xrightarrow{t_n^0 > A_{Ccm}} \gamma + \gamma = \gamma$.

Vậy khi nung nóng ở nhiệt độ $t_n^0 > A_1$ thì thép cùng tích đã chuyển biến hoàn toàn thành tổ chức là Austenit ($P \rightarrow \gamma$).

Thép trước cùng tích có tổ chức Austenit + ferit. Thép cùng tích có tổ chức austenit+Xementit.

b. các chuyển biến của Peclit thành Austenit (γ) khi nung nóng đẳng nhiệt:

-Để nghiên cứu chuyển biến từ Peclit thành Austenit. Đầu tiên từ thép Peclit (0.8%C) ta chế tạo ra mẫu mỏng có kích thước như nhau, nung trong môi trường muối nóng chảy ở các nhiệt độ đẳng nhiệt. Để P chuyển biến và vẽ được biểu đồ chuyển biến khi nung nóng đẳng nhiệt P hoàn toàn thành Austenit (hình vẽ).



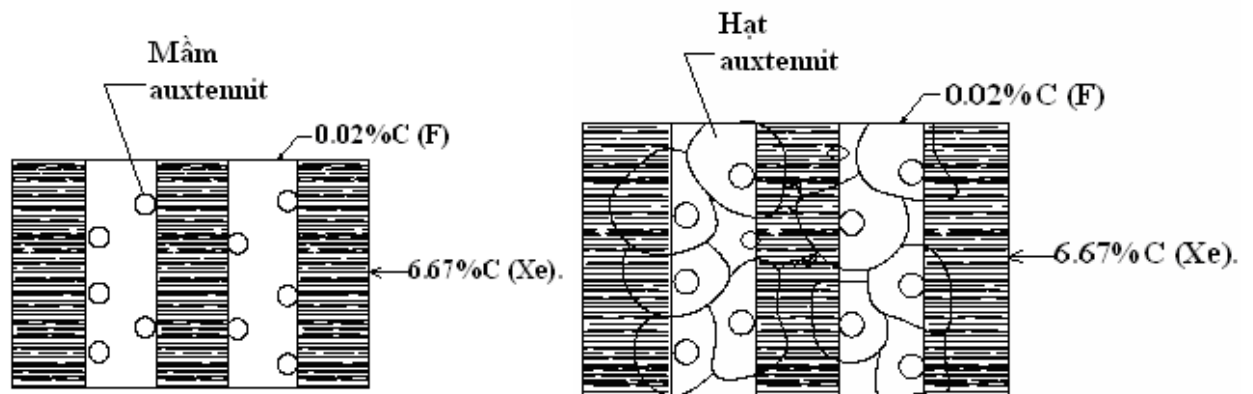
Hình 4.3-Biểu đồ chuyển biến đẳng nhiệt khi nung nóng P.

- Vùng I: $t^0 < A_1$: vùng tồn tại Ổn định của P.
- Vùng II: $t^0 > A_1$ và ở bên trái đường (1) là vùng tồn tại P kém Ổn định.
- Vùng III: là vùng đang chuyển biến.
- Vùng IV: là vùng hoàn thành chuyển biến.

*.Đặc điểm:

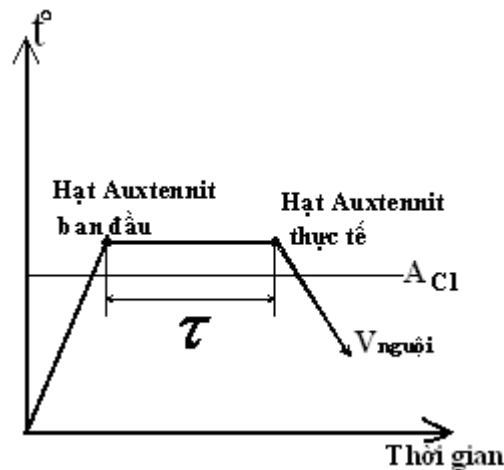
- +Chuyển biến chỉ xảy ra khi nhiệt độ nung $t^0 > A_{C1}$.
- +Nhiệt độ nung càng cao thì thời gian chuyển biến peclit thành austenit càng ngắn.
- +Chuyển biến hoàn toàn (100% P thành 100% γ) và là chuyển biến khuếch tán.

*.Cơ chế chuyển biến: $P = [F + Xe] \xrightarrow{t^0 > A_{C1}} \gamma$



Hình 4.4-Sự hình thành mầm và phát triển mầm Austenit

Mầm γ được sinh ra ở biên giới Ferit và Xementit, phát triển thành hạt γ , các hạt γ gặp nhau, ta được hạt γ ban đầu.



Hình 4.5-Biểu đồ hình thành hạt austenit.

*.Hạt γ ban đầu:

-Nồng độ C trong hạt austenit không đồng nhất.

-Hạt γ có kích thước nhỏ và không đều nhau vì mầm Austenit sinh ra không cùng một lúc.

*.Trong thời gian giữ nhiệt: (τ)

-Có sự khuếch tán C trong hạt γ để làm đồng đều hạt.

-Có sự sát nhập hạt γ bé vào hạt γ lớn.

-Nhiệt độ bề mặt của chi tiết xấp xỉ bằng nhiệt độ trong tâm (đồng đều nhiệt độ).

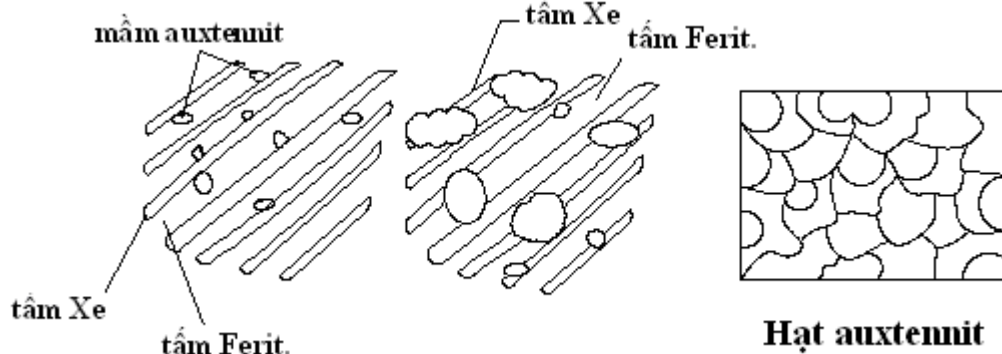
*.Kích thước hạt Austenit: cuối giai đoạn này nhận được hạt γ thực tế.

-Hạt austenit thực tế khi làm nguội với tốc độ nguội khác nhau có thể tạo thành: Peclit, Bainit, Xooctit, troxit, Mactenxit.

-Kích thước hạt γ khi nung quyết định kích thước của mọi sản phẩm mà khi nguội nó chuyển biến thành.

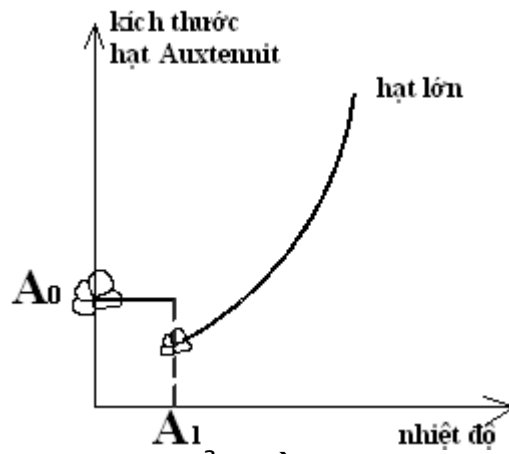
*.Các yếu tố ảnh hưởng đến kích thước hạt γ khi nung.

-kích thước tấm Ferit và Xementit: kích thước càng nhỏ thì mầm γ austenit sinh ra càng nhiều, kích thước hạt austenit càng bé.



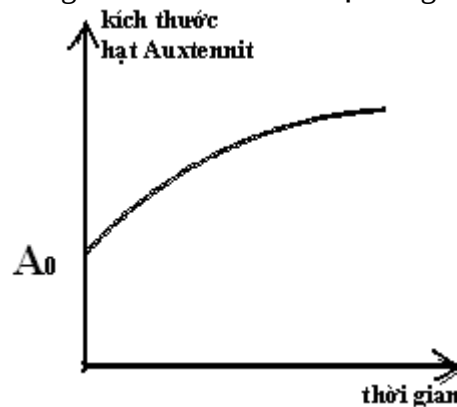
Hình 4.6

-Nhiệt độ nung: nhiệt độ nung càng cao thì kích thước hạt austenit càng lớn (theo hàm số mũ).



Hình 4.7-Biểu đồ nhiệt độ nung

-Thời gian giữ nhiệt càng dài thì kích thước hạt càng tăng theo hàm căn bậc hai.



Hình 4.8-Biểu đồ thời gian giữ nhiệt

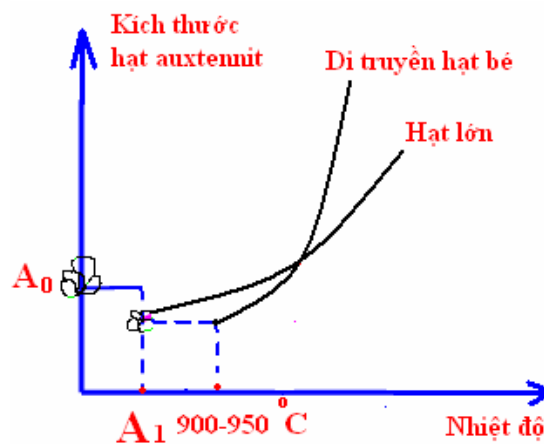
Vậy để hạt austenit kích thước bé thì ta phải khống chế chặt chẽ cả ba yếu tố trên.

*.Thép di truyền hạt bé.

-Là loại thép khi nung khoảng $A_1 < t^o < (900-950)^oC$ với thời gian giữ nhiệt

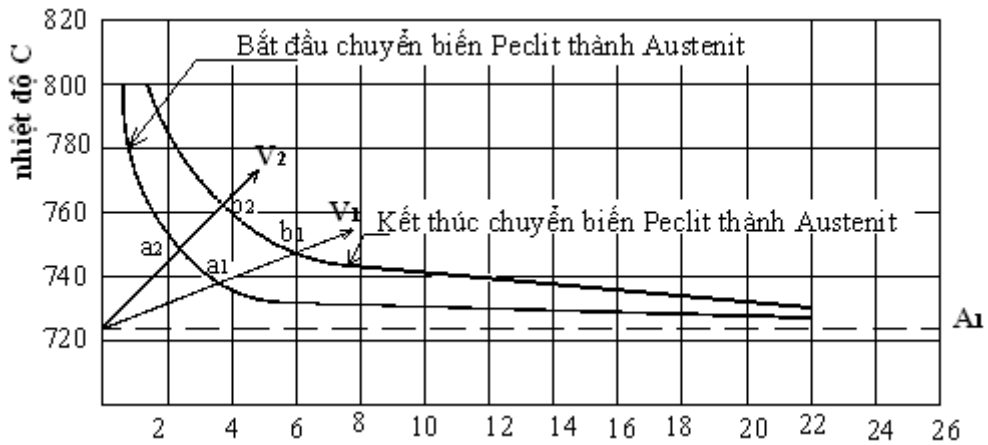
$\tau_{giu} = (3-8) h$ nhưng kích thước hạt không lớn lên (lớn lên không đáng kể).

Khi $t^o > (900-950)^oC$ hạt lớn rất nhanh.



Hình 4.9.

c.Chuyển biến khi nung nóng liên tục:



Hình 4.10-Đồ thị chuyển biến khi nung nóng liên tục

-Là quá trình nung mà nhiệt độ tăng theo thời gian

-Nhận xét quá trình nung nóng liên tục:

+Tốc độ nung càng chậm thì nhiệt độ bắt đầu chuyển biến và kết thúc chuyển biến càng thấp, thời gian chuyển biến càng dài.

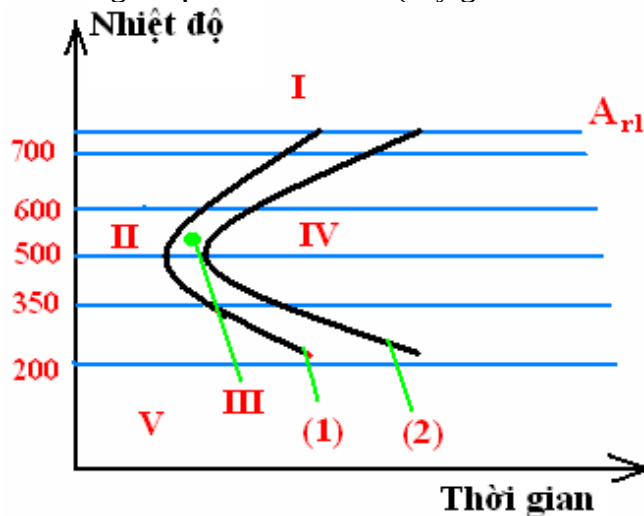
+Tốc độ nung càng nhanh thì nhiệt độ chuyển biến càng cao, thời gian chuyển biến càng ngắn.

II.2.Các chuyển biến của austenit khi làm nguội chậm.

Ta xét hai trường hợp: làm nguội đẳng nhiệt và làm nguội liên tục.

II.2.1.Chuyển biến khi làm nguội đẳng nhiệt: (môi trường có nhiệt độ không đổi).

*.Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit (hay giản đồ chữ "C").



Hình 4.11-Biểu đồ đường cong chữ C

Đường (1) là đường bắt đầu chuyển biến của γ khi làm nguội đẳng nhiệt.

Đường (2) là đường kết thúc chuyển biến γ .

Vùng I: $t > A_1$ là vùng γ ổn định (không chuyển biến).

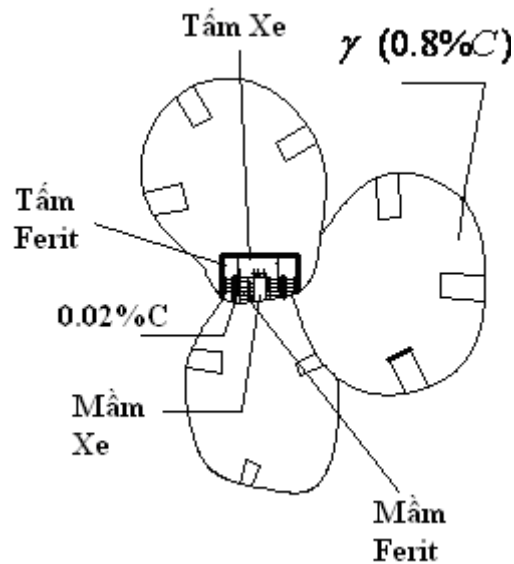
Vùng II: $t < A_1$; bên trái (1) là vùng γ quá nguội kém ổn định.

Vùng III: Là vùng đang chuyển biến.

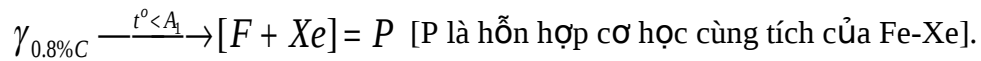
Vùng IV: là vùng hoàn thành chuyển biến.

Vùng V: $t < T^0$ là vùng chuyển biến Mactenxit.

*.Cơ chế chuyển biến.

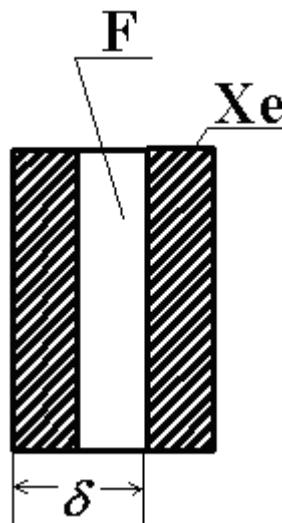


Hình 4.12-Cơ chế chuyển biến

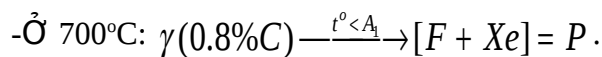


Mầm Xe sinh ra ở biên giới hạt γ , mầm lớn lên tạo thành tấm Xe và mầm F ở bên cạnh tấm Xe. Mầm F lớn lên tạo tấm F và mầm Xe bên cạnh tấm F, quá trình như thế cứ tiếp tục để chuyển biến xảy ra hoàn toàn.

*. Các sản phẩm nhận được khi làm nguội đẳng nhiệt Auztennit. Chiều dày một cặp (Xe+F). Như hình vẽ.



Hình 4.13-Peclit tấm



Peclit có chiều dày $\delta = (5 \div 7) \cdot 10^{-4} \text{ mm}$. Độ cứng 20-22 (HRC).

- Ở 600°C : tạo thành $[F+xe]=X$ (Xoocbit), độ dày $\delta = (3 \div 4) \cdot 10^{-4} \text{ mm}$, độ cứng (22-25) HRC.

- 500°C : $[F+Xe]=T$ (troxtit), độ dày $\delta = (1 \div 2) \cdot 10^{-4} \text{ mm}$,

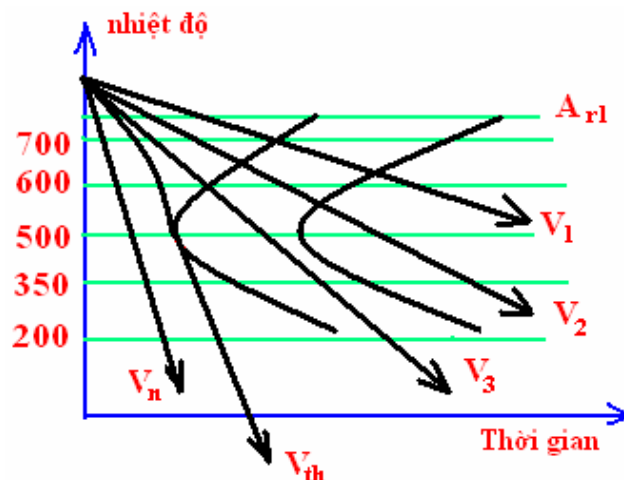
độ cứng (40-45) HRC.

- P, X, T bản chất hoàn toàn giống nhau vì đều là hỗn hợp cơ học cùng tích $[F+Xe]$, nhưng khác nhau kích thước một cặp tấm F+Xe.

-350°C: $\gamma(0.8\%C) \rightarrow Fe_{\alpha}(C) + Xe \rightarrow B_T$ (Bainit trên). Trong đó $Fe_{\alpha}(C)$ là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hòa xen kẽ, có độ dày $\delta < (1 \div 2) \cdot 10^{-4} mm$. Độ cứng (45-50) HRC.

-200°C: $\gamma(0.8\%C) \rightarrow Fe_{\alpha}^*(C) + Fe_3C \rightarrow B_D$ (Bainit dưới). Độ cứng (50-55) HRC.
 Nồng độ %C trong $Fe_{\alpha}(C)$ của $[B_T] < \%C$ trong $Fe_{\alpha}^*(C)$ của C trong Fe_{α} . Trong đó $Fe_{\alpha}^*(C)$ là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hòa xen kẽ.

II.2.2. Chuyển biến khi làm nguội liên tục:



Hình 4.14-Biểu đồ chuyển biến khi làm nguội liên tục.

-Làm nguội liên tục là quá trình làm nguội mà nhiệt độ thay đổi theo thời gian.

-Đặc điểm của sự phân hóa austenit khi làm nguội liên tục:

-Với các tốc độ làm nguội khác nhau thì austenit phân hóa thành các tổ chức khác nhau. Dựa vào giản đồ chữ "C" ta có các tốc độ làm nguội như sau: $V_1 < V_2 < V_3 < V_{th} < V_n$.

+Làm nguội chậm cùng lò: $V_1 \rightarrow$ Peclit tấm (700°C).

+Khi làm nguội trong không khí tĩnh: $V_2 \rightarrow$ X+P (Xoocbit+Peclit).

+Làm nguội trong gió: $V_3 \rightarrow$ X+T+B_T+B_D+M (Xoocbit+Troxit+Bainit trên +Bainit dưới +Mactenxit).

+Khi làm nguội với $V_{th} \rightarrow$ M (mactenxit).

+Khi làm nguội với $V_n \rightarrow$ M.

*.Nhận xét: với tốc độ nguội khác nhau khi làm nguội liên tục ta được các tổ chức tế vi khác nhau nên tính chất khác nhau.

-Khi nguội liên tục không nhận được 100% tổ chức là Bainit (chỉ nhận được Bainit khi làm nguội đẳng nhiệt).

- V_{th} là tốc độ nguội nhỏ nhất để γ chuyển biến thành Mactenxit mà không tạo ra các tổ chức như: X, T, B_T, B_D.

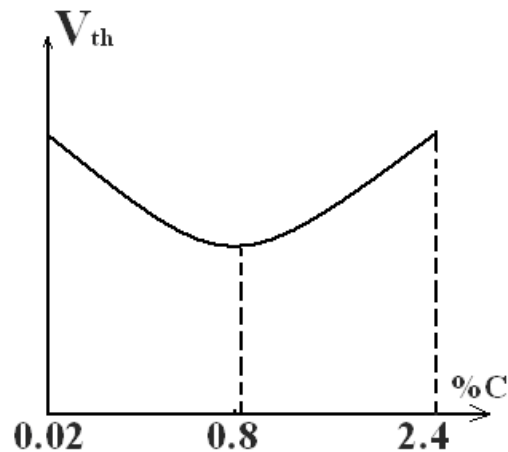
Khi làm nguội:

+ $V_n < V_{th}$ là nguội chậm.

+ $V_n \geq V_{th}$ là nguội nhanh.

*.Chú ý: mỗi loại thép khác nhau thì có giản đồ chữ "C" khác nhau và có V_{th} khác nhau.

Giản đồ chữ "C" được xây dựng bằng thực nghiệm. Trong thép C khi %C=0.8% thì V_{th} là nhỏ nhất.



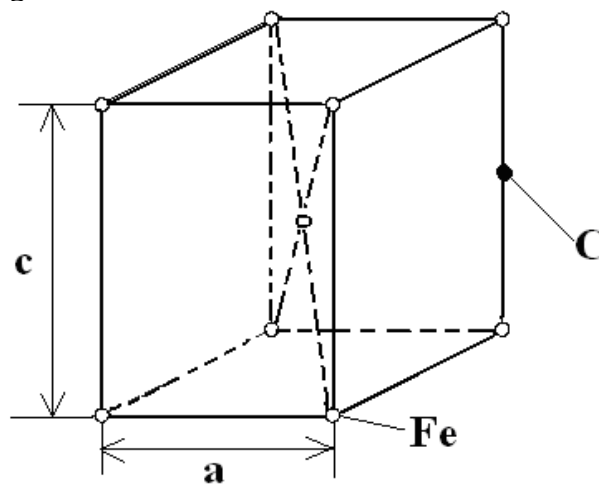
Hình 4.15

II.3.Các chuyển biến của austenit khi làm nguội nhanh (chuyển biến Mactenxit).

Khi làm nguội nhanh ($V_n \geq V_{th}$) austenit ta được các sản phẩm sau:

$\gamma \xrightarrow{V_n \geq V_{th}} M_t + \gamma$ (dư) + ứng suất dư, tổ chức này có độ cứng cao, chống mài mòn tốt nhưng rất giòn.

a. Định nghĩa: Mactenxit là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hoà C trong Fe_α có nồng độ %C bằng nồng độ %C trong austenit. Có kiểu mạng chính phương thể tâm, có độ cứng và khả năng chống mài mòn rất cao.

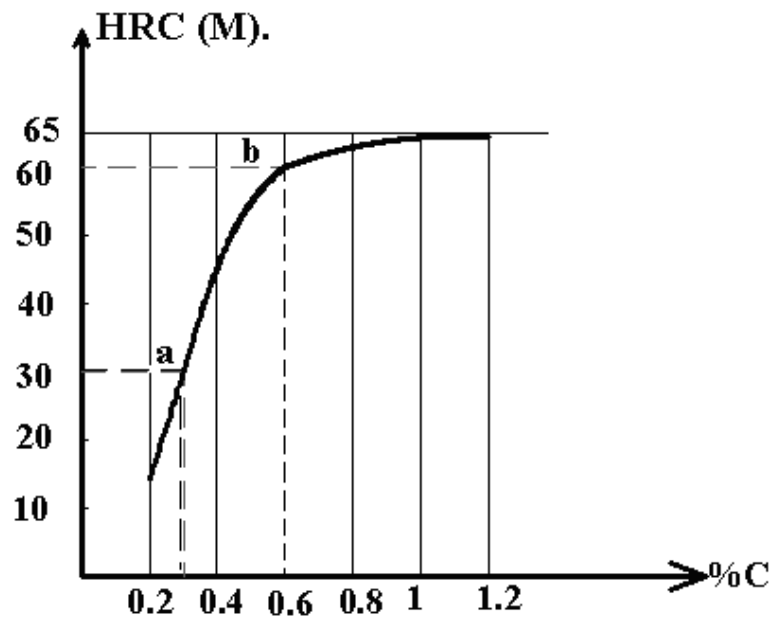


Hình 4.16-Mactenxit

*.Tính chất của Mactenxit:

-Mactenxit là tổ chức rất quan trọng được tạo thành khi tôi thép, quyết định cơ tính của thép tôi.

-Độ cứng của M phụ thuộc vào %C có trong nó. Nồng độ %C càng cao độ cứng M càng tăng.



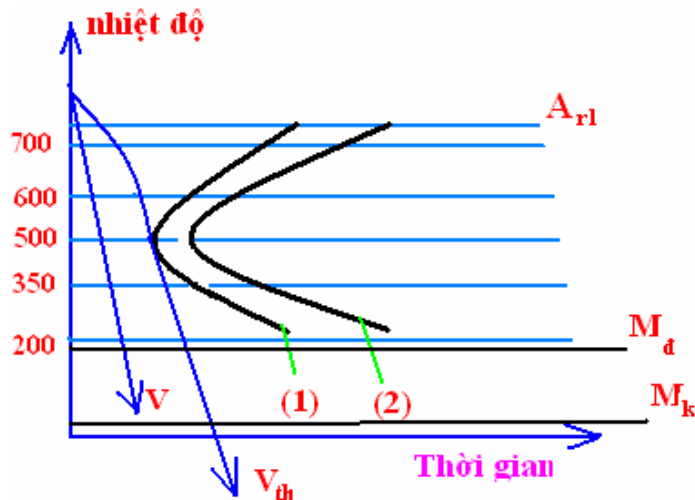
Hình 4.17-Biểu đồ thể hiện độ cứng M phụ thuộc vào %C

-Độ giòn của M phụ thuộc vào hai yếu tố:

+Độ cứng: M càng cứng thì độ giòn càng cao.

+Kích thước tinh thể M: càng lớn thì độ giòn càng cao và ngược lại.

b.Chuyển biến Mactenxit khi làm nguội nhanh $V_n \geq V_{th}$.



Hình 4.18-Biểu đồ chuyển biến khi nguội nhanh.

Dựa vào giản đồ chữ “C” ta xác định:

- M_d là nhiệt độ bắt đầu chuyển biến Mactenxite ($t^\circ < 200^\circ C$).

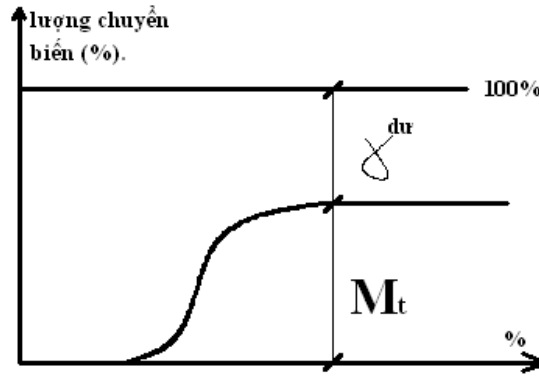
- M_k là nhiệt độ kết thúc chuyển biến M.

Cả hai đường này phụ thuộc vào nồng độ C và nồng độ các nguyên tố hợp kim. Khi %C và % hợp kim tăng lên thì làm hai đường này càng thấp (M_k thấp gây khó khăn cho nhiệt luyện).

*.Chuyển biến M là chuyển biến không hoàn toàn, sau chuyển biến luôn luôn tồn tại γ (dư).

*.Chuyển biến M là chuyển biến không khuếch tán ở $t^\circ < 200^\circ C$, thì hệ số khuếch tán D_{Fe} và D_C bằng 0.

*.Chuyển biến M chỉ xảy từ hai nhiệt độ bắt đầu M_d và kết thúc M_k .



Hình 4.19

-Luôn tồn tại ứng suất dư: gồm có ứng suất nhiệt + ứng suất tổ chức.

II.4.Chuyển biến khi nung thép đã tôi (ram thép).

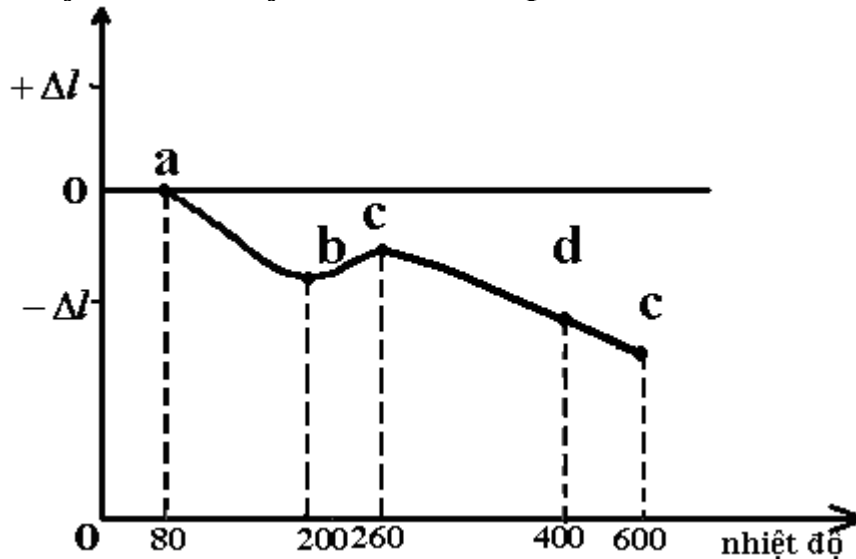
II.4.1.Tính không Ổn định của austenit và mactenxit:

Dựa vào giản đồ trạng thái Fe-C thì từ nhiệt độ thường đến nhiệt độ 727°C hai pha Ổn định là Ferit và xementit, hai pha austenit và mactenxit là hai pha không Ổn định nên có xu hướng chuyển biến thành các pha Ổn định hơn.

-Mactenxit không Ổn định là do quá bão hòa C, lượng C dư sẽ tiết ra dưới dạng xementit và phần còn lại chuyển biến thành ferit: $M_t \rightarrow M^* + Fe_{2.4}C$.

-Còn austenit không tồn tại dưới 727°C , có xu hướng chuyển biến thành các pha như M_t , X_r , T_r , B_r ...

II.4.2.Các chuyển biến xảy ra khi ram thép:



Hình 4.20-Biểu đồ chuyển biến khi ram thép.

Các giai đoạn chuyển biến:

*.(0-200) $^{\circ}\text{C}$: ứng với đoạn oa b.

- (0-80) $^{\circ}\text{C}$: ứng với đoạn oa kích thước không thay đổi, không có chuyển biến xảy ra, khử được ứng suất dư.

- (80-200) $^{\circ}\text{C}$: ứng với đoạn ab M_t (0.8%C) tiết C làm c/a giảm $\rightarrow V_M$ giảm, kích thước giảm (đoạn ab). Lượng C được tiết ra kết hợp với Fe tạo ra $Fe_{2.4}C = \mathcal{E}$.

- Ở 200 $^{\circ}\text{C}$ M (0.25-0.4)% + $\mathcal{E} = M_r$ có mối quan hệ liên mạng tinh thể. Tổ chức tế vi của thép ở 200 $^{\circ}\text{C}$ là: M_r (0.25-0.4%C) + γ^{du} . Tổ chức này làm độ cứng thép giảm 1-2HRC nhưng độ dẻo tăng đáng kể.

*.(200-260) $^{\circ}\text{C}$: M_r (0.25-0.4) tiết C làm tỷ số c/a giảm, kích thước hạt giảm (1).

C tiết ra kết hợp với Fe tạo ra cacbit (ϵ). Tới 260° thì nồng độ C trong M chỉ còn (0.15-0.2)%.

Mặt khác austenit dư tạo ra M_r kích thước tăng (2). M_r tiết C và ở 260°C tạo M (0.15-0.2).

Hiệu quả của quá trình (1) chậm hơn (2) nên kích thước tăng ứng với đoạn bc.

Ở 260°C ta có $M(0.15-0.2\%C) + \epsilon = M_r(0.15-0.2\%C)$, độ cứng tăng (1-2) HRC, độ dẻo tăng nhiều.

Kết luận: M_r là tổ chức tế vi của mọi chi tiết làm việc trong điều kiện bị mài mòn.

*.(260-400) $^\circ\text{C}$: $M_r(0.15-0.2\%C)$ tiết C \rightarrow c/a giảm \rightarrow kích thước giảm ứng với (cd).

Ở 400°C thì $Fe_\alpha(C) = 0.02\% + Xe = [F+Xe] = T_r$ (Troxit ram): không còn quan hệ liên mạng tinh thể. Xe dạng hạt trên nền F.

Troxit ram: có giới hạn đàn hồi cao nhất vì vậy nó là tổ chức tế vi của mọi chi tiết lò xo.

*.(400-600) $^\circ\text{C}$: không có chuyển biến xảy ra, chỉ có sự sát nhập các hạt (Xe) để trở thành các hạt Xe có kích thước lớn hơn.

Ở 600°C : $[F + Xe^*] = X_r$. Xoocbit ram có cơ tính tổng hợp lớn nhất

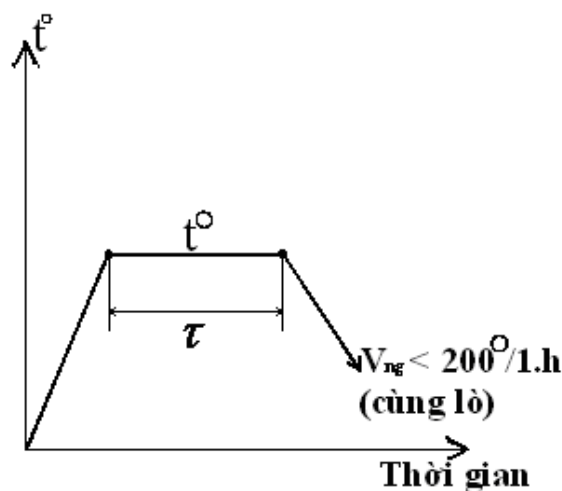
$\sigma_b \cdot \delta = \max$.

Kết luận: X_r là tổ chức tế vi của mọi chi tiết chịu lực và truyền lực như trục rôto, trục tuabin phản lực, trục cacđăng.

III. Các phương pháp nhiệt luyện thép.

III.1. Ủ thép.

a. Định nghĩa: là phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng thép hoặc chi tiết đến nhiệt độ t° nhất định, giữ nhiệt thời gian τ và làm nguội chậm với tốc độ nguội $< 200^\circ/1h$.



Hình 4.21-Biểu đồ ủ thép

*.Mục đích: có một trong năm mục đích sau.

-Ủ làm giảm độ cứng của thép để phù hợp gia công cắt gọt.

-Ủ làm tăng độ dẻo phù hợp gia công áp lực.

-Ủ làm nhỏ hạt thép.

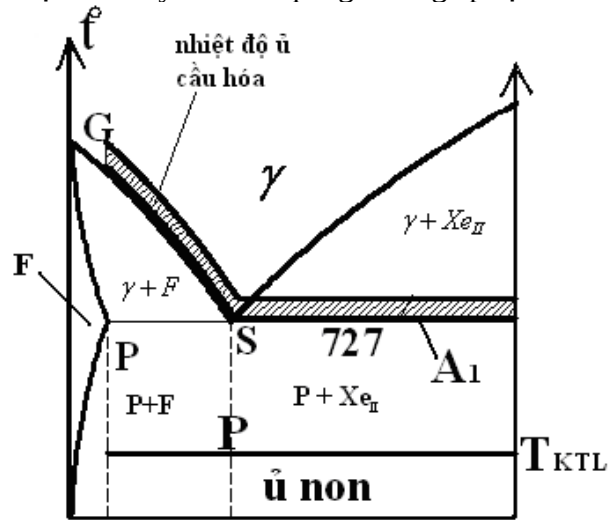
-Ủ làm đồng đều về nồng độ.

-Ủ khử ứng suất dư do gia công áp lực: đúc, hàn.

b. Các phương pháp ủ:

b.1. Ủ không có chuyển biến pha: (nhiệt độ ủ $t^o < A_1$) không có chuyển biến từ pha này sang pha khác. Có hai phương pháp ủ: ủ thấp (ủ non) và ủ kết tinh lại.

b.1.1. Ủ thấp: (nhiệt độ ủ $t^o < t_{KTL}^o$) là phương pháp ủ tiến hành ở $t^o < t_{KTL}$ nhằm khử ứng suất dư của vật đúc hay chi tiết qua gia công áp lực.



Hình 4.22-Giản đồ thể hiện phần ủ non.

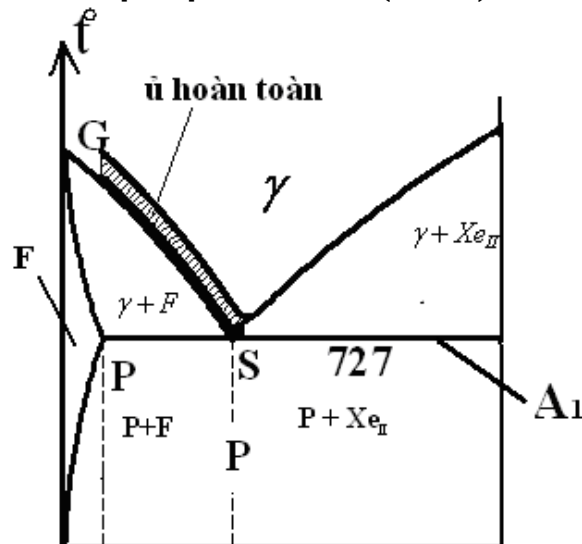
b.1.2. Ủ kết tinh lại: (nhiệt độ ủ $\geq t_{KTL}^o$) khử biến cứng sau biến dạng dẻo.

*.Khác với ủ thấp thì ủ kết tinh lại làm giảm độ cứng và thay đổi kích thước hạt.

b.2. Ủ có chuyển biến pha: (nhiệt độ ủ $> A_1$) có chuyển pha P, F, Xe, auxtennit. Có các phương pháp ủ như sau:

b.2.1. Ủ hoàn toàn: ở nhiệt độ ủ tổ chức thép hoàn toàn auxtennit, chỉ áp dụng cho thép trước cùng tích và cùng tích.

Nhiệt độ ủ $t^o = A_{C3} + (20-30)^oC$.



Hình 4.23-Ủ hoàn toàn

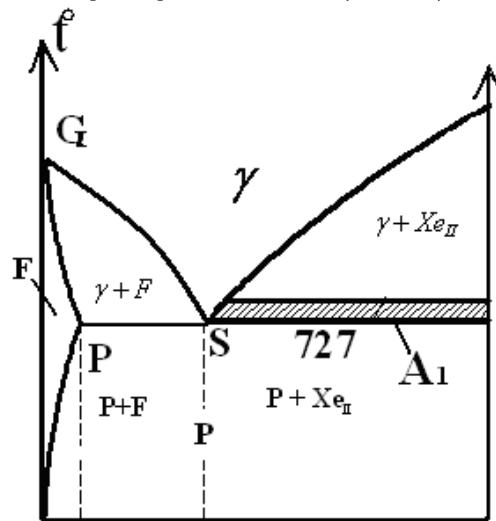
-Mục đích: làm giảm độ cứng của thép có $\%C > 0.3\%$ để phù hợp cho gia công cắt gọt.

-Làm tăng độ dẻo của thép C thấp ($\%C \leq 0.3\%$): để phù hợp cho gia công áp lực.

b.2.2. Ủ không hoàn toàn: là phương pháp ủ có đặc điểm nung nóng thép đến trạng thái không hoàn toàn là auxtennit.

Chỉ áp dụng cho thép sau cùng tích để làm giảm độ cứng phù hợp cho gia công cắt gọt.

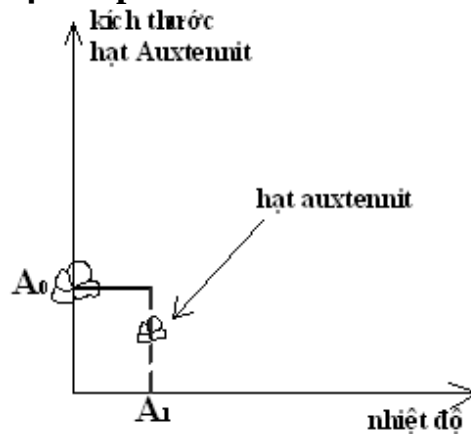
Nhiệt độ ủ $t^{\circ} = A_{C1} + (20-30)^{\circ}C$.



Hình 4.24-Ủ không hoàn toàn

-Nếu nung nóng chậm $A_{C1} = A_1$ thì nhiệt độ ủ là $t^{\circ} = 750-760^{\circ}$.

b.2.3. Ủ làm nhỏ hạt thép:



Hình 4.25.

Được áp dụng cho các loại thép có hạt lớn.

-Thép trước cùng tích và cùng tích:

Nhiệt độ ủ $= A_{C3} + (20-30)^{\circ}C$.

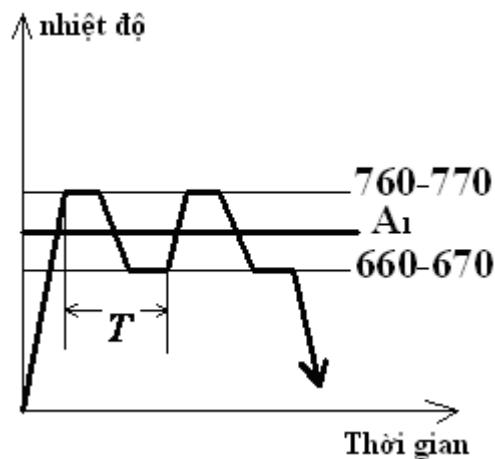
-Thép sau cùng tích:

Nhiệt độ ủ $= A_{C1} + (20-30)^{\circ}C$.

b.2.4. Ủ làm đồng đều nồng độ (ủ khuếch tán): là phương pháp ủ nung nóng thép lên đến nhiệt độ rất cao ($1000-1180^{\circ}C$), để làm tăng khả năng khuếch tán, làm đồng đều thành phần hoá học trong toàn bộ thể tích của thép.

-Ở nhiệt độ cao thì hệ số khuếch tán lớn, làm tăng tốc độ khuếch tán nhưng lại làm cho hạt lớn. Sau ủ khuếch tán phải ủ làm nhỏ hạt thép.

b.2.5. Ủ cầu hoá: là dạng đặc biệt của ủ không hoàn toàn, chỉ áp dụng cho loại thép cùng tích và sau cùng tích. Biến Xe tấm thành Xe dạng đa diện (cầu, hạt).

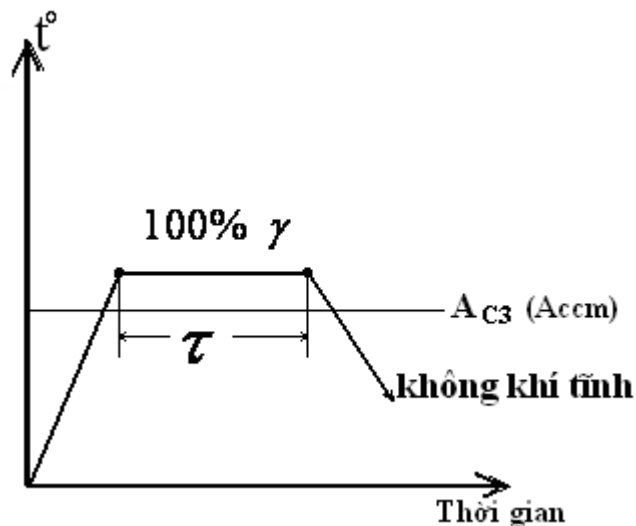


Hình 4.26-Biểu đồ ủ cầu hóa.

.T: là 1 chu kỳ , phải thực hiện $\geq (2-3) T$.

III.2.Thường hóa.

*.**Định nghĩa:** là một phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng chi tiết hoặc thép tới trạng thái hoàn toàn austenit, giữ nhiệt và làm nguội trong không khí tĩnh.



Hình 4.27-Biểu đồ thường hóa.

*.Nhiệt độ thường hóa:

-Đối với thép trước cùng tích và cùng tích:

$$\text{Nhiệt độ thường hóa} = A_{C3} + (20-30)^{\circ}\text{C}.$$

-Đối với thép sau cùng tích:

$$\text{Nhiệt độ thường hóa} = A_{cm} + (20-30)^{\circ}\text{C}.$$

*.Mục đích:

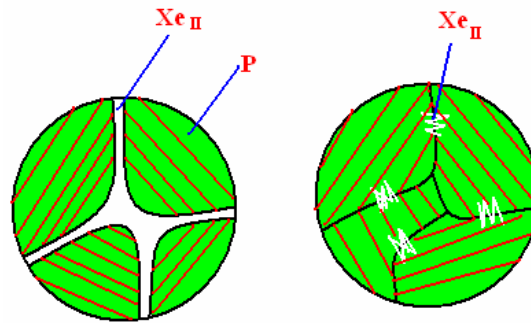
-Làm tăng độ cứng của thép C thấp (%C<0.3%) để phù hợp cho gia công cắt gọt.

- Làm nhỏ hạt thép:

+Nếu đã là chi tiết có hạt lớn: thường hóa (dù nó được chế tạo từ các loại thép có %C khác nhau).

+Nêu lá phôi: thường hóa cho thép C thấp ($\%C < 0.3\%$), nếu phôi có $\%C > 0.3\%$ thì ta nên dùng phương pháp ủ.

-Làm mất lưới Xe_{II} của thép sau cùng tích vì cơ tính rất xấu.

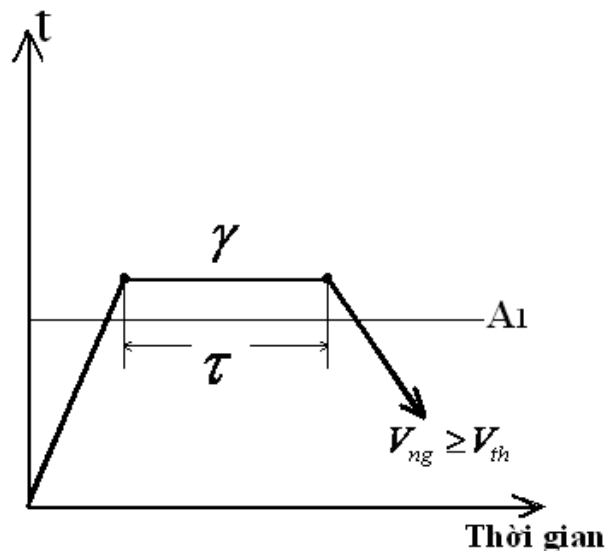


Hình 4.28-Lưới Xementit II

III.3.Tôi thép: là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất.

a. Định nghĩa và mục đích:

*.**Định nghĩa:** là phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng chi tiết hoặc thép tới trạng thái austenit, giữ nhiệt và làm nguội nhanh ($V_{ng} \geq V_{th}$).



Hình 4.29-Biểu đồ tôi thép

*.Mục đích:

-Tôi làm tăng độ bền, tăng khả năng chịu tải của chi tiết. Áp dụng cho mọi loại thép có %C khác nhau.

-Làm tăng độ cứng: tăng khả năng chống mài mòn của chi tiết. Áp dụng cho thép có %C > (0.35-0.4) %.

b.Nhiệt độ tôi:

-Thép trước cùng tích và cùng tích thì tôi hoàn toàn:

$$\text{Nhiệt độ tôi} = A_{C3} + (30-50)^{\circ}\text{C}.$$

-Thép sau cùng tích thì tôi không hoàn toàn:

$$\text{Nhiệt độ tôi} = A_{C1} + (30-50)^{\circ}\text{C}.$$

Khi nung nóng chậm $A_{C1} = A_1$ thì nhiệt độ tôi = (760-780)^oC.

-Giải thích:

*.Thép trước cùng tích:

-Tôi hoàn toàn: $100\% \gamma \rightarrow M_t + \gamma$ (dư) + ứng suất (dư)

-Tôi không hoàn toàn: $F + \gamma \xrightarrow{V_{ng} \geq V_{th}} M_t + \gamma$ (dư) + ứng suất (dư) + F. Do còn

F nên làm giảm độ cứng của thép sau khi tôi

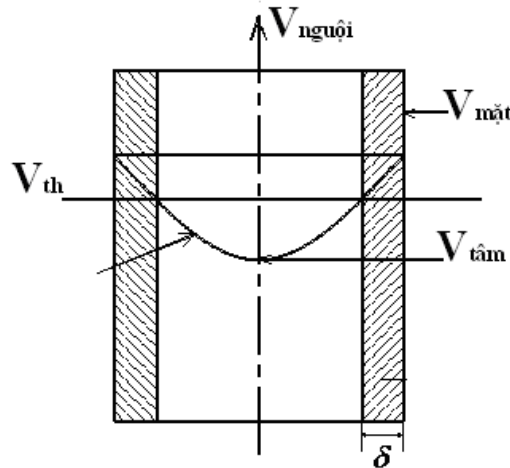
*.Thép sau cùng tích:

-Tôi hoàn toàn: $\gamma \rightarrow M_t + \gamma$ (dư) + ứng suất dư (lượng austenit dư rất nhiều).

Do lượng austenit dư nhiều và không có Xe_{II} nên làm giảm khả năng chống mài mòn của thép.

-Tôi không hoàn toàn: $Xe_{II} + \gamma \xrightarrow{V_{ng} \geq V_{th}} M_t + \gamma$ (dư) + ứng suất dư + Xe_{II} .

c. **Độ thấm tôi:** là chiều dày của lớp được tôi (δ), được tính từ mặt chi tiết vào đến vùng có $\frac{1}{2} Mactenxit + \frac{1}{2} Troxit$.

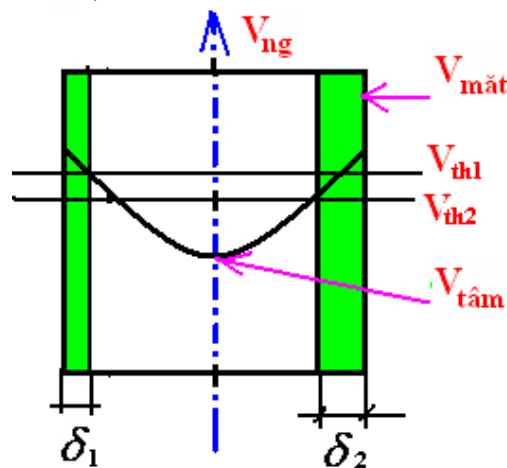


Hình 4.30-Độ thấm tôi

*.Các yếu tố ảnh hưởng:

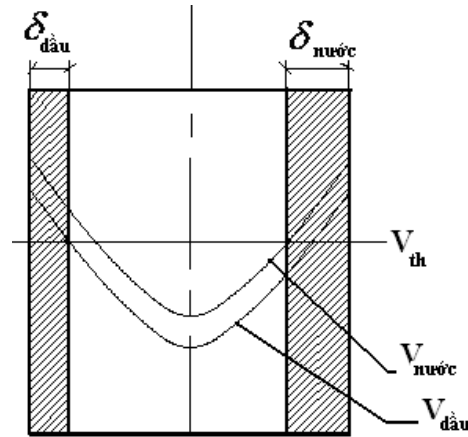
$-V_{th1} > V_{th2}, \delta_1 < \delta_2$: tốc độ nguội tới hạn càng bé thì độ thấm tôi càng lớn.

V_{th} phụ thuộc vào thành phần hóa học. Khi nồng độ các nguyên tố hợp kim càng thì V_{th} càng giảm (Co, Mn, Ti, Ni, W, V).



Hình 4.31

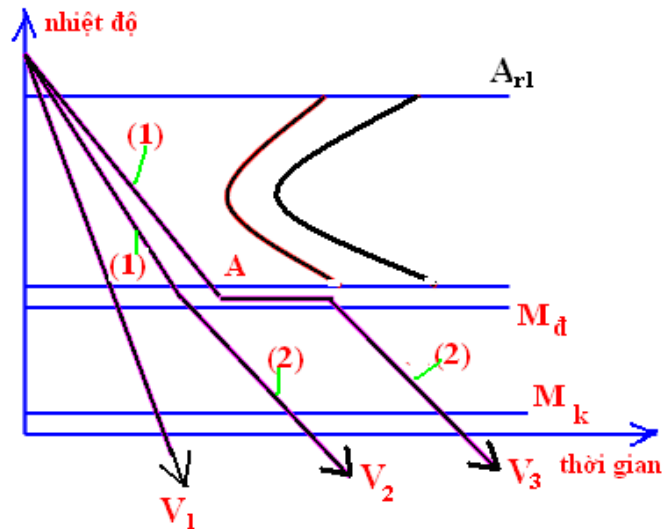
-Tốc độ nguội càng lớn thì độ thấm tôi càng lớn nhưng cũng làm tăng nguy cơ phá hủy chi tiết.



Hình 4.32-Tốc độ nguội của dầu và nước

$$V_{\text{nước}} > V_{\text{nhớt}}, \delta_{H_2O} < \delta_{nh}$$

d.Các phương pháp tôi:



Hình 4.32

*.Tôi trong một môi trường: (đường V_1).

Sau khi nung đến nhiệt độ tôi và làm nguội trong một môi trường.

-Các môi trường nguội như: dung dịch, nước, nước với dầu, dầu nhớt, không khí.

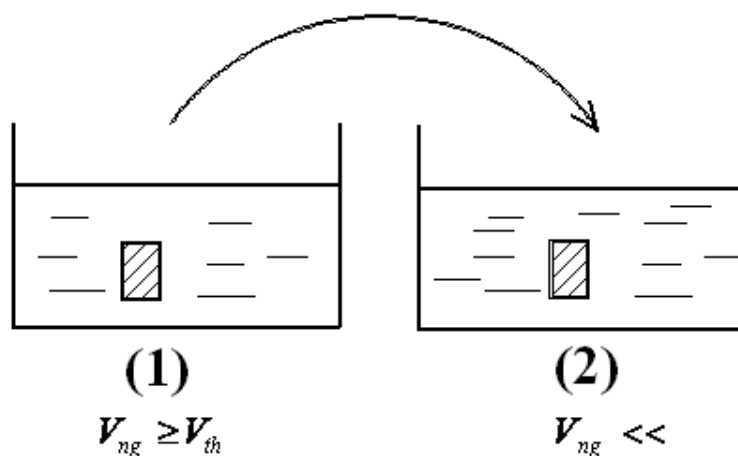
-Nguyên tắc: $V_{\text{nguội}} (\text{môi trường nguội}) = V_{\text{th}} + (30-50)^\circ\text{C}$.

-Ưu-khuyết của phương pháp tôi trong một môi trường;

+Ưu: đơn giản, dễ thực hiện.

+khuyết: do nguội nhanh trong vùng chuyển biến Mactenxit, ứng suất sinh ra lớn tăng nguy cơ phá hủy.

*.Tôi trong hai môi trường: (đường V_2).



Hình 4.33-Tôi trong hai môi trường.

- Môi trường 1 có $V_{ng} > V_{th}$.
- Môi trường 2 có V_{ng} càng chậm càng tốt.
- Điều tiên cho nguội ở môi trường 1, tới gần nhiệt độ chuyển biến M thì chuyển sang môi trường (2) nguội tới nhiệt độ thường.

-Ưu và khuyết điểm của phương pháp này là:

+Ưu: khắc phục được nhược điểm của phương pháp tôi trong một môi trường.

+Khuyết: khó xác định được nhiệt độ tại t_A để chuyển từ môi trường (1) sang môi trường (2). Đòi hỏi có kinh nghiệm, khó cơ khí hóa, tự động hóa.

*.Tôi phân cấp: (V_3).

Cách tôi này khắc phục khuyết điểm của tôi (2) môi trường. Chi tiết hoặc thép được nhúng vào trong môi trường (1) và được giữ nhiệt để đồng đều nhiệt độ trên toàn tiết diện, sau khi nhấc ra làm nguội trong môi trường (2).

-Môi trường (1) là muối nóng chảy có nhiệt độ $t^0 = t_A = \text{const}$ và có $V_{ng} \geq V_{th}$.

-Môi trường (2) có $V_{nguội}$ càng chậm càng tốt.

*.Ưu và khuyết của phương pháp này là:

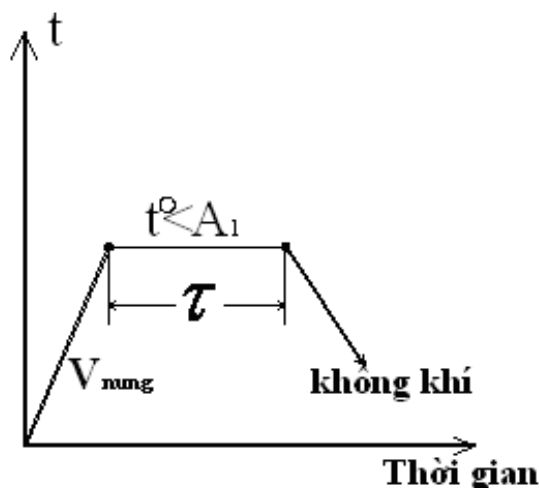
+Ưu: khắc phục nhược điểm của phương pháp tôi trong hai môi trường.

+Khuyết: không phù hợp cho chi tiết lớn.

*.Tôi bộ phận: là phương pháp tôi phần làm việc của chi tiết.

III.4.Ram thép: (bắt buộc thực hiện sau khi tôi).

a.Định nghĩa: là phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng chi tiết hoặc thép đã tôi tới nhiệt độ $< A_1$, giữ nhiệt và làm nguội.



Hình 4.34-Biểu đồ ram thép

b.Mục đích: làm giảm độ giòn, tăng độ dẻo và nhận được các tính chất thỏa mãn với điều kiện làm việc của chi tiết.

c.Các phương pháp ram thép:

***. Ram thấp:**

-Là phương pháp nung nóng thép đã tôi để nhận được tổ chức là mactenxit ram (hay mactenxit ram với cacbit) để có độ cứng cao, chống mài mòn tốt.

-Ram thấp áp dụng cho các chi tiết cần có độ cứng, tính chống mài mòn cao như: các loại dao cắt, khuôn dập nguội, vòng bi...

-Riêng thép C nhiệt độ ram thấp từ (150-250)°C.

-Kết luận: tổ chức M_r (hay M_r +cacbit) là tổ chức tế vi của mọi chi tiết trong điều kiện bị mài mòn.

***.Ram trung bình:**

-Là phương pháp nung nóng thép đã tôi để nhận được tổ chức là troxit ram.

-Ứng suất bên trong giảm mạnh và giới hạn đàn hồi đạt được giá trị cao nhất, độ dẻo, độ dai tăng lên.

-Riêng thép C nhiệt độ ram trung bình từ (350-450)°C.

-Kết luận: T_r là tổ chức tế vi của mọi chi tiết lò xo, nhíp, khuôn dập nóng...

***.Ram cao:**

-Là phương pháp nung thép đã tôi để nhận được tổ chức là X_r (Xoocbit ram).

- X_r có cơ tính tổng hợp lớn nhất, khử bỏ hoàn toàn ứng suất bên trong.

-Riêng thép C nhiệt độ ram cao từ (550-600)°C.

-Kết luận: X_r là tổ chức tế vi của mọi chi tiết chịu lực và truyền lực

IV.Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.

IV.1.Biến dạng và nứt:

a.Nguyên nhân và tác hại:

-Do ứng suất bên trong (ứng suất nhiệt và tổ chức), chủ yếu là làm nguội nhanh khi tôi.

b.Ngăn ngừa:

-Nung nóng và làm nguội với tốc độ hợp lý để đạt độ cứng theo yêu cầu.

-Phải sắp xếp các chi tiết nung hợp lý.

c.Khắc phục: khi bị cong, vênh, đem nắn nóng hoặc nguội.

IV.2.Oxy hoá và thoát C: là hiện tượng tạo nên vẩy oxyt và mất C ở bề mặt.

a.Nguyên nhân và tác hại:

-Do môi trường nung có chứa nhiều thành phần gây oxy hoá Fe, C như: Oxy và hơi nước.

-Có tác hại làm sai kích thước, làm xấu bề mặt sản phẩm, giảm độ cứng khi tôi.

b.Ngăn ngừa: nung chi tiết trong môi trường có khí bảo vệ hay nung trong chân không để giảm sự oxy hóa và thoát C.

c.Khắc phục: khi thoát C dùng phương pháp thấm C.

IV.3. Độ cứng không đạt:

-Khi ủ và thường hóa thép hợp kim do nhiệt độ nung và thời gian giữ nhiệt không chính xác.

-Khi tôi: $V_n < V_{th}$ là cho độ cứng thấp.

CHƯƠNG IV. HÓA BỀN BỀ MẶT THÉP.

Trong chương này sẽ trình bày các phương pháp tôi bề mặt và hóa nhiệt luyện thép. Cần nắm vững các điểm sau:

- Bản chất, tác dụng, nguyên lý; ưu nhược điểm, ứng dụng của tôi cảm ứng và tôi ngọn lửa.

- Bản chất cách tiến hành, ứng dụng của thấm Cacbon, Nitơ, Cacbon và Nitơ.

- So sánh các phương pháp hóa bền đó.

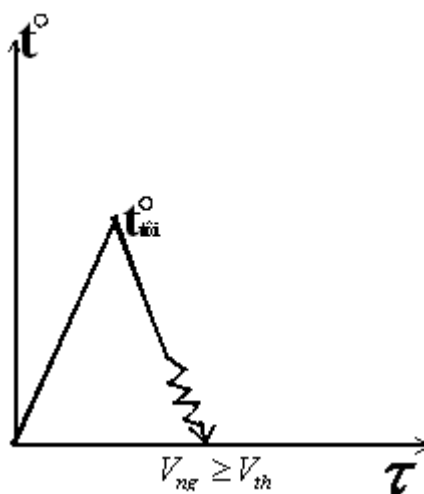
I. Tôi bề mặt: là phương pháp hóa bền cho năng suất cao, được áp dụng phổ biến trong cơ khí.

I.1. Nguyên lý trung:

a. Định nghĩa:

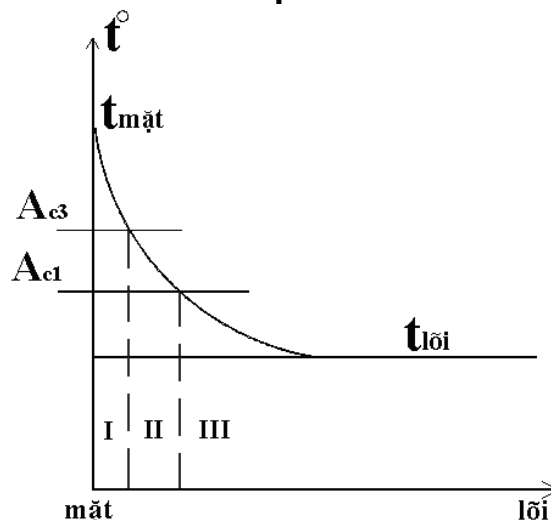
Tôi bề mặt là một phương pháp gồm có nung nóng nhanh bề mặt của chi tiết tới nhiệt độ

tôi làm nguội ngay với $V_{ng} \geq V_{th}$.



Hình 5.1-Biểu đồ tôi

b. Phân bố nhiệt độ khi tiến hành tôi bề mặt:



Hình 5.2-Biểu đồ phân bố nhiệt độ tôi

- Lớp I: $t^{\circ} > A_{c3}$ là vùng hoàn toàn austenit nên tôi hoàn toàn.

- Lớp II: $A_{c3} > t^{\circ} > A_{c1}$ là vùng có tổ chức $F + \gamma$ nên tôi không hoàn toàn.

-Lớp III: $t^{\circ} < A_{C1}$: là vùng có tổ chức $P + \gamma$ nên không được tôi.

c. Thép dùng để chế tạo chi tiết tôi bề mặt:

-Thép cacbon thấp ($C \leq 0.3\%$):

+Bề mặt có độ cứng không thỏa mãn khả năng chống mài mòn.

+Lõi: có độ dẻo, dai cao.

-Thép cacbon cao ($C > 0.7\%$):

+Bề mặt: có độ cứng cao (62-64 HRC), chống mài mòn tốt.

+Lõi: có độ dẻo, dai và đập thấp.

-Thép Cacbon trung bình ($0.3\% < \%C < 0.7\%$):

+Bề mặt: có độ cứng tương đối cao.

+Lõi: có độ dẻo, độ dai và đập tương đối cao.

*. Vậy loại thép dùng để chế tạo chi tiết tôi bề mặt là thép Cacbon trung bình thường dùng (0.4-0.6)%C.

d. Nhiệt độ tôi:

-Thép trước và cùng tích thì tôi hoàn toàn, còn thép sau cùng tích thì tôi không hoàn toàn.

-Nhiệt độ tôi là $t_{\text{tôi}} = A_{C3} + (30-50)^{\circ}\text{C}$. Nếu lấy $A_{C3} = A_3$ thì nhiệt độ tôi

$$t_{\text{tôi}} = A_3 + (100-200)^{\circ}\text{C}.$$

I.2. Phương pháp tôi bề mặt bằng dòng điện cảm ứng có tần số cao: (tôi cao tần).

a. Nguyên lý:

-Khi đặt chi tiết trong một từ trường thay đổi thì trên bề mặt của chi tiết xuất hiện dòng điện cảm ứng gọi là dòng Phuocô. Dòng điện cảm ứng này nung nóng nhanh chi tiết đến nhiệt độ tôi.

-Theo định luật JunLenxơ: $Q = I^2 \cdot R \cdot \tau$

trong đó: τ là thời gian xuất hiện dòng điện.

-Gọi δ là: lớp xuất hiện dòng điện cảm ứng $I_{\text{cảm ứng}}$, nên lớp này đạt đến nhiệt độ tôi.

-Đồng thời δ là chiều dày lớp được tôi, tính theo công thức: $\delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}}$.

ρ là Điện trở suất của bề mặt.

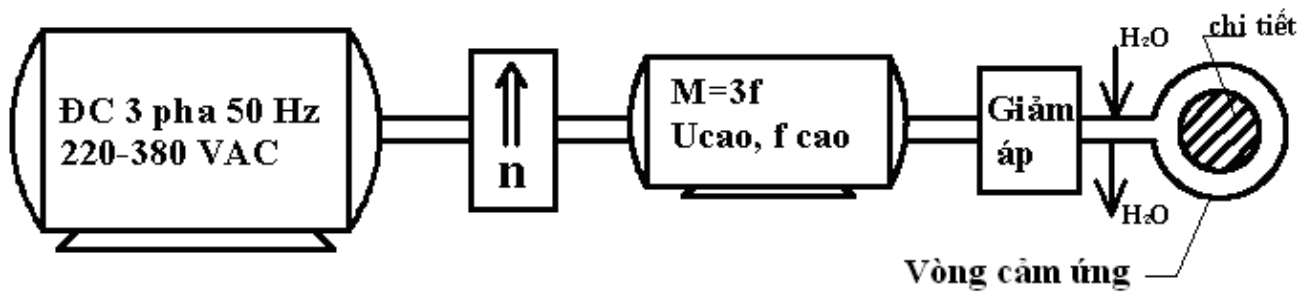
μ là Độ từ thẩm của chi tiết.

f : là tần số dòng điện cảm ứng.

b. Thiết bị:

b.1. Hệ động cơ máy phát điện tần số cao:

Mô hình cụ thể như sau:



Hình 5.3-Hệ thống động cơ máy phát tần số cao

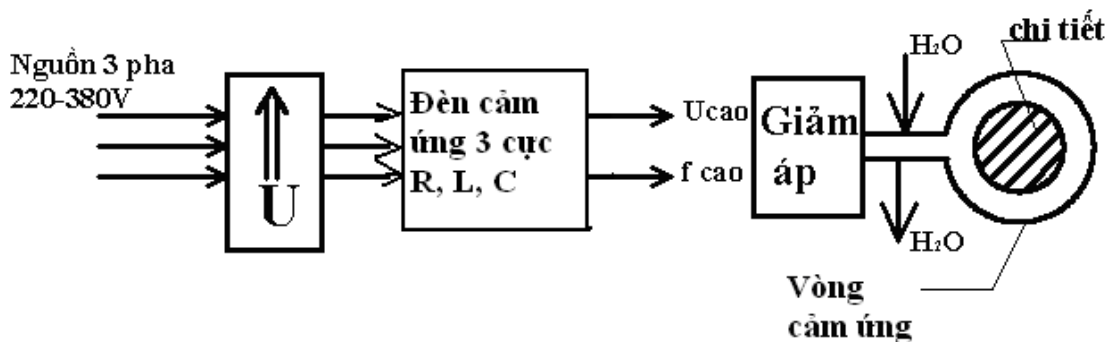
-Đặc điểm:

+Tần số bị hạn chế: 2000-8000 Hz.

+Công suất P rất lớn.

+Tôi các chi tiết có kích thước lớn, có bề dày từ $2 < \delta < 4$ mm.

b.2.Hệ dao động điện tử: thể hiện ở mô hình sau:



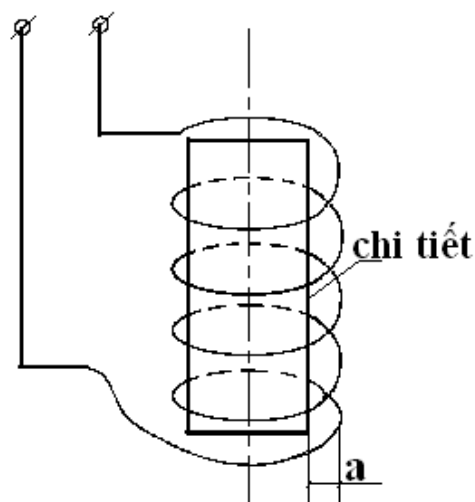
Hình 5.4-Hệ dao động điện tử

-Đặc điểm:

+Tần số rất cao nhưng chỉ cần từ (66-250) kHz.

+Công suất hạn chế (30-60) kw.

b.3.Vòng cảm ứng: được chế tạo bằng ống đồng nguyên chất, đồng dạng với bề mặt cần tôi của chi tiết.



Hình 5.5-Vòng cảm ứng

-Công suất riêng của vòng cảm ứng $P_0=(0.5-2)$ kw/cm² bề mặt chi tiết cần tôi.

c.Phương pháp tôi:

c.1. Nung toàn bộ và làm nguội toàn bộ chi tiết cần tôi nếu công suất của lò cho phép, chỉ áp dụng đối với chi tiết nhỏ không áp dụng được cho chi tiết lớn.

c.2. Nung liên tục và làm nguội liên tục, áp dụng được cho chi tiết có chiều dài.

d. Ưu và khuyết:

*.Ưu:

- Có năng suất cao vì:
- Nung nhanh và chỉ nung có lớp mỏng ở bề mặt chi tiết.
- chất lượng tốt:
 - +Độ cứng tôi bề mặt cao hơn tôi thể tích 1-2 HRC.
 - +Ít oxy hóa và thoát Cacbon.
 - +Ít bị biến dạng hơn.
 - +Dễ tự động hóa và điều kiện lao động tốt.

*.Khuyết điểm:

- Chi phí chế tạo cho một vòng cảm ứng cao.
- Không phù hợp với sản xuất đơn chiếc.
- Khó chế tạo ra vòng cảm ứng khi tôi chi tiết có bề mặt phức tạp.

I.3. Tôi ngọn lửa:

a. Nguyên lý:

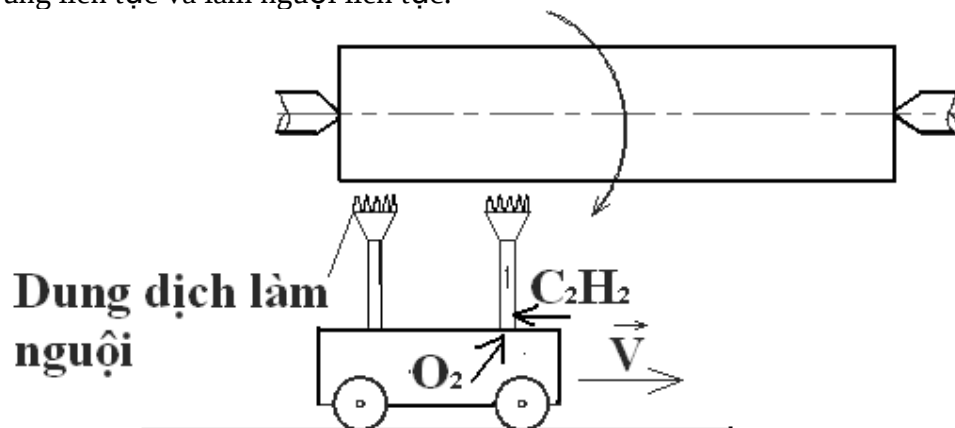
-Dùng nguồn năng lượng của hỗn hợp khí cháy Oxy và axetylen nung nóng nhanh bề mặt chi tiết đến nhiệt độ tôi. $C_2H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + Q$ nhiệt độ ngọn lửa đạt (3000-3200)°C.

b. Thiết bị:

- Bình chứa khí Oxy và Axetylen. (O_2 ; C_2H_2).
- Van giảm áp (Ổn áp).
- Mỏ đốt được chế tạo theo nguyên lý chế tạo của mỏ hàn gió đá.
- Đồ gá.

c. Phương pháp tôi:

- Nung toàn bộ và làm nguội toàn bộ nếu chi tiết bé.
- Nung liên tục và làm nguội liên tục.



Hình 5.6-Mô hình nung liên tục và làm nguội liên tục.

*.Ưu: tôi được chi tiết rất lớn, rất cơ động.

*.Khuyết: xác định nhiệt độ tôi bằng mắt đòi hỏi công nhân phải có kinh nghiệm.

II. Hoá nhiệt luyện:

II.1. Khái niệm về hóa nhiệt luyện:

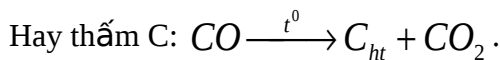
a. Định nghĩa: Hóa nhiệt luyện là một phương pháp làm bão hòa bằng khuếch tán vào bề mặt chi tiết một hay nhiều nguyên tố để làm thay đổi thành phần hóa học của lớp bề mặt và nhận được tính chất mong muốn.

b. Mục đích:

- Làm tăng độ cứng, làm tăng khả năng chống mài mòn bề mặt bằng cách thấm C, N, Cr, Si, B.
- Tăng khả năng chống ăn mòn bề mặt của chi tiết (ít dùng) tiến hành thấm Cu, Al, Ni, ...

c. Quá trình thấm:

*.**Giai đoạn 1:** phân hủy chất thấm thành các nguyên tử hoạt tính.

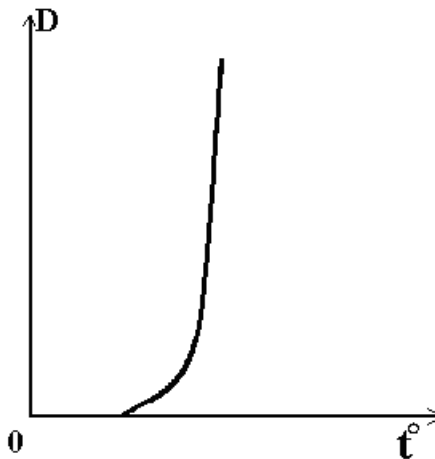


*.**Giai đoạn 2:** quá trình hấp thụ các nguyên tử vào bề mặt của chi tiết tạo ra sự chênh lệch nồng độ giữa bề mặt và lõi.

*.**Giai đoạn 3:** là giai đoạn khuếch tán, tạo nên lớp thấm nhất định.

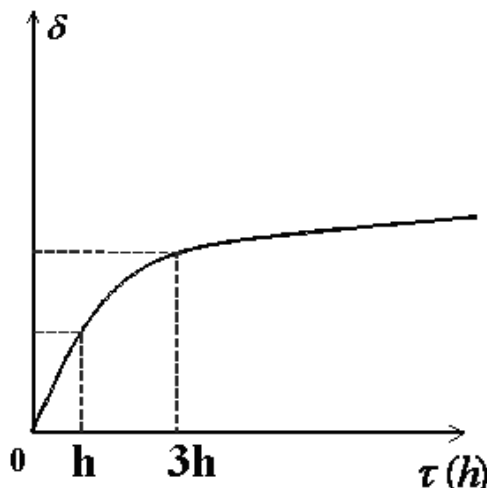
d. Các yếu tố ảnh hưởng:

*.Nhiệt độ thấm: Nhiệt độ thấm càng cao thì quá trình thấm càng nhanh (tận dụng tới mức cho phép) theo hàm số mũ. Như vậy tăng nhiệt độ là yếu tố quan trọng để tăng chiều dày lớp thấm tôi. D là hệ số khuếch tán.



Hình 5.7-Biểu đồ nhiệt độ thấm

*.Thời gian thấm: thời gian thấm càng dài thì làm tăng chiều sâu lớp thấm. Tốc tăng theo hàm căn bậc hai.



Hình 5.8-Biểu đồ thời gian tôi

*.Nồng độ chất thấm: nồng độ các nguyên tố hoạt tính thấp làm chậm quá trình khuếch tán. Nồng độ hoạt tính cao làm cản trở quá trình khuếch tán.

II.2.Thấm Cacbon: là phương pháp hóa nhiệt luyện phổ biến nhất, dễ thực hiện nhất, thường gặp ở nước ta và các nước công nghiệp.

a.Định nghĩa-Mục đích-Yêu cầu:

*.**Định nghĩa:** Thấm C là phương pháp hóa nhiệt luyện làm bão hòa C ở bề mặt chi tiết được chế tạo từ thép C thấp.

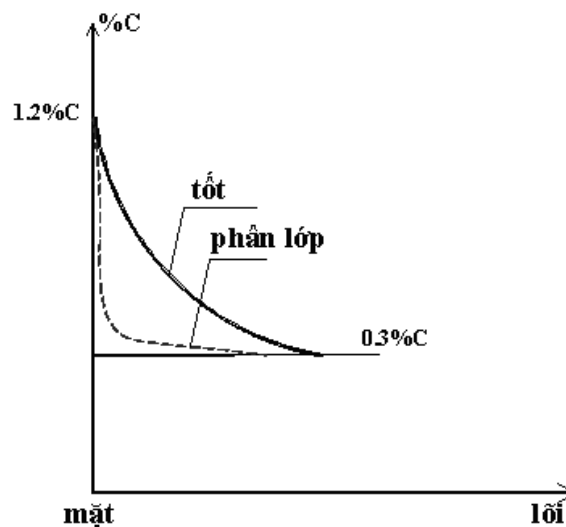
*.**Mục đích:**

-Được thực hiện cho các chi tiết làm việc trong điều kiện bị mài mòn rất nhiều ở bề mặt và cần có độ cứng cao để chống mài mòn, đồng thời chịu tải trọng lớn, va đập, uốn, xoắn cần lõi có độ dẻo dai cao.

*.**Yêu cầu:**

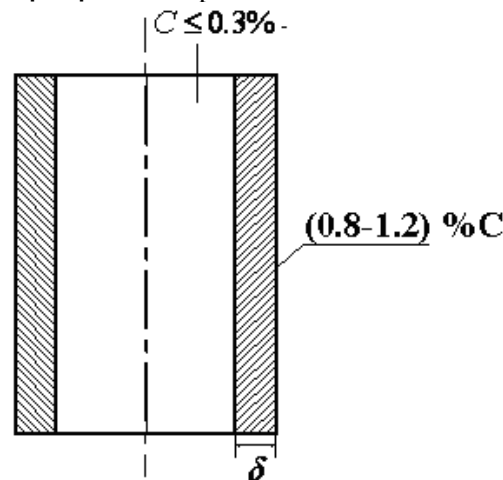
-Nồng độ %C=0.8%-1.2%.

-Nồng độ %C giảm dần từ bề mặt vào trong lõi tránh hiện tượng phân lớp.



Hình 5.9-Biểu đồ nồng độ %C

-Lớp thấm không được tạo nên lớp Xe_{II}.



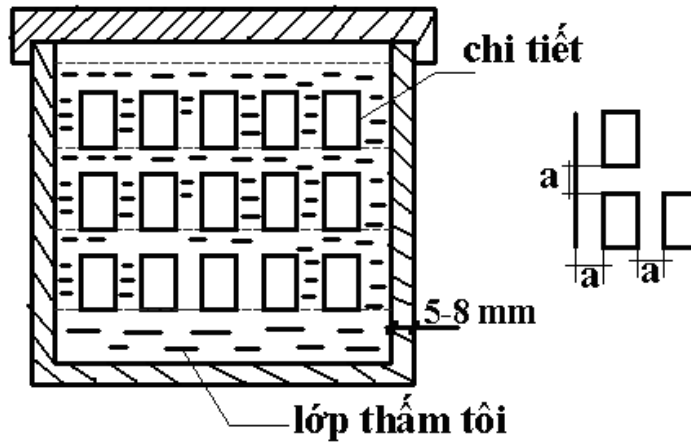
Hình 5.10-Lớp thấm tôi

b.Các phương pháp thấm Cacbon.

b.1.Thấm C thể rắn:

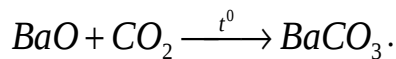
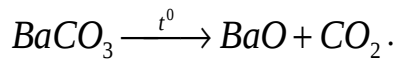
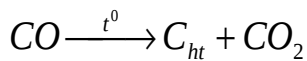
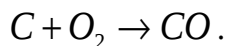
-Chuẩn bị chất thấm C thể rắn: gồm có than gỗ (hạt 2-3 mm) + (10-15%) BaCO₃ hay cho thêm dầu nặng.

-Chuẩn bị hộp thấm: được làm bằng thép tấm có chiều dày từ 5-8 (mm) và các chi tiết được xếp đều nhau a= (20-30) mm.



Hình 5.11-Thấm thể rắn.

Nhiệt độ thấm $= (880-900)^{\circ}\text{C}$.



-Tốc độ thấm: $V_{th} = (0.1-0.12) \text{ mm/1h}$.

-Chiều dày δ lớp thấm phụ thuộc vào kích thước chỉ tiết (chỉ tiết càng lớn thì chiều dày lớp thấm càng tăng).

*.Thông thường:

-Chỉ tiết kích thước bé: $\delta < 0.7 \text{ (mm)}$.

-Chỉ tiết có kích thước trung bình: $0.7 < \delta < 1.2 \text{ (mm)}$.

-Chỉ tiết có kích thước lớn: $1.2 < \delta < 1.8 \text{ (mm)}$.

$$\text{Thời gian thấm } \tau = \frac{\delta_{th}}{V_{th}}.$$

Sau khi đạt được chiều dày lớp thấm thì lấy hộp ra khỏi lò, đậy kín để nguội tới nhiệt độ thường.

*.Ưu:

-Đây là phương pháp đơn giản, dễ thực hiện, có thể nung trong lò điện hoặc nung trong lò đốt bằng than.

*.Khuyết:

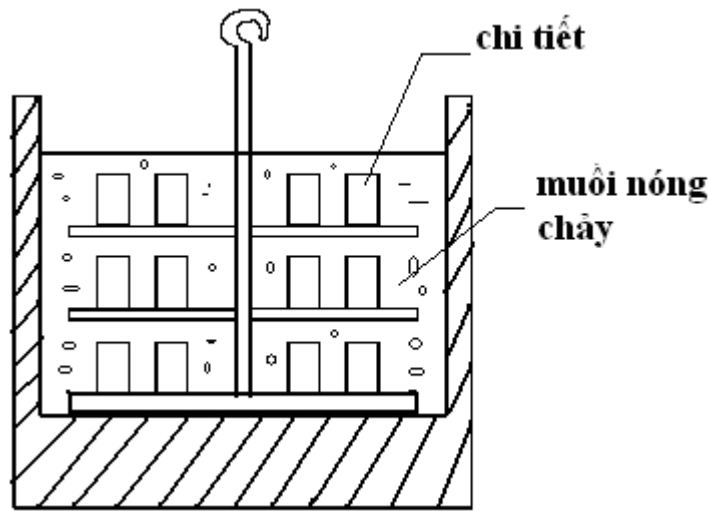
-Chất lượng không cao vì không điều chỉnh được nồng độ chất thấm trong quá trình thấm.

-Điều kiện lao động rất nặng nhọc, rất bụi.

-Không tô trực tiếp sau khi thấm.

-Không cơ khí hóa, tự động hóa.

b.2.Thấm Cacbon thể lỏng:



Hình 5.12-Thẩm C thể lỏng

-Môi trường nung: là muối nóng chảy 78% NaCl +22% BaCl₂.

-Nấu chảy lò muối.

+Lò muối đốt ngoài: nguồn nhiệt cung cấp từ ngoài vỏ lò.

+Lò muối đốt trong:

+Lò muối điện cực.

-Nhiệt độ thẩm =840-860 °C.

-Tốc độ thẩm: $V_{th}=(0.2-0.3)$ mm/ 1 h giữ nhiệt.

*.Ưu điểm:

-Năng suất cao nhất vì nung trong lò muối nóng chảy, tốc độ truyền nhiệt lớn.

-Chất lượng tốt vì điều chỉnh chất thẩm dễ dàng.

-Có thể tôi trực tiếp sau khi thẩm.

-Có thể cơ khí hóa, tự động hóa.

*.Khuyết:

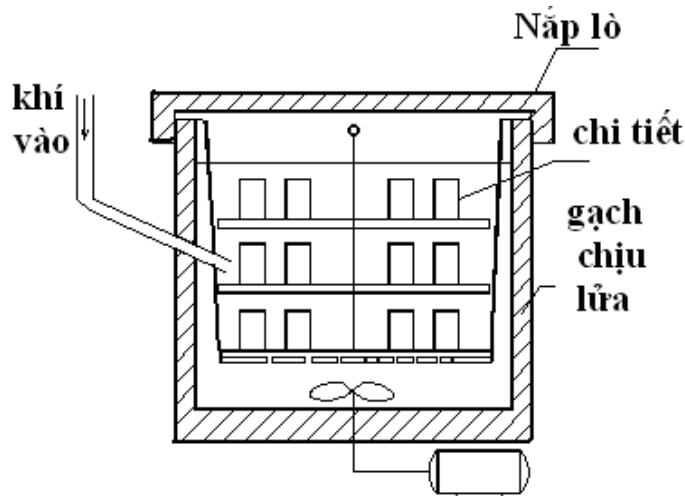
-Môi trường làm việc trong lò muối nóng chảy có nhiều khí độc hại.

-Thiết bị lò muối bị ăn mòn mạnh làm giảm tuổi thọ của thiết bị.

-Không thể thẩm cho các chi tiết lớn.

-Sau khi thẩm rất khó làm sạch lớp SiC bám trên bề mặt.

b.3.Thẩm C thể khí:



Hình 5.13-Thẩm C thể khí.

-Dùng lò chuyên dùng hoạt động theo nguyên lý chất thẩm là khí Cacbuahyđrô.

$C_nH_{2n} \xrightarrow{t^0} nC_{ht} + nH_2$ hoặc dùng thêm dầu hỏa tha thể cacbuahydro.

- Nhiệt độ thấm: $t_{thấm}=(930-950)^{\circ}C$.
- Tốc độ thấm: $V_{th}=(0.2-0.3)$ mm/1h giữ nhiệt.

*.Ưu:

- Cho năng suất khá cao.
- Chất lượng khá tốt vì dễ dàng điều chỉnh được nồng độ chất thấm.
- Điều kiện lao động tương đối sạch sẽ.
- Dễ cơ khí hóa, dễ tự động hóa và có thể tôi trực tiếp sau khi thấm.

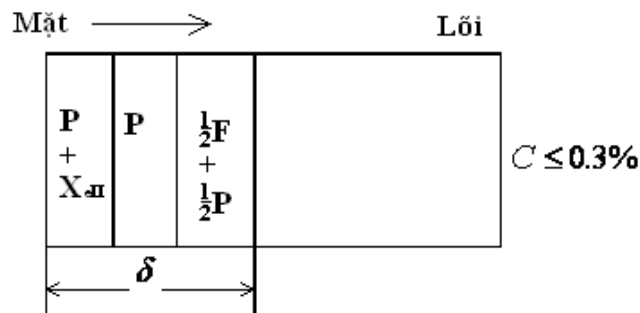
*.Khuyết:

-Có hiện tượng tạo muội than bám vào bề mặt chi tiết (do nồng độ chất thấm quá cao).

-Giá thành thiết bị mắc.

b.4.Nhiệt luyện sau khi thấm C: sau khi thấm C bắt buộc phải tôi+ram thấp.

*.Tổ chức tế vi của lớp thấm:



Hình 5.14-Tổ chức tế vi của lớp thấm.

Gồm 3 lớp: $\delta = P + Xe_{II} + P + [\frac{1}{2}F + \frac{1}{2}P]$.

Lớp $\frac{1}{2}F + \frac{1}{2}P$ có nồng độ C là %C=0.4%C.

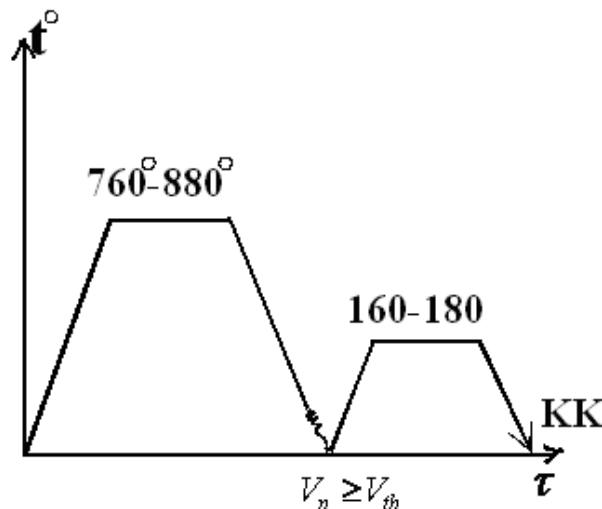
*.Nhiệt độ tôi:

-Nếu ưu tiên tôi bề mặt : tôi không hoàn toàn ($t_{tôi}=A_{C1}+(30-50)^{\circ}C$ vì là thép sau cùng tích. Nếu nung nóng chậm, có thể lấy $A_{C1}=A_1$ thì nhiệt độ tôi là $(760-780)^{\circ}C$.

-Nếu ưu tiên cơ tính cho lõi: tôi không hoàn toàn ($t_{tôi}=A_{C3}+(30-50)^{\circ}C$). Điều kiện bình thường. Nếu nung nóng chậm có thể lấy $A_{C3}=A_3$ nên nhiệt độ tôi là $860-880^{\circ}C$.

*.Các phương pháp tôi:

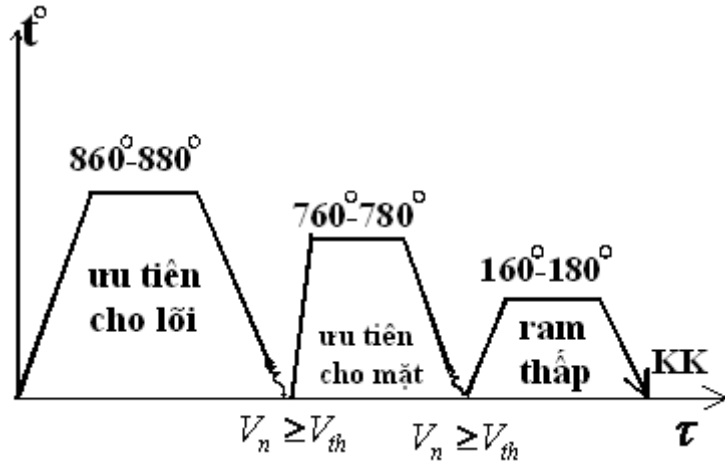
-Tôi một lần +ram thấp (Thép C).



Hình 5.15-Tôi một lần+ram thấp.

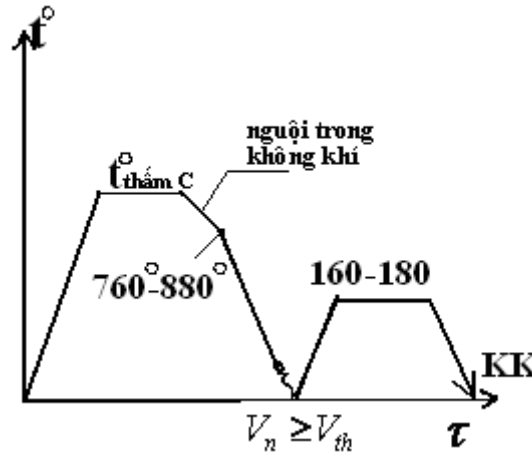
Lấy giới hạn dưới 760°: ưu tiên cho bề mặt.

Lấy giới hạn trên 880°: ưu tiên cho lõi.
 -Tôi hai lần +ram thấp.



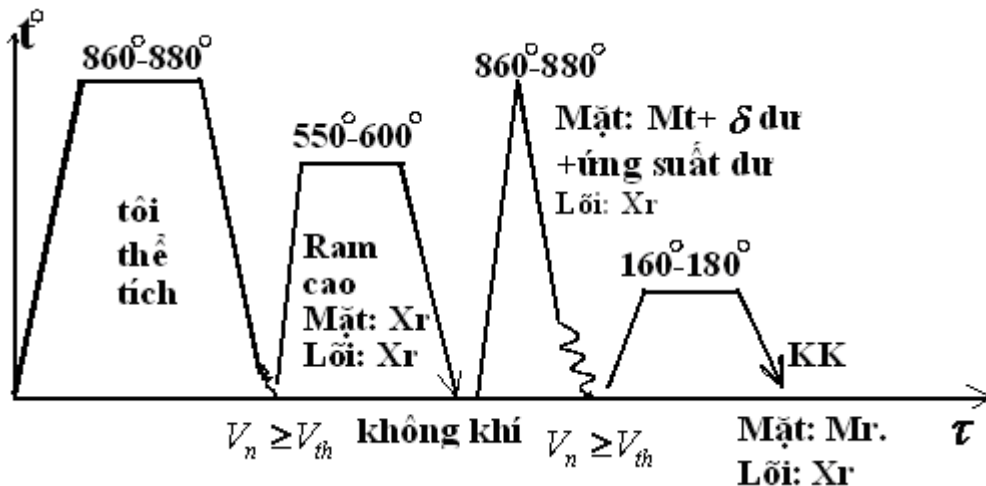
Hình 5.16-Tôi hai lần +ram thấp

-Tôi trực tiếp +ram thấp: chỉ áp dụng cho thép hạt bé.



Hình 5.17-Tôi trực tiếp +Ram thấp

-Tôi cải tiến+tôi bề mặt+Ram thấp.



Hình 5.18-Tôi cải tiến+Tôi bề mặt+Ram thấp.

II.3.Thấm Nitơ:

a.Định nghĩa và mục đích:

*.Định nghĩa: thấm nitơ là phương pháp hóa nhiệt luyện làm bão hòa nitơ vào bề mặt chi tiết được chế tạo từ thép hợp kim đặc biệt.

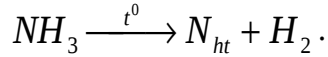
*.Mục đích:

-Thấm nitơ tăng độ cứng, tăng khả năng chống mài mòn bề mặt chi tiết (độ cứng 65-70 HRC).

-Tăng giới hạn mỏi, tăng khả năng làm việc của chi tiết dưới tác dụng của tải trọng thay đổi theo chu kỳ.

-Tăng khả năng chống ăn mòn bề mặt.

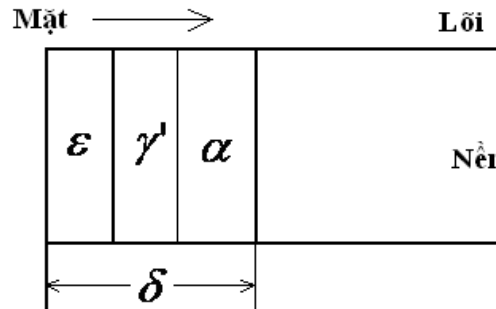
*.Chất thấm được sử dụng là NH_3 (Amoniac) theo phản ứng sau:



*.Nhiệt độ thấm:

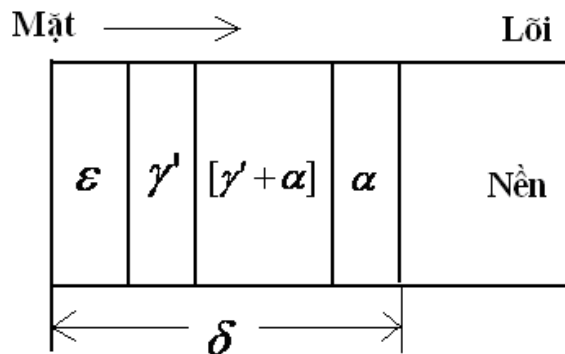
$t_{th}^0 = 480 \div 650^\circ C$. Có hai khoảng nhiệt độ thấp như sau:

-Trong khoảng: $480 < t^0 < 591^\circ C$



Hình 5.19

-Trong khoảng $591 < t^0 < 650^\circ C$.



Hình 5.20

Trong đó:

- ϵ (Fe_2N) (Nitrit sắt).

- γ' = Fe_4N (Nitrit sắt).

- α dung dịch rắn xen kẽ của N trong Fe_α : $\alpha = Fe_\alpha (N)$ xen kẽ.

-Pha xen kẽ với kiểu mạng đơn giản $\frac{d_{akim}}{d_{kl}} < 0.59$ có độ cứng sau kim cương.

*.Tốc độ thấm: $V_{thấm} = (0.1-0.12)$ mm/10h giữ nhiệt.

Khi giữ nhiệt $\tau = (2-3)$ h thì lớp thấm N=(0.03-0.036) mm.

Chú ý:

-Chi tiết phải được gia công tinh trước khi thấm C và N.

-Sau khi thấm N không áp dụng bất kỳ một phương pháp gia công nào cả (chỉ làm sạch, đóng gói, đem dùng).

II.4.Thấm C-N (thấm xuanua).

a.Định nghĩa-Mục đích:

- ***Định nghĩa:** là phương pháp hóa nhiệt luyện nhằm làm bão hòa đồng thời cả C và N.
- *. Mục đích: mang cả mục đích của phương pháp thấm nitơ, và phương pháp thấm Cacbon.

b. Các phương pháp thấm C-N:

b.1. Thấm C-N thể rắn:

Được thực hiện giống như thấm C thể rắn nhưng chỉ khác là người ta cho thêm từ (20-30)% $K_4Fe(CN)_6$ hay $K_3Fe(CN)_6$.

- *. Nhiệt độ thấm:

-Thấm thấp: (540-560) $^{\circ}C$, gần giống thấm Nitơ.

-Thấm cao (840-860) $^{\circ}C$ giống như thấm C nên phải tôi + ram thấp sau khi

thấm.

- *. Ưu-khuyết: có đầy đủ ưu khuyết của thấm C thể rắn

b.2. Thấm C-N thể lỏng:

*. Môi trường nung là muối nóng chảy: $NaNO_3$, Na_2CO_3 , $NaNO_2$, KNO_3 , KNO_2 , K_2CO_3 , K_2SO_4 , KCl , $NaCl$.

*. Thấm ở nhiệt độ thấp: được tiến hành ở 540-560 $^{\circ}C$, lớp thấm rất ít C mà chủ yếu là Nitơ, lớp thấm mỏng nhưng có độ cứng và tính chống mài mòn rất cao.

*. Nguyên tắc chọn muối làm môi trường nung là nồng độ của muối phù hợp với nồng độ tại điểm cùng tinh.

*. Công dụng: cách thấm này chỉ áp dụng cho các dụng cụ bằng thép gió sau khi đã tôi, nâng cao tuổi thọ lên đến 50%.

*. Thấm ở nhiệt độ cao: thường tiến hành thấm ở 840-860 $^{\circ}C$. Lớp thấm chứa nhiều C, ít N, tốc độ thấm cao, lớp thấm dày, có độ cứng và tính chống mài mòn cao.

*. Công dụng phương pháp này áp dụng cho khuôn dập nguội, bánh răng, trục.

- *. Ưu-khuyết: giống ưu khuyết của phương pháp thấm C thể lỏng.

b.3. Thấm C-N thể khí:

*. Được thực hiện giống như thấm C thể khí, chỉ khác trong chất thấm có 10% NH_3 .

*. Nhiệt độ thấm: 860-880 $^{\circ}C$.

*. Trong lớp thấm có xuất hiện các pha Cacbon-nitrit phân tán rất cứng, làm tăng tính chống mài mòn.

*. Độ bền của lớp thấm: $\sigma_b^{C-N} > \sigma_b^C \rightarrow \delta^{C-N} = \frac{2}{3} \delta^C$ cho khả năng làm việc như nhau.

*. Tốc độ thấm: $V_{th}^{C-N} = \frac{2}{3} V_{th}^{C\text{-thể khí}}$

*. Ưu-khu của phương pháp: có tất cả các ưu điểm của thấm C thể khí, ngoài ra còn có ưu điểm sau:

-Không có hiện tượng tạo bồ hóng bám vào bề mặt chi tiết.

-Do nhiệt độ thấm thấp hơn nên kích thước hạt bé hơn, ít tổn năng lượng hơn, tuổi thọ thiết bị được nâng cao hơn.

*. chú ý: sau khi thấm C-N thể khí, chi tiết phải đem tôi-ram thấp.

c. Công dụng của các phương pháp hóa-nhiệt luyện khác.

*. Thấm Bo: lớp thấm Bo có độ cứng rất cao, tính chống mài mòn cao, cơ tính ổn định tới nhiệt độ 800 $^{\circ}C$, cơ tính chống ăn mòn cao nhưng khó thực hiện.

*. Thấm Crôm: lớp thấm cứng, chống mài mòn, tính chống ăn mòn cao, ứng dụng cho khuôn dập, chi tiết chống ăn mòn.

*. Thấm nhôm: lớp thấm không cứng nhưng tính chống oxy hóa rất tốt ở nhiệt độ cao.