

PHẦN 1 : CƠ SỞ VẬT LIỆU HỌC

CHƯƠNG 1 : CẤU TRÚC TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU

1.1.CẤU TẠO NGUYÊN TỬ VÀ CÁC LOẠI LIÊN KẾT ĐIỂN HÌNH TRONG CHẤT RẮN :

1.1.1.Mô hình cấu tạo nguyên tử :

Nguyên tử là một hệ thống bao gồm hạt nhân mang điện dương và các điện tử mang điện âm chuyển động xung quanh. Hạt nhân nguyên tử cấu tạo bởi các proton và neutron. Proton mang điện dương có điện tích bằng điện tích của điện tử, neutron không mang điện. Trong trạng thái bình thường nguyên tử trung hòa điện vì số lượng proton bằng số lượng điện tử. Số này được đặc trưng bằng số thứ tự (Z) trong bảng tuần hoàn Mendelêép. Khối lượng nguyên tử bằng khối lượng hạt nhân của nó vì khối lượng của proton và neutron lớn hơn rất nhiều so với khối lượng điện tử. Với cùng khối lượng điện tử và proton, hạt nhân có thể chứa số lượng neutron khác nhau và tạo nên các đồng vị của cùng một nguyên tố hóa học.

Xác suất tìm thấy điện tử trên một quỹ đạo nào đó xung quanh hạt nhân được xác định bằng bốn tham số gọi là số lượng tử. Có nghĩa là trạng thái năng lượng của mỗi điện tử trong nguyên tử được xác định bởi bốn số lượng tử. Các số lượng tử gồm có :

a-Số lượng tử chính n : có các giá trị bằng 1, 2, 3, 4... xác định năng lượng cho phép của điện tử. Các điện tử có cùng số lượng tử chính n hợp thành một lớp điện tử. Các lớp điện tử lần lượt là : K, L, M, N... tương ứng với $n = 1, 2, 3, 4 \dots$

b-Số lượng tử phương vị l : xác định các giá trị cho phép của mômen xung lượng quỹ đạo, có trị số bằng 0, 1, 2, 3... ($n - 1$). Các điện tử với l khác nhau của cùng lớp tạo thành những phân lớp tương ứng, ký hiệu lần lượt là $s, p, d, f \dots$ ứng với $l = 0, 1, 2, 3 \dots$

c-Số lượng tử từ m_l : xác định khả năng định hướng cho phép của véc tơ mômen xung lượng quỹ đạo đối với chiều của từ trường bên ngoài, có trị số bằng 0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots \pm l$.

d-Số lượng tử spin m_s : xác định khả năng định hướng ngược chiều nhau của véc tơ mômen xung lượng spin của điện tử, $m_s = \pm 1/2$.

Ngoài ra sự phân bố điện tử theo các mức khác nhau còn phải tuân theo nguyên lý loại trừ Pauli : mỗi trạng thái với ba số lượng tử n, l, m_l xác định chỉ có thể chứa hai điện tử với spin ngược chiều nhau. Dựa vào nguyên lý này ta có thể dự đoán số điện tử cho phép trên các bậc năng lượng.

Ví dụ : nguyên tử đồng Cu có số thứ tự $Z = 29$, phân bố điện tử như sau :
 $1s^2 \quad 2s^2 2p^6 \quad 3s^2 3p^6 3d^{10} \quad 4s^2$ (Còn gọi là cấu hình điện tử)

K

L

M

N

Trong một số điều kiện xác định, điện tử có thể chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác, khi đó sẽ phát ra hay hấp thụ năng lượng dưới dạng ΔE dưới dạng các lượng tử ánh sáng có tần số ν :

$$\Delta E = E_l - E_{l+1} = h\nu \text{ với } h = 6,627.10^{-27} \text{ec.s (hằng số Planck)}$$

1.1.2.Các loại liên kết nguyên tử thường gặp :

Trong chất rắn thường gặp bốn loại liên kết sau đây : liên kết đồng hóa trị, liên kết ion, liên kết kim loại, liên kết hỗn hợp và liên kết Vanderval.

1-Liên kết đồng hóa trị :

Liên kết này tạo ra khi hai hoặc nhiều nguyên tử góp chung nhau một số điện tử để có đủ tám điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hóa trị). Ví dụ liên kết đồng hóa trị giữa hai nguyên tử clo trong phân tử Cl_2 (H1.1, Lê). Hai nguyên tử này có số điện tử lớp ngoài cùng là 7. Do vậy chúng phải góp chung hai điện tử lớp ngoài cùng để đủ tám điện tử.

Đặc điểm của liên kết đồng hóa trị :

1-Liên kết có tính định hướng, nghĩa là xác suất tồn tại các điện tử liên kết lớn nhất theo phương nối tâm các nguyên tử.

2-Cường độ liên kết phụ thuộc rất mạnh vào đặc tính liên kết giữa các điện tử hóa trị với hạt nhân. Ví dụ các bon ở dạng đa hình kim cương có liên kết đồng hóa trị rất mạnh vì bốn điện tử hóa trị (trong số sáu điện tử) liên kết hầu như trực tiếp với hạt nhân. Do vậy nhiệt độ nóng chảy của nó cao hơn 3550°C . Trong khi đó thiếc (Sn) có liên kết đồng hóa trị rất yếu vì bốn điện tử hóa trị (trong số 50 điện tử) nằm xa hạt nhân nên lực liên kết yếu đối với hạt nhân do đó nhiệt độ nóng chảy thấp 270°C .

3-Liên kết đồng hóa trị có thể xảy ra giữa các nguyên tử cùng loại (của một nguyên tố hóa học trong các nhóm từ IVA đến VIIA), gọi là *liên kết đồng hóa trị đồng cực*. Ví dụ trong phân tử Cl_2 hay các tinh thể kim cương, si líc, gécmani ...Liên kết đồng hóa trị giữa các nguyên tử khác loại (các nguyên tố hóa học nhóm IIIA với nhóm VIA) gọi là *liên kết đồng hóa trị dị cực*.

2-Liên kết ion :

Đây là loại liên kết mạnh, các nguyên tử cho bớt điện tử lớp ngoài cùng và trở thành ion dương hay nhận thêm điện tử để bão hòa lớp ngoài cùng và trở thành ion âm. Ví dụ : trong liên kết LiF, Li cho bớt một điện tử lớp ngoài cùng trở thành Li^+ , còn F nhận thêm một điện tử và trở thành F^- . (H1.2, Lê)

Liên kết ion thường tạo nên giữa các nguyên tố có nhiều điện tử hóa trị (nhóm VIB, VIIB) với các nhóm nguyên tố có ít điện tử hóa trị (nhóm IB, IIB). Các ô xyt kim loại Al_2O_3 , MgO , CaO , Fe_3O_4 có liên kết chủ yếu là liên kết ion.

Liên kết ion càng bền vững (càng mạnh) khi các nguyên tử chứa càng ít điện tử, nghĩa là các điện tử cho và nhận nằm gần hạt nhân. Liên kết ion là loại liên kết không định hướng. Ví dụ : hydro tạo với F, Cl, Br, I các hợp chất HF, HCl, HBr, HI có năng lượng liên kết lần lượt là 5,81; 4,44; 3,75 và 3,06 eV/mol.

3-Liên kết kim loại :

Các ion dương kim loại tạo thành mạng xác định, đặt trong không gian điện tự do chung. Năng lượng liên kết là tổng hợp lực đẩy và hút tĩnh điện giữa các ion dương và mây điện tử tự do (H1.3 Lê). Liên kết kim loại thường được tạo nên từ những nguyên tử có ít điện tử hóa trị. Ví dụ : các nguyên tử ở nhóm IA trong bảng tuần hoàn Mendêlêep với một điện tử hóa trị có tính kim loại điển hình. Càng đi về bên phải của bảng tuần hoàn tính chất đồng hóa trị trong liên kết càng cao. Các chất rắn có liên kết kim loại trong cấu trúc tinh thể của nó có tính đối xứng cao.

4-Liên kết đồng hỗn hợp :

Liên kết đồng hóa trị thuần túy chỉ có được trong trường hợp liên kết đồng cực (giữa các nguyên tử của cùng một nguyên tố hóa học). Trong trường hợp liên kết dị cực (giữa các

nguyên tử của các nguyên tố khác nhau) điện tử hóa trị tham gia liên kết chịu hai ảnh hưởng trái ngược :

- Bị hút bởi hạt nhân của nó

- Bị hút bởi hạt nhân của nguyên tử thứ hai để tạo điện tử chung.

Khả năng của hạt nhân hút điện tử hóa trị được gọi là tính âm điện của nguyên tử. Sự khác nhau về tính âm điện giữa các nguyên tử trong liên kết đồng hóa trị làm đám mây điện tử "chung" bị biến dạng và tạo thành ngẫu cực điện, đó là tiền tố của liên kết ion. Tính ion của liên kết sẽ càng lớn nếu sự khác nhau về tính âm điện của các nguyên tử càng lớn. Ví dụ : Na có tính âm điện bằng 0,9 còn Cl có tính âm điện bằng 3,0. Do vậy trong liên kết NaCl gồm khoảng 58% liên kết ion và 42% liên kết đồng hóa trị. Tất cả những liên kết dị cực đều mang tính chất hỗn hợp giữa liên kết ion và đồng hóa trị

5-Liên kết yếu (liên kết Val der Val) :

Liên kết đồng hóa trị cho phép giải thích sự tạo thành các phân tử như nước (H_2O) hay polyetylen $(C_2H_4)_n$ nhưng không thể giải thích sự tạo thành một số vật rắn từ những phân tử trung hòa như nước đá, polyme...

Trong nhiều phân tử có liên kết đồng hóa trị, do sự khác nhau về tính âm điện của các nguyên tử, trọng tâm điện tích dương và điện tích âm không trùng nhau sẽ tạo thành ngẫu cực điện và phân tử bị phân cực. Liên kết Val der Val là liên kết do hiện tượng hút nhau giữa các nguyên tử hoặc phân tử bị phân cực ở trạng thái rắn (hình 1.4 Lê). Đây là loại liên kết yếu, rất dễ bị phá hủy do ba động nhiệt. Do vậy các chất rắn trên cơ sở liên kết Val der Val có nhiệt độ nóng chảy thấp.

1.2.CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ LÝ TƯỞNG :

1.2.1.Các khái niệm cơ bản :

1-Mặt tinh thể : trong kim loại các nguyên tử sắp xếp có trật tự , tức là chúng đều nằm trên những mặt phẳng song song và cách đều nhau gọi là mặt tinh thể .Tập hợp vô số các mặt như vậy tạo nên mạng tinh thể .

2-Khối cơ sở (còn gọi là ô cơ bản) :là phần nhỏ nhất đặc trưng cho một loại mạng tinh thể .Có thể xem như mạng tinh thể là do vô số các khối cơ sở xếp liên tiếp nhau tạo nên.

3-Thông số mạng (còn gọi là hằng số mạng) : là khoảng cách giữa hai nguyên tử trên một cạnh của khối cơ sở .Thông số mạng là kích thước cơ bản của mạng tinh thể, từ đó có thể suy ra các khoảng cách bất kỳ trong mạng .Đơn vị đo thông số mạng là kx (nano mét) hay angström , với $1kx = 1,00202A^\circ = 1,00202.10^{-8}$ cm. Theo thông số mạng ta có thể tính được đường kính nguyên tử kim loại . Thông số mạng thường ký hiệu là a .

1.2.2.Các kiểu mạng tinh thể thường gặp :

Trong các kim loại thông dụng thường gặp ba kiểu mạng tinh thể sau đây :

1-Lập phương tâm khối A2 (thể tâm) : Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và ở trung tâm của khối lập phương . Nếu coi các nguyên tử là hình cầu và biểu diễn gần như thật thì các nguyên tử nằm ở các đỉnh chéo nhau thì tiếp xúc với nhau qua nguyên tử ở trung tâm .Các nguyên tử còn lại không tiếp xúc với nhau . Kiểu mạng này có trong các kim loại Fe_α , Cr, Mo, V. Khoảng cách gần nhất giữa hai nguyên tử là $d = \frac{a\sqrt{3}}{2}$ và $r = \frac{a\sqrt{3}}{4}$. Kiểu mạng này có một thông số mạng là a . Kiểu mạng này có hệ số sắp xếp là K8, nghĩa là bất kỳ nguyên tử nào cũng có tám nguyên tử cách đều nó một khoảng gần nhất.

2- Lập phương tâm diện A1 (diện tâm) : Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và tâm của các mặt bên . Nếu coi các nguyên tử là hình cầu và biểu diễn gần như thật thì nguyên tử nằm ở đỉnh và tâm của các mặt bên thì tiếp xúc với nhau . Các nguyên tử còn lại không tiếp xúc với nhau . Khoảng cách gần nhất giữa hai nguyên tử là $d = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ và $r = \frac{a\sqrt{2}}{4}$. Kiểu mạng này chỉ có một thông số mạng là a . Thường gặp trong các kim loại Fe, Cu, Ni, Al, Pb... Số sắp xếp của mạng A1 là K12.

3-Sáu phương xếp chặt A3 (lục giác xếp chặt) : Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và ở tâm hai mặt đáy của hình lăng trụ lục giác đều . Ba nguyên tử nằm ở trung tâm ba lăng trụ tam giác cách nhau . Sáu phương xếp chặt có hai thông số mạng là a và c , tỉ số c/a gọi là hệ số xếp chặt . Trong trường hợp lý tưởng $\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}} \approx 1,633$. Trong thực tế tỉ số c/a không đúng là 1,633 mà dao động trong khoảng $1,57 \div 1,64$ và cũng được coi là xếp chặt . Các kim loại có kiểu mạng này là : Zn, Cd, Co, Mg, Ti, Ru...

4-Chính phương tâm khối (thê tâm) : Trong tổ chức của thép sau khi tôi (mactexit) còn có kiểu mạng chính phương tâm khối . Có thể coi kiểu mạng này là lập phương tâm khối được kéo dài theo một chiều . Nó có hai thông số mạng là a và c , tỉ số c/a gọi là độ chính phương .

Trong thực tế sự sắp xếp của các nguyên tử trong kim loại theo xu hướng dày đặc nhất . Do đó không có kim loại nào có kiểu mạng đơn giản chính phương tâm khối cả .

1.3.CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ THỰC TẾ :

1.3.1.Phân loại các sai lệch trong mạng tinh thể :

Các cấu trúc trình bày ở trên gọi là cấu trúc của tinh thể lý tưởng vì khi xem xét đã bỏ qua dao động nhiệt và các sai hỏng trong trật tự sắp xếp của các nguyên tử (ion, phân tử). Các sai hỏng đó gọi là sai lệch mạng tinh thể hay khuyết tật mạng. Hành vi của tinh thể dưới tác dụng của ngoại lực (biến cứng, biến dạng dẻo), độ dẫn điện, tính cách điện và tính bán dẫn ... sẽ bị ảnh hưởng rất lớn do sai lệch mạng tinh thể. Dựa vào kích thước theo ba chiều sai lệch mạng được phân ra làm ba loại : sai lệch điểm, sai lệch đường, sai lệch mặt và khối.

1.Sai lệch điểm :

Sai lệch điểm là các sai lệch có kích thước rất nhỏ theo ba chiều đo không gian (cỡ kích thước nguyên tử). Có các dạng sau : nút trống, nguyên tử xen kẽ và nguyên tử tạp chất.

a-Nút trống và nguyên tử xen kẽ : Trong tinh thể nguyên tử luôn luôn dao động nhiệt xung quanh vị trí cân bằng của mình. Tại nhiệt độ xác định, năng lượng dao động của mỗi nguyên tử tuân theo lý thuyết thống kê Mác xoen - Bol zơ man nên không giống nhau. Khi một số nguyên tử nào đó có năng lượng cao, với biên độ dao động lớn, chúng có khả năng rời bỏ nút mạng và để lại nút không có nguyên tử, đó là nút trống.(hình 1.28ab Lê) Sau đó nguyên tử có thể chuyển sang vị trí giữa các nút (cơ chế tạo nút trống Frenken) tạo ra sai lệch điểm dạng nguyên tử xen kẽ (hình 1.28a). Khi nguyên tử rời khỏi vị trí cân bằng đi ra bề mặt tinh thể gọi là cơ chế nút trống Sôtky

Sự xuất hiện nút trống và nguyên tử xen kẽ luôn làm xuất hiện trường ứng suất hình cầu (kéo xung quanh nút trống và nén xung quanh nguyên tử xen kẽ). Nồng độ nút trống thực tế lớn hơn nhiều so với nguyên tử xen kẽ vì năng lượng tạo nút trống nhỏ hơn nhiều so với nguyên tử xen kẽ. Mật độ nút trống biểu diễn theo công thức :

$$\frac{n}{N} = \exp\left(-\frac{Q}{KT}\right)$$

Trong đó :
 -n, N : số nút trống và số nút mạng.
 -Q : năng lượng tạo nút trống
 -K : hằng số Boltzmann
 -T : nhiệt độ tuyệt đối.

Qua công thức trên ta thấy rằng nồng độ nút trống tăng nhanh theo nhiệt độ và có giá trị lớn nhất ở kim loại lỏng.

b-Nguyên tử tạp chất : Trong thực tế không thể có vật liệu kim loại nguyên chất tuyệt đối. Với công nghệ nấu luyện hiện đại ngày nay có thể đạt độ sạch đến 99,99999%. Do vậy trong kim loại luôn có tạp chất. Tùy theo kích thước nguyên tử mà tạp chất có thể thay thế vào vị trí nguyên tử kim loại trên nút mạng hay xen giữa các nút (hình 1.28cd Lê). Xung quanh các nguyên tử tạp chất luôn có trường ứng suất hình cầu.

2-Sai lệch đường - Lệch

Sai lệch đường là loại sai lệch có kích thước nhỏ (kích cỡ nguyên tử) theo hai chiều đo và rất lớn theo chiều thứ ba trong tinh thể (sẽ gọi là lệch).

Lý thuyết về lệch là cơ sở lý thuyết nền trong vật lý kim loại. Nhờ có lý thuyết lệch ta có thể giải thích được nhiều vấn đề về cơ tính, lý tính của kim loại và hợp kim. Trên cơ sở đó chế tạo các kim loại và hợp kim đặc biệt : siêu bền, siêu dẻo...

a-Lệch đường : Gài thêm vào phía trên mạng tinh thể lý tưởng một nửa mặt phẳng nguyên tử ABCD. Phần nửa phía trên của tinh thể (trên đường AB) sẽ chịu ứng suất nén, nửa dưới chịu ứng suất kéo (hình 1.29 Lê). Đường AB dài hàng nghìn hàng vạn thông số mạng gọi là trục lệch. AB là biên giới phía trong của nửa mặt ABCD nên gọi là lệch biên. Nếu nửa mặt nguyên tử nằm phía trên gọi là lệch dương, ký hiệu \perp , nằm phía dưới gọi là lệch âm, ký hiệu T.

b-Lệch xoắn : ta có thể hình dung lệch xoắn như sau : cắt mạng tinh thể lý tưởng bằng nửa mặt phẳng ABCD (hình 1.30 Lê), sau đó xô dịch hai mép ngoài ngược chiều nhau sao cho các nguyên tử mặt ngoài sẽ xô dịch một đoạn bằng một thông số mạng theo đường CD. Do đó các nguyên tử sẽ sắp xếp lại quanh AB theo đường xoắn ốc và ta có lệch xoắn. (hình 1.30b Lê). AB gọi là trục lệch xoắn. Nếu đường xoắn ốc nguyên tử xung quanh trục lệch theo chiều kim đồng hồ gọi là lệch xoắn phải, ký hiệu ngược lại gọi là lệch xoắn trái, ký hiệu

c-Lệch hỗn hợp : Trong nhiều trường hợp một lệch có đặc trưng của cả lệch biên và lệch xoắn gọi là lệch hỗn hợp (hình 1.32 Lê)

3-Sai lệch mặt : Sai lệch mặt là các sai lệch có kích thước lớn theo hai chiều đo và nhỏ theo chiều đo thứ ba. Gồm có các loại : biên giới hạt, biên giới siêu hạt, mặt ngoài tinh thể ...

a-Biên giới hạt : là vùng tiếp giáp giữa các hạt trong đa tinh thể. Các nguyên tử ở vùng biên giới hạt không sắp xếp theo trật tự mạng và có thể coi như vùng cấu trúc vô định hình. (hình 1.35a Lê). Chiều dày biên giới hạt phụ thuộc vào độ sạch của vật liệu, có thể đạt hàng trăm thông số mạng. Kim loại càng tinh khiết chiều dày biên giới hạt càng mỏng.

b-Biên giới siêu hạt : Siêu hạt (blocs) là những vùng tinh thể nhỏ (kích thước trung bình cỡ $10^2 - 10^4$ nm, với cấu trúc tinh thể khá hoàn chỉnh, định hướng lệch nhau một góc nhỏ, ngăn cách bằng biên giới siêu hạt. Biên giới siêu hạt thực chất là những tường lệch, tạo nên do

những lệch cùng dấu tương tác lẫn nhau khi chúng trượt trên những mặt trượt song song và giữ nhau ở vị trí cân bằng (hình 1.36 Lê). Hai siêu hạt lân cận định hướng lệch nhau một góc bằng : $\theta = \frac{b}{D} \theta = \frac{b}{D}$.

D - khoảng cách trung bình giữa các lệch biên cùng dấu trên trường lệch.

b - véc tơ trượt (Bure).

Biên giới các siêu hạt thường xuất hiện trong quá trình kết tinh lại, có tác dụng cản trở trượt và tương tác với các loại sai lệch điểm khác nên cũng đóng vai trò trong tính dẻo của vật liệu.

c-Sai lệch xếp : Sai lệch xếp (còn gọi là khuyết tật xếp) là sự phá vỡ trật tự xếp chặt của tinh thể. Giả sử mạng A1 có trật tự sắp xếp là ABCABCABC, vì lý do nào đó, trật tự đó bị phá vỡ, chẳng hạn thừa một lớp xếp chặt để có sai lệch xếp thừa ABACA...Nếu trong trật tự xếp thiếu một lớp sẽ tạo sai lệch xếp thiếu ABCABABC...(hình 1.37a và 1.37b)

Sai lệch xếp đặc trưng bằng năng lượng γ_{SLX} gọi là năng lượng của sai lệch xếp. Ở điều kiện cân bằng độ rộng của sai lệch xếp là :

$$d_o = \frac{G(\bar{b}_2\bar{b}_3)}{2\pi\gamma_{SLX}}$$

Trong đó : G - mô đun trượt

$\bar{b}_2\bar{b}_3$ - véc tơ trượt của các lệch không hoàn chỉnh giới hạn SLX

γ_{SLX} - năng lượng của sai lệch xếp.

Sai lệch xếp có vai trò rất lớn trong lĩnh vực hóa bền vật liệu, đây là một trong những phương hướng quan trọng nâng cao độ bền là hợp kim hóa, làm tăng độ rộng d_o , làm giảm γ_{SLX} , tức là tăng cản trở chuyển động của lệch bằng sai lệch xếp.

d-Cấu trúc mặt ngoài tinh thể : Mặt ngoài tinh thể có hình thái tồn tại khác so với những mặt phẳng tinh thể ở bên trong. Có thể hình dung dễ dàng rằng đối với các nguyên tử ở mặt ngoài (mặt giới hạn tinh thể) không có đủ số sắp xếp như nguyên tử bên trong. Vì vậy ở mặt ngoài chúng không sắp xếp theo trật tự quy định của tinh thể (hình 1.39 Lê) và tạo thành vùng sai lệch. Sức căng bề mặt tinh thể (năng lượng bề mặt) đặc trưng phần gia tăng năng lượng tự do để giữ các nguyên tử bề mặt ở trạng thái ổn định. Do đặc điểm cấu trúc sai lệch cho nên lớp mặt ngoài tinh thể cũng có những tương tác đặc biệt với các sai lệch khác.

4-Sai lệch khối :

Những sai lệch có kích thước lớn theo ba chiều trong mạng tinh thể gọi là sai lệch khối. Sai lệch khối vĩ mô là những sai hỏng sinh ra khi nấu, đúc hợp kim như rỗ co tập trung xỉ, tạp chất trong vật đúc. Trên khía cạnh vi mô có thể coi sai lệch khối như các pha thứ hai tồn tại trên nền hợp kim. Ví dụ như graphit trong gang, các pha thứ hai tạo thành khi tiết pha từ dung dịch rắn. Các sai lệch này là cố ý tạo ra để nâng cao độ bền, cải thiện tính chất theo ý muốn. Tùy thuộc vào cấu trúc, hình thái tồn tại, kích thước mà hiệu quả hóa bền của những pha thứ hai này khác nhau.

1.3.2.Vai trò của sai lệch đối với tính chất :

Sự có mặt của sai lệch trong mạng tinh thể và tương tác giữa chúng ảnh hưởng đến tính chất của vật liệu. Để giải thích tính chất cơ học (độ bền, độ cứng, tính dẻo...) phải dựa vào lý thuyết bên trong đó các mô hình cấu trúc vi mô được áp dụng để giải thích kết quả thực

tế. Ở đây ta xem xét sự tương tác của lệch với nhau và ảnh hưởng của chúng đến cơ tính của vật liệu.

1-Tương tác giữa các lệch và khái niệm hóa bền :

Ta xét quá trình trượt khi biến dạng dẻo, tốc độ biến dạng dẻo theo công thức Orowan $\dot{\epsilon} = \rho.b.v$. Trong đó : ρ là mật độ lệch, b là trị số véc tơ Burgers, v là tốc độ chuyển động của lệch). Trong quá trình biến dạng sẽ có hai hiệu ứng ngược nhau xảy ra

-Mật độ lệch tăng do các nguồn khác nhau hoạt động như biên giới hạt, Frank - Rit làm tăng tốc độ biến dạng.

-Nhưng khi tăng mật độ lệch tương tác giữa lệch với nhau và với các sai lệch khác tăng mạnh làm giảm đáng kể tốc độ chuyển động của lệch. Vì vậy muốn duy trì tốc độ biến dạng là không đòi hỏi phải tăng ứng suất bên ngoài thêm một lượng $d\sigma$. Đây chính là hiệu ứng hóa bền biến dạng. Hệ số hóa bền biến dạng $\frac{d\sigma}{d\epsilon}$ đặc trưng bởi góc nghiêng đường cong $\sigma - \epsilon$ trên biểu đồ thử kéo vật liệu.

Cơ sở của các phương pháp hóa bền vật liệu tinh thể là làm giảm tốc độ chuyển động của lệch. Tương tác giữa các lệch xảy ra nhờ trường ứng suất đàn hồi của chúng. Khi một lệch trượt gặp các lệch trong mặt trượt giao nhau khác, trên mỗi lệch hình thành một bậc lệch. Bậc cản trở chuyển động lệch hoặc khi cùng chuyển động với lệch sẽ sinh ra khuyết tật điểm hoặc các vòng lệch ở phía sau nó gây ra hóa bền (hình 1.41 Lê)

2-Tương tác giữa lệch và sai lệch điểm :

Kết quả tương tác giữa lệch và sai lệch điểm làm cho các nguyên tử tạp chất (hay nút trống) tích tụ xung quanh đường lệch, tạo ra những đám mây nguyên tử tạp chất (khí quyển Côtren, Snuk Suzuki...). Để chuyển động lệch cần phải bổ sung thêm năng lượng từ bên ngoài ($d\sigma$) nhằm giải thoát khỏi những đám mây đó.

Trong các hợp kim tồn tại ở dạng dung dịch rắn (thay thế, xen kẽ) các nguyên tử hợp kim có thể coi như những sai lệch điểm cố ý, hiệu quả hóa bền sẽ tăng lên rất nhiều. Nguyên tố hợp kim làm thay đổi độ rộng của sai lệch xếp, đây là một trong các chương ngại rất mạnh cản trở chuyển động của lệch. Trong các kiểu mạng A1, A3 khi hợp kim hóa sẽ làm giảm năng lượng của sai lệch xếp, tức là tăng độ rộng của nó, do vậy làm tăng hiệu quả hóa bền. Đó chính là hóa bền bằng dung dịch rắn.

3-Tương tác lệch và biên giới hạt :

Khi trong hạt có một nguồn Frank - Rit hoạt động sẽ có vô số lệch trượt cho đến khi dừng lại cạnh biên giới hạt, tạo ra một tập hợp có n lệch (hình 1.35 Lê). Tập hợp này sẽ tạo ra trường ứng suất đàn hồi vừa tác dụng ngược lại, phong tỏa nguồn lệch ở trong hạt, vừa kích thích nguồn ở các hạt lân cận hoạt động trong quá trình biến dạng. Biên giới hạt cản trở chuyển động của lệch là do :

-Tại biên giới có cấu trúc không trật tự

-Hai hạt đa tinh thể liền nhau có định hướng khác nhau vì vậy lệch rất khó thay đổi đột biến mặt trượt khi vượt qua biên giới hạt. Vì vậy lệch chỉ có thể chuyển động tự do trong hạt. Kích thước hạt càng nhỏ, quãng đường chuyển động tự do càng ngắn, do đó hiệu quả hóa bền càng cao. Đó chính là sự hóa bền bằng biên giới hạt.

4-Tương tác giữa lệch và pha thứ hai :

Pha thứ hai tạo ra trong hợp kim do quá trình chuyển biến pha cũng có thể xem là dạng sai lệch có ý. Tùy theo vào bản chất, nồng độ, kích thước của pha thứ hai, hiệu quả hóa bền của chúng cũng khác nhau.

a-Pha thứ hai không liên mạng, cứng hơn nền : Muốn vượt qua loại chướng ngại này ứng suất tiếp tác dụng lên lệch phải đạt giá trị : $\tau = \frac{2GB}{L}$, trong đó L là khoảng cách trung bình giữa các phần tử pha thứ hai. Sau khi vượt qua lệch để lại vòng lệch dư xung quanh pha thứ hai.

b-Pha thứ hai liên mạng, mềm hơn nền : Trường hợp này lệch sẽ cắt pha thứ hai bằng cách đi xuyên qua nó để tạo ra sai lệch xếp ở hai mép (hình 1.36a Lê). Vì vậy sau mỗi lần lệch vượt qua sức cản của pha thứ hai tăng thêm do các vòng lệch dư hoặc sai lệch xếp. Đó là quá trình hóa bền bằng pha thứ hai (còn gọi là hóa bền cấu trúc).

5-Tích tụ lệch và phá hủy :

Khi lệch bị hãm lại bên chướng ngại, chúng sẽ tích tụ dần, làm tăng ứng suất cục bộ cho đến khi đạt giá trị cao hơn giới hạn bền của mạng, liên kết bị phá vỡ, vết nứt đầu tiên sẽ xuất hiện. Các lệch tiếp theo trượt đến và giải thoát trên bề mặt vết nứt tế vi làm nó lớn dần lên và trở thành vết nứt vĩ mô. Lúc này sẽ xảy ra phá hủy.

1.3.3.Đơn tinh thể và đa tinh thể :

1-Đơn tinh thể : Nếu vật tinh thể có mạng thống nhất và phương không thay đổi trong toàn bộ thể tích gọi là đơn tinh thể. (1.46a Lê). Để dễ hình dung ta lấy một ô cơ sở (khối cơ sở) tinh thể tiến nó theo ba trục tọa độ với những đoạn bằng chu kỳ tuần hoàn mạng sẽ được đơn tinh thể.

Để có được đơn tinh thể kim loại ta phải áp dụng công nghệ đặc biệt nuôi đơn tinh thể. Có hai phương pháp : Zôcranxki và phương pháp flux (thành phần khác nhau). Tính chất điển hình của đơn tinh thể là tính dị hướng do theo các phương khác nhau có mật độ nguyên tử khác nhau. Công dụng của đơn tinh thể là sử dụng trong công nghiệp bán dẫn và kỹ thuật điện.

2-Đa tinh thể : Đa tinh thể gồm rất nhiều tinh thể nhỏ gọi là hạt tinh thể. Những hạt này có cùng cấu trúc mạng nhưng định hướng ngẫu nhiên nên khác nhau, liên kết với nhau bằng biên giới hạt (hình 1.46b Lê). Vật liệu sử dụng chủ yếu là đa tinh thể.

a-Độ hạt của đa tinh thể : Từ khái niệm nêu trên ta thấy cấu trúc của đa tinh thể gồm hai phần sau :

-Các hạt có định hướng khác nhau.

-Biên giới hạt có cấu trúc không trật tự liên kết các hạt với nhau

Từ đó ta thấy rằng các hạt tinh thể không bao giờ có kích thước giống nhau nên phải đưa ra khái niệm độ hạt. Có thể xác định độ hạt theo ba cách sau :

+Xác định tiết diện ngang S của các hạt (phương pháp này khó làm)

+Đo đường kính (chiều ngang) trung bình của các hạt (ít dùng)

+So sánh số lượng hạt có trong một đơn vị diện tích với độ phóng đại 100 lần với bản mẫu có sẵn. Đây là phương pháp phổ biến nhất. Sau đó xếp vào bảng cấp hạt. Bảng cấp hạt gồm 16 cấp từ -2 đến 14, thông dụng nhất là từ cấp 1 đến cấp 8, số càng lớn hạt càng nhỏ.

b-Tính đẳng hướng của đa tinh thể : Do sự phân bố ngẫu nhiên của các hạt trong đa tinh thể, phương mạng của chúng sắp xếp một cách bất kỳ nên tính dị hướng không còn thể

hiện nữa. Do vậy đa tinh thể có tính *đẳng hướng giả*. Sở dĩ gọi là đẳng hướng giả vì trong từng phần nhỏ của đa tinh thể (hạt) vẫn thể hiện tính dị hướng.

CHƯƠNG 2 : GIẢN ĐỒ PHA

2.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN :

2.1.1. Pha, hệ, cấu tử, hệ cân bằng:

1 - Cấu tử : là các nguyên tố (hay hợp chất hóa học bền vững) cấu tạo nên vật liệu. Chúng là các thành phần độc lập.

2 - Hệ (đôi khi còn gọi là hệ thống) là một tập hợp vật thể riêng biệt của vật liệu trong điều kiện xác định hay là một loạt hợp kim khác nhau với các cấu tử giống nhau.

3- Pha : là tổ phần đồng nhất của hệ (hợp kim) có cấu trúc và các tính chất cơ, lý, hóa học xác định, giữa các pha có bề mặt phân cách.

Ví dụ : - Ta có một hệ gồm nước đá và nước. Hệ này chỉ có một cấu tử đó là hợp chất H_2O nhưng có hai pha : rắn (nước đá), lỏng (nước)

- Một chi tiết bằng la tông một pha : Hệ này có hai cấu tử là Cu và Zn nhưng chỉ có một pha α (dung dịch rắn của hai cấu tử trên).

4 - Hệ cân bằng (ổn định) : Hệ ở trạng thái cân bằng khi các pha của nó đều có năng lượng tự do nhỏ nhất trong các điều kiện về nhiệt độ, áp suất và thành phần xác định. Tức là các đặc tính của hệ không biến đổi theo thời gian. Thông thường hệ với các pha ở trạng thái cân bằng bao giờ cũng có độ bền, độ cứng thấp nhất, không có ứng suất bên trong, xô lệch mạng tinh thể thấp nhất và được hình thành với tốc độ nguội chậm. Hệ cân bằng có tính chất thuận nghịch.

5- Hệ không cân bằng (không ổn định) : Khi thay đổi nhiệt độ và áp suất làm tăng năng lượng tự do và hệ trở nên trạng thái không cân bằng. Lúc này hệ có thể chuyển biến sang trạng thái cân bằng mới có năng lượng tự do nhỏ hơn. Nói chung trạng thái không cân bằng là không ổn định, luôn có xu hướng tự biến đổi sang trạng thái cân bằng, ổn định. Trong thực tế một số trạng thái không cân bằng vẫn tồn tại lâu dài, do ở nhiệt độ thường chuyển biến xảy ra rất chậm hầu như không nhìn thấy được. Trạng thái không cân bằng thường có độ bền, độ cứng cao hơn nên được sử dụng khá nhiều trong thực tế (tổ chức mactenxit sau khi tôi). Trạng thái không cân bằng được hình thành với tốc độ nguội nhanh.

6- Hệ giả ổn định : Trạng thái giả ổn định tồn tại khi trạng thái cân bằng (ổn định) tuyệt đối chỉ tồn tại trên lý thuyết, tức là phải nung nóng hay làm nguội vô cùng chậm mà trong thực tế rất khó xảy ra. Vậy giả ổn định thực chất là không ổn định nhưng thực tế lại tồn tại một cách ổn định ngay cả khi nung nóng hay làm nguội trong một phạm vi nào đó.

2.1.2. Quy tắc pha và công dụng :

Trạng thái cân bằng của hệ được xác định bởi các yếu tố bên trong (thành phần hóa học) và các yếu tố bên ngoài (nhiệt độ và áp suất). Tuy nhiên các yếu tố này phụ thuộc lẫn nhau. Bậc tự do là số lượng các yếu tố độc lập có thể thay đổi được trong phạm vi nhất định mà không làm thay đổi số pha của nó (ký hiệu F -freedom).

Quy tắc pha xác định mối quan hệ giữa số pha P (phase), bậc tự do F và số cấu tử C (component). Ta có :

$$F = C - P + 2.$$

Nhưng do việc nghiên cứu vật liệu tiến hành trong khí quyển, có áp suất không đổi nên số yếu tố bên ngoài chỉ còn một là nhiệt độ. Vì vậy công thức của nó là :

$$F = C - P + 1$$

Cần lưu ý rằng bậc tự do là những số nguyên và không âm, số pha cực đại của một hệ chỉ có thể lớn hơn số cấu tử của nó một đơn vị ($P_{MAX} = C + 1$), nó giúp cho việc xác định số pha của một hệ hợp kim dễ dàng. Ví dụ :

- Khi $F = 1$ tức là chỉ có một yếu tố có thể thay đổi được (nhiệt độ hay thành phần), lúc này số pha bằng số cấu tử.

- Khi $F = 2$ có hai yếu tố thay đổi được cùng một lúc, số pha bằng số cấu tử trừ đi 1.

2.2.DUNG DỊCH RẮN VÀ CÁC PHA TRUNG GIAN :

2.2.1.Khái niệm và phân loại dung dịch rắn :

1-Khái niệm :

Cũng giống như dung dịch lỏng, trong dung dịch rắn ta không phân biệt được một cách cơ học các nguyên tử của các cấu tử, các nguyên tử của chúng phân bố xen vào nhau trong mạng tinh thể. Cấu tử nào có số lượng nhiều hơn, vẫn giữ được kiểu mạng của mình gọi là dung môi. Các cấu tử còn lại gọi là chất hòa tan. Dung dịch rắn là pha đồng nhất có cấu trúc mạng tinh thể của cấu tử dung môi nhưng thành phần của nó có thể thay đổi trong một phạm vi nhất định mà không làm mất đi sự đồng nhất đó. Ký hiệu của dung dịch rắn là A(B).

Dung dịch rắn được chia ra làm hai loại : dung dịch rắn thay thế và dung dịch rắn xen kẽ.

2-Dung dịch rắn thay thế :

là loại dung dịch rắn mà trong đó nguyên tử của cấu hòa tan thay thế vào vị trí trên nút mạng của cấu tử dung môi (nguyên tố chủ).

Như vậy kiểu mạng và số nguyên tử trong khối cơ sở đúng như của cấu tử dung môi. Tuy nhiên sự thay thế này ít nhiều đều gây ra sự xô lệch mạng, vì không thể có hai loại nguyên tử có kích thước hoàn toàn giống nhau. Do vậy sự thay thế chỉ xảy ra với các cấu tử có kích thước nguyên tử khác nhau ít (với kim loại sự sai khác này không quá 15%). Tùy thuộc vào mức độ hòa tan người ta còn chia ra dung dịch rắn hòa tan vô hạn và có hạn.

a - Dung dịch rắn thay thế hòa tan vô hạn :

Là dung dịch rắn mà trong đó nồng độ của chất hòa tan có thể biến đổi liên tục, tức là với nồng độ bất kỳ.

Trong loại dung dịch rắn này không thể phân biệt được cấu tử nào là dung môi, cấu tử nào là chất hòa tan, cấu tử nào có lượng chứa nhiều nhất là dung môi, các cấu tử còn lại là chất hòa tan. Ví dụ ta có dung dịch rắn của cấu tử A và B thì nồng độ A biến đổi từ 0-100%, nồng độ B biến đổi từ 100% - 0.

Điều kiện để hai cấu tử hòa tan vô hạn vào nhau :

- * Có cùng kiểu mạng tinh thể
- * Đường kính nguyên tử khác nhau ít, nhỏ hơn 8%. Nếu sai khác nhau nhiều từ 8-15% chỉ có thể hòa tan có hạn, > 15% không thể hòa tan vào nhau
- * Nồng độ điện tử không vượt quá một giá trị xác định với mỗi loại dung dịch rắn (số lượng điện tử hóa trị tính cho một nguyên tử), tức là các nguyên tố phải có cùng hóa trị.

* Các tính chất vật lý và hóa học gần giống nhau (cấu tạo lớp vỏ điện tử, tính âm điện, nhiệt độ chảy...)

Nói chung các nguyên tố cùng trong một nhóm của bảng hệ thống tuần hoàn thỏa mãn điều kiện này. Các cặp nguyên tố hình thành dung dịch rắn vô hạn chỉ có thể là nguyên tố kim loại. Cần chú ý rằng đây chỉ là điều kiện cần của dung dịch rắn vô hạn.

b - Dung dịch rắn thay thế hòa tan có hạn :

Là dung dịch rắn mà trong đó các cấu tử chỉ hòa tan vào nhau với giá trị nhất định, tức là nồng độ của chúng bị gián đoạn.

Các cặp cấu tử không thỏa mãn bốn điều kiện trên sẽ tạo thành dung dịch rắn có hạn

c - Dung dịch rắn trật tự và không trật tự :

Nếu sự phân bố nguyên tử của cấu tử hòa tan trong mạng dung môi một cách ngẫu nhiên thì được gọi là dung dịch rắn không trật tự. Trong một số điều kiện nào đó (nhiệt độ, nồng độ) trong một số hệ các nguyên tử thay thế có tính quy luật và gọi là dung dịch rắn trật tự. Ví dụ trong hệ Au-Cu khi làm nguội chậm nguyên tử đồng sắp xếp tại tâm các mặt bên, còn nguyên tử vàng nằm ở các đỉnh của khối cơ sở.

3-Dung dịch rắn xen kẽ :

Là loại dung dịch rắn trong đó nguyên tử hòa tan nằm xen giữa các nguyên tử của kim loại dung môi, chúng chui vào lỗ hổng trong mạng dung môi. Như vậy ta thấy rằng số nguyên tử trong khối cơ sở tăng lên.

Do kích thước các lỗ hổng trong mạng tinh thể rất nhỏ nên các nguyên tử hòa tan phải có kích thước rất nhỏ. Đó chính là các nguyên tử C, N, H, B... với dung môi Fe. Đương nhiên là dung dịch rắn xen kẽ chỉ có loại hòa tan có hạn.

4-Các đặc tính của dung dịch rắn :

a - Mạng tinh thể của dung dịch rắn là kiểu mạng của kim loại dung môi, thường có các kiểu mạng đơn giản và xít chặt. Đây là yếu tố cơ bản quyết định các tính chất cơ, lý hóa ... Về cơ bản nó vẫn giữ được các tính chất của kim loại dung môi. Tuy nhiên về thông số mạng luôn khác với dung môi :

- Trong dung dịch rắn xen kẽ : thông số mạng dung dịch luôn lớn hơn thông số mạng dung môi.

- Trong dung dịch rắn thay thế : nếu đường kính nguyên tử hòa tan lớn hơn đường kính nguyên tử dung môi thì thông số mạng dung dịch lớn hơn dung môi. Nếu đường kính nguyên tử hòa tan nhỏ hơn nguyên tử dung môi thì thông số mạng dung dịch nhỏ hơn dung môi.

b - Liên kết vẫn là liên kết kim loại. Do vậy dung dịch rắn vẫn giữ được tính dẻo giống như kim loại nguyên chất, tuy có kém hơn (trừ hệ hợp kim Cu-Zn, với 30%Zn hợp kim này còn dẻo hơn cả đồng)

c - Thành phần hóa học thay đổi trong phạm vi nhất định mà không làm thay đổi kiểu mạng.

d - Tính chất biến đổi nhiều : độ dẻo, độ dai, hệ số nhiệt độ điện trở giảm, điện trở, độ bền, độ cứng tăng lên...

Do các đặc tính trên nên dung dịch rắn là cơ sở của các hợp kim kết cấu dùng trong cơ khí. Trong các hợp kim này pha cơ bản là dung dịch rắn, nó chiếm xấp xỉ 90%, có trường hợp đến 100%.

2.2.2.Các pha trung gian :

Trong các hợp kim hầu như không có loại hợp chất hóa học hóa trị thường. Các hợp chất hóa học tồn tại trong hợp kim thường gọi là pha trung gian vì trên giản đồ pha nó nằm ở vị trí giữa và trung gian các dung dịch rắn.

1-Khái niệm và phân loại :

Các hợp chất hóa học tạo thành theo quy luật hóa trị thường có các đặc điểm sau :

- * Có mạng tinh thể phức tạp và khác hẳn mạng nguyên tố thành phần
- * Luôn luôn có một tỷ lệ chính xác giữa các nguyên tố và đượ biểu diễn bởi công thức hóa học nhất định.

- * Tính chất khác hẳn các nguyên tố thành phần, độ cứng cao, tính giòn lớn.

- * Có nhiệt độ nóng chảy xác định, khi hình thành là phản ứng tỏa nhiệt.

Các pha trung gian trong hợp kim có những đặc điểm khác với hợp chất hóa học theo hóa trị, đó là :

- * Không tuân theo quy luật hóa trị.

- * Không có thành phần chính xác.

- * Có liên kết kim loại.

Các pha trung gian trong hợp kim thường gặp là : pha xen kẽ, pha điện tử, pha Laves, pha σ ...

2-Pha xen kẽ :

Là pha tạo nên giữa các kim loại chuyển tiếp (Fe, Cr, Mo, W...) có đường kính nguyên tử lớn với các á kim (H, B, N, C...) có đường kính nguyên tử bé. Kiểu mạng của pha xen kẽ đượ xác định theo quan hệ giữa đường kính nguyên tử kim loại và á kim :

- Nếu $d_A/d_K < 0,59$ thì pha xen kẽ có các kiểu mạng đơn giản : tâm khối, tâm mặt, sáu phương xếp chặt... Các nguyên tử á kim xen kẽ vào lỗ hổng trong mạng. Chúng có công thức đơn giản như : K_4A (Fe_4N), K_2A (W_2C), KA (NbC , NbH , TiC), KA_2 (Ti_2H). Với K là kim loại, A là á kim.

- Nếu $d_A/d_K > 0,59$ pha xen kẽ sẽ có kiểu mạng phức tạp và công thức phức tạp hơn K_3A (Mn_3C), K_7A_3 (Cr_7C_3), $K_{23}A_6$ ($Cr_{23}C_6$).

Đặc điểm của pha xen kẽ nói chung là có nhiệt độ chảy rất cao (thường $> 3000^0C$) và có độ cứng lớn (2000 ÷ 5000 HV), có tính giòn lớn. Chúng có vai trò rất lớn trong việc nâng cao tính chống mài mòn và chịu nhiệt của hợp kim.

3-Pha điện tử (Hum-rozêri)

Là pha trung gian có cấu tạo phức tạp, tạo nên bởi hai kim loại. Thành phần của nó như sau :

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

- * Nhóm hai : các kim loại hóa trị hai, ba, bốn :Be, Mg, Zn, Cd, Al, Si, Sn.

Nồng độ điện tử N có giá trị xác định là 3/2, 21/13 và 7/4 (21/14, 21/13, 21/12). Mỗi giá trị nồng độ điện tử ứng với một kiểu mạng tinh thể. Ví dụ :

- $N = 3/2$ là pha β với kiểu mạng lập phương tâm khối, hay lập phương phức tạp, hay sáu phương (Cu_5Sn , Cu_5Si).

- $N = 21/13$ là pha γ với kiểu mạng lập phương phức tạp ($Cu_{31}Sn_8$).

- $N = 7/4$ là pha ϵ với kiểu mạng sáu phương xếp chặt ($AgCd_3$).

4-Pha Laves :

La pha tạo nên bởi hai nguyên tố (A, B), có tỷ lệ đường kính nguyên tử $d_A/d_B = 1,2$ (tỷ lệ này có thể biến đổi trong phạm vi $1,1 \div 1,6$), có công thức AB_2 , kiểu mạng sáu phương xếp chặt ($MgZn_2$) hay lập phương tâm mặt ($MgCu_2$).

Trong hợp kim có thể còn gặp các pha : σ , λ , δ , μ ... Tuy nhiên các loại pha này ít phổ biến. Một đặc tính quan trọng của các pha trung gian là cứng và giòn. Vì vậy không bao giờ người ta dùng hợp kim chỉ có một pha là pha trung gian. Tỷ lệ của chúng trong các hợp kim thông thường $< 10\%$ (có khi đến $20 \div 30\%$), đây là các pha cản trượt làm tăng độ bền, độ cứng.

2.2.3. Hỗn hợp cơ học :

Khá nhiều trường hợp, hợp kim có tổ chức hai hay nhiều pha : hai dung dịch rắn, dung dịch rắn và hợp chất hóa học... Cấu tạo như vậy gọi là hỗn hợp cơ học. Trên tổ chức tế vi ta phân biệt được rất rõ các pha khác nhau trong hỗn hợp cơ học. Hai trường hợp điển hình của hỗn hợp cơ học là cùng tinh và cùng tích.

2.3. CÁC DẠNG GIẢN ĐỒ PHA HAI CẤU TỬ KHÔNG CÓ CHUYỂN BIẾN ĐA HÌNH (THỦ HÌNH)

2.3.1. Các giản đồ pha hai cấu tử :

1-Giản đồ pha hai cấu tử không hòa tan vào nhau, không tạo thành pha trung gian (giản đồ loại 1) :

Số cấu tử : A và B ($C = 2$)

Các pha có thể tạo thành : lỏng (L) hòa tan vô hạn của A và B, A và B. Số pha lớn nhất $P_{MAX} = 3$

AEB là đường lỏng : tại nhiệt độ ứng với đường này hợp kim bắt đầu kết tinh. Ở cao hơn đường lỏng hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng.

CED là đường đặc : tại nhiệt độ ứng với đường đặc hợp kim lỏng kết thúc kết tinh. Thấp hơn nhiệt độ này hợp kim ở trạng thái rắn. Trong khoảng nhiệt độ giữa đường lỏng và đường đặc là quá trình nóng chảy hay kết tinh của hợp kim, tồn tại đồng thời cả pha rắn và lỏng. Với loại giản đồ này CED còn gọi là đường cùng tinh.

E gọi là điểm cùng tinh (eutectic). Các hợp kim có thành phần nằm bên trái điểm E gọi là hợp kim trước cùng tinh (hypoeutectic). Các hợp kim có thành phần nằm bên phải điểm E gọi là hợp kim sau cùng tinh (hypereutectic). Hợp kim có thành phần tại E gọi là hợp kim cùng tinh. Trong thực tế hệ Pb - Sb thuộc loại giản đồ này.

a - Quá trình kết tinh của hợp kim trước cùng tinh :

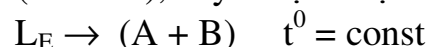
* Ở cao hơn nhiệt độ ứng với điểm 0 : hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng (L).

* Làm nguội từ 0 đến 1: đây là quá trình nguội của hợp kim lỏng (L↓).

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 1: từ hợp kim lỏng kết tinh ra tinh thể A.

* Làm nguội từ 1 đến 2 : tinh thể A sinh ra ngày càng nhiều, hợp kim lỏng càng ngày càng ít đi và thành phần của nó biến đổi theo đường từ 1 ÷ E (giàu B hơn).

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 2 : phần hợp kim lỏng cuối cùng có thành phần tại E sẽ kết tinh đồng thời ra A và B cùng một lúc, tổ chức này gọi là tổ chức cùng tinh. Quá trình này gọi là chuyển biến cùng tinh (eutectic), xảy ra tại nhiệt độ không thay đổi.



* Làm nguội từ 2 đến 3 là quá trình nguội của hợp kim rắn, không xảy ra chuyển biến nào khác. Tổ chức nhận được ở nhiệt độ thường là $A + (A + B)$. Các tinh thể A kết tinh ra trước có kích thước thô to hơn cùng tinh $(A + B)$.

b - Quá trình kết tinh của hợp kim sau cùng tinh :

* Quá trình kết tinh của hợp kim sau cùng tinh hoàn toàn giống như hợp kim trước cùng tinh, nhưng chỉ khác là từ hợp kim lỏng sẽ kết tinh ra tinh thể B trước và phần lỏng còn lại sẽ nghèo B đi khi nhiệt độ tiếp tục giảm xuống.

* Tổ chức nhận được ở nhiệt độ thường là $B + (A + B)$.

c - Quá trình kết tinh của hợp kim cùng tinh

Hợp kim này có thành phần ứng với điểm E. Khi làm nguội đến nhiệt độ ứng với điểm E hợp kim lỏng sẽ kết tinh đồng thời ra $(A + B)$ cùng một lúc và sản phẩm cuối cùng là cùng tinh $(A + B)$.

Nhận xét : Các hợp kim có giản đồ loại 1 kết tinh theo thứ tự sau : trước tiên pha lỏng kết tinh ra một trong hai cấu tử nguyên chất trước, làm cho pha lỏng nghèo cấu tử này và biến đổi thành phần đến điểm cùng tinh E. Đến đây pha lỏng còn lại sẽ kết tinh ra hai cấu tử cùng một lúc.

d - Tam giác Tam man :

Trong các hệ hợp kim có giản đồ loại 1 ta vẽ thêm một tam giác phụ để xác định tỷ lệ của tổ chức cùng tinh cũng như các cấu tử nguyên chất một cách dễ dàng ứng với các thành phần khác nhau. Tam giác này gọi là tam giác Tam - man (do Tam - man người Đức đưa ra). Tại điểm E tổ chức cùng tinh chiếm 100%. Ta coi đoạn EF bằng 100% $(A + B)$, vì vậy các đường song song với EF sẽ chỉ ra tỷ lệ của tổ chức cùng tinh tương ứng trong các hợp kim. Tương tự như vậy ta hoàn toàn có thể xác định tỷ lệ các cấu tử A và B tương ứng trong các hợp kim.

e - Thiên tích vùng :

Các hợp kim có giản đồ loại 1 thường xảy ra thiên tích vùng khi kết tinh, đặc biệt là khi làm nguội chậm (thiên tích vùng là sự khác nhau về thành phần hóa học giữa các vùng khác nhau của vật đúc)

Ví dụ : Hệ hợp kim Pb - Sb nếu chì kết tinh ra trước nó sẽ chìm xuống đáy khuôn đúc ($\gamma = 11,34 \text{ g/cm}^3$). Stibi nếu kết tinh ra trước thì nó sẽ nổi lên trên ($\gamma = 6,69 \text{ g/cm}^3$). Do vậy phía trên vật đúc giàu Sb, phía dưới giàu Pb.

Tuy nhiên hiện tượng thiên tích vùng có thể khắc phục được bằng cách làm nguội thật nhanh để không kịp xảy ra hiện tượng chìm nổi của các tinh thể hay cho vào hợp kim lỏng một chất đặc biệt nó sẽ tạo ra bộ khung xương trước (tỷ trọng \approx hợp kim lỏng), chúng lơ lửng trong hợp kim lỏng ngăn cản quá trình thiên tích.

2-Giản đồ pha hai cấu tử hoàn toàn hòa tan vào nhau, không tạo thành pha trung gian (giản đồ loại 2) :

Số cấu tử : A và B ($C = 2$)

Số pha có thể tạo thành : hợp kim lỏng hòa tan vô hạn của A và B, dung dịch rắn hòa tan vô hạn của A và B là α ($P_{\max} = 2$).

Đường AmB gọi là đường lỏng, đường AnB gọi là đường đặc. Hệ Cu - Ni có giản đồ loại này.

a - Xét quá trình kết tinh của một hợp kim cụ thể (hợp kim 1)

- * Tại nhiệt độ ứng với 0 hợp kim tồn tại ở trạng thái lỏng.
- * Làm nguội từ 0 - 1 : quá trình nguội của hợp kim lỏng.
- * Tại nhiệt độ ứng với điểm 1 từ hợp kim lỏng kết tinh ra dung dịch rắn hòa tan vô hạn của A và B là α .

- * Làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 1 đến điểm 2 dung dịch rắn α sinh ra ngày càng nhiều, thành phần hóa học của nó biến đổi theo đường từ 1 - 2', hợp kim lỏng ngày càng ít đi và thành phần hóa học biến đổi từ 1' - 2.

- * Tại nhiệt độ ứng với điểm 2 hợp kim lỏng hết.

- * Làm nguội từ 2 - 3 là quá trình nguội của dung dịch rắn α .

Nhận xét : Các hợp kim có giản đồ loại 2 có quy luật kết tinh như sau : nếu ta lấy đơn vị là cấu tử có nhiệt độ nóng chảy cao hơn thì đầu tiên từ hợp kim lỏng kết tinh ra dung dịch rắn giàu cấu tử này hơn, do vậy pha lỏng còn lại sẽ nghèo cấu tử này đi. Nhưng nếu làm nguội chậm thì dung dịch rắn tạo thành biến đổi thành phần theo hướng nghèo cấu tử này và cuối cùng đạt thành phần hợp kim.

b - Thiên tích nhánh cây (thiên tích trong bản thân hạt):

Hợp kim có giản đồ loại 2 khi kết tinh tại mỗi nhiệt độ khác nhau, thành phần hóa học của dung dịch rắn cũng khác nhau. Do đó bằng cách làm nguội thông thường (nguội chậm) hạt kim loại đúc tạo thành sẽ không đồng nhất về thành phần hóa học. Hiện tượng này gọi là thiên tích nhánh cây (hay thiên tích trong bản thân hạt). Khắc phục bằng cách làm nguội chậm hay ủ khuếch tán sau khi đúc.

3-Giản đồ pha hai cấu tử hòa tan có hạn vào nhau, không tạo thành pha trung gian (giản đồ loại 3) :

Số cấu tử : A và B ($C = 2$)

Số pha có thể tạo thành : $P_{\text{Max}} = 3$

Hợp kim lỏng hòa tan vô hạn của A và B

α - dung dịch rắn của B hòa tan có hạn trong cấu tử A, A(B)

β - dung dịch rắn của A hòa tan có hạn trong cấu tử B, B(A)

Đường AEB là đường lỏng, ACDB là đường đặc, CED là đường cùng tinh. CF là đường giới hạn hòa tan của B trong cấu tử A ở trạng thái rắn, DG là đường giới hạn hòa tan của A trong B ở trạng thái rắn. Điểm E là điểm cùng tinh. Hệ hợp kim Ag - Cu và Pb - Sn có giản đồ loại này.

Cũng tương tự như giản đồ loại 1, nhiệt độ chảy của cấu tử bất kỳ sẽ giảm đi nếu được đã thêm cấu tử thứ hai vào. Giản đồ loại 3 gồm như tổng hợp của hai giản đồ loại 1 và loại 2. Có thể chia các hợp kim của hệ thành ba nhóm sau :

a- Nhóm chứa rất ít cấu tử thứ hai (có thành phần nằm bên trái F và bên phải G), quá trình kết tinh giống giản đồ loại 2, sản phẩm nhận được là dung dịch rắn α và β .

b - Nhóm chứa một lượng hạn chế cấu tử thứ 2 (thành phần nằm trong khoảng F-C' và G-D'), ban đầu kết tinh ra dung dịch rắn, nhưng khi nhiệt độ tiếp tục giảm đi thấp hơn đường CF và DG thì do lượng cấu tử hòa tan là quá bão hòa nên tiết ra lượng cấu tử thừa dưới dạng dung dịch rắn thứ cấp (α thừa B tiết ra β_{II} , β thừa A tiết ra α_{II}). Ta xét quá trình kết tinh của hợp kim I :

- * Tại nhiệt độ ứng với 0 : hợp kim ở trạng thái lỏng

* Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 0 đến 1, quá trình nguội của hợp kim lỏng.

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 1, từ hợp kim lỏng kết tinh ra dung dịch rắn α , có thành phần xác định tại điểm 1'.

* Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 1 đến điểm 2, dung dịch rắn α sinh ra ngày càng nhiều, thành phần của nó biến đổi theo đường từ 1' - 2, hợp kim lỏng ngày càng ít đi, thành phần của nó biến đổi theo đường từ 2 - 2'.

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 2 hợp kim lỏng hết.

* Làm nguội từ 2 đến 3 là quá trình nguội của dung dịch rắn α .

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 3 do lượng hòa tan của B vào A là quá bão hòa nên B thừa được tiết ra dưới dạng dung dịch rắn $\beta_{II} (\alpha \rightarrow \beta_{II})$

* Tại nhiệt độ thường sản phẩm nhận được là $\alpha + \beta_{II}$

c - Nhóm chứa một lượng lớn cấu tử thứ hai, có thành phần nằm trong khoảng C'-D', ban đầu kết tinh ra dung dịch rắn (α_C hay β_D), pha lỏng còn lại biến đổi thành phần theo đường lỏng đến điểm E và kết tinh ra tổ chức cùng tinh. Khi nhiệt độ hạ xuống thấp hơn đường CF và DG cũng có quá trình tiết ra cấu tử hòa tan thừa dưới dạng β_{II} và α_{II} .

Quá trình kết tinh của nhóm này giống giản đồ loại 1. Xét quá trình kết tinh của hợp kim II.

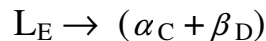
* Tại nhiệt độ ứng với điểm 0 hợp kim ở trạng thái lỏng

* Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 0 đến điểm 1, là quá trình nguội của hợp kim lỏng.

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 1 từ hợp kim lỏng kết tinh ra dung dịch rắn α có thành phần tại 1'.

* Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 1 đến điểm 2 dung dịch rắn α sinh ra ngày càng nhiều, thành phần của nó thay đổi theo đường từ 1' - C. Hợp kim lỏng ngày càng ít đi, thành phần của nó thay đổi từ 1 - E.

* Tại nhiệt độ ứng với điểm 2, hợp kim lỏng còn lại có thành phần tại E sẽ kết tinh đồng thời ra hai dung dịch rắn α_C và β_D cùng một lúc. Quá trình này diễn ra tại nhiệt độ không đổi.



* Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 2 đến 3 do lượng cấu tử hòa tan là quá bão hòa nên có quá trình tiết ra β_{II} từ α và α_{II} từ β . Tuy nhiên α_{II} được tiết ra từ β trong cùng tinh, nằm lẫn lộn với α_C nên không nhìn thấy được. Do vậy tổ chức nhận được ở nhiệt độ thường là $\alpha + \beta_{II} + (\alpha + \beta)$.

4-Giản đồ pha hai cấu tử hoàn toàn không hòa tan vào nhau, tạo thành hợp chất hóa học ổn định (giản đồ loại 4) :

Các cấu tử : A và B (C = 2)

Các pha có thể tạo thành : hợp kim lỏng, cấu tử A, B và hợp chất hóa học của chúng là $A_m B_n$ (ký hiệu là H). Hợp chất hóa học H có nhiệt độ nóng chảy riêng, thành phần xác định và không thể hòa tan thêm cấu tử A, B. Hệ hợp kim Mg - Si thuộc loại này.

Nghiên cứu quá trình kết tinh của hợp kim có giản đồ loại này ta đưa về nghiên cứu hai giản đồ pha loại 1 là A-H và H-B (H được xem là một cấu tử độc lập)

2.3.2. Quan hệ giữa dạng giản đồ pha và tính chất của hợp kim :

Các loại giản đồ pha khác nhau có mối quan hệ giữa dạng của giản đồ và tính chất của hợp kim hoàn toàn khác nhau. Ta biết rằng pha thành phần là pha tạo nên tổ chức của hợp kim. Khi hợp kim có tổ chức một pha thì pha thành phần duy nhất đó đồng nhất với hợp kim, tức là tính chất của nó chính là tính chất của hợp kim. Trường hợp có tổ chức gồm nhiều pha thì tính chất của của hợp kim là sự tổng hợp tính chất của các pha thành phần. Ta sẽ xem xét cụ thể mối quan hệ giữa dạng của giản đồ pha với tính chất của hợp kim như thế nào.

a - *Giản đồ loại 1* :

- Cơ lý tính : Tính chất của hợp kim là trung gian giữa tính chất của tinh thể A và tinh thể B, tức là tinh thể nào có tỷ lệ càng lớn thì sẽ ảnh hưởng càng nhiều đến tính chất tính chất của nó. Cụ thể như sau :

$$\text{Tính chất hợp kim} = \%A \times t/c A + \%B \times t/c B$$

Tính chất của hợp kim phụ thuộc vào thành phần theo quy luật bậc nhất.

- Tính công nghệ :

* Tính đúc của hợp kim nói chung tốt vì độ chảy loãng cao, nhiệt độ nóng chảy thấp, kết tinh trong một khoảng nhiệt độ ít gây co ngót.

* Tính chất gia công áp lực không cao.

* Tính gia công cắt gọt tốt, phoi dễ gãy.

b - *Giản đồ loại 2* :

- Cơ lý tính : Mối quan hệ giữa tính chất và thành phần theo quy luật bậc hai. Đường cong biểu diễn có cực đại tại 50% thành phần, độ bền và độ cứng đều cao hơn cấu tử thành phần. Điện trở tăng mạnh theo thành phần chất hòa tan.

- Tính công nghệ :

* Tính đúc xấu vì khả năng điền đầy khuôn không cao, khoảng đông thường lớn

* Tính gia công áp lực tốt vì khá dẻo dai

* Tính gia công cắt gọt xấu vì độ bền độ cứng cao, dẻo phoi khó gãy ...

c - *Giản đồ loại 3* :

Mối quan hệ này là tổng hợp của hai loại trên.

d - *Giản đồ loại 4* :

Mối quan hệ giữa tính chất và thành phần có dạng đường thẳng và điểm cực đại ứng với thành phần của hợp chất hóa học H.

2.4.GIẢN ĐỒ PHA SẮT - CÁC BON (Fe - Fe₃C) :

2.4.1.Cấu tử sắt và các bon

1-Cấu tử sắt :

Sắt là nguyên tố có khá nhiều trong tự nhiên. Hiện tại người ta đã luyện được sắt với độ sạch 99,99999% Fe. Trong thực tế sản xuất người ta thường nghiên cứu với sắt có lượng chứa 99,8 - 99,9%. Sắt này gọi là sắt nguyên chất kỹ thuật (sắt am cô)

a- *Cơ tính* : Sắt là nguyên tố có cơ tính khá cao, cụ thể như sau :

* Giới hạn bền kéo : $\sigma_b = 250 \text{ MN/m}^2$ (MPa)

* Giới hạn chảy quy ước : $\sigma_{0,2} = 120 \text{ MN/m}^2$

* Độ giãn dài tương đối : $\delta \% = 50$

* Độ thắt tỷ đối : $\psi \% = 85$

* Độ dai va đập : $a_k = 3000 \text{ Kj/m}^2$

* Độ cứng HB = 80

b - Tính đa hình của sắt :

Sắt là kim loại có tính đa hình, nó có hai kiểu mạng tinh thể ở các khoảng nhiệt độ khác nhau :

- Mạng lập phương tâm khối tồn tại ở nhiệt độ :
 - + Nhỏ hơn 911°C gọi là sắt an pha có $a = 2,68 \text{ Kx}$. Dưới 768°C có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất tính sắt từ. Tại nhiệt độ cao hơn 768°C gọi là sắt bê ta, có $a = 2,90 \text{ Kx}$.
 - + Từ 1392°C đến 1539°C gọi là sắt đen ta có $a = 2,93 \text{ Kx}$.
- Mạng lập phương tâm mặt tồn tại ở nhiệt độ : $911^{\circ}\text{C} < t^{\circ} < 1392^{\circ}\text{C}$, gọi là sắt gamma, có $a = 3,56 \text{ Kx}$.

c- Khả năng hòa tan các bon của sắt :

Hai loại mạng tinh thể của sắt có khả năng hòa tan các bon dưới dạng xen kẽ khác nhau. Đường kính nguyên tử các bon là $1,54 \text{ Kx}$. Trong khi đó lỗ hổng lớn nhất trong mạng tâm khối có $d = 0,64 \text{ Kx}$. Mạng lập phương tâm mặt có số lỗ hổng ít hơn nhưng kích thước lại lớn hơn, $d = 1,02 \text{ Kx}$. Về nguyên tắc thì sắt không thể hòa tan các bon được. Tuy nhiên trong thực tế sắt an pha hòa tan được $0,02\% \text{ C}$ ở 727°C , sắt đen ta hòa tan $0,1\% \text{ C}$ ở 1499°C . Sắt gama hòa tan $2,14\% \text{ C}$ ở 1147°C . Người ta cho rằng các bon chui vào nơi có nhiều sai lệch mạng nhất. Với sắt gama có thể hòa tan tối đa khoảng 10% nguyên tử sắt.

2-Cấu tử các bon :

a- Các dạng tồn tại của các bon :

Trong tự nhiên các bon tồn tại dưới ba dạng : than đá (vô định hình), kim cương và graphít (có cấu tạo mạng tinh thể). Trong hợp kim Fe - C các bon chỉ tồn tại tự do ở dạng graphít (trong các loại gang có graphít).

b - Tương tác hóa học giữa sắt và các bon :

Khi lượng hòa tan của các bon vào sắt vượt quá giới hạn của dung dịch rắn thì sẽ tạo nên các hợp chất hóa học : Fe_3C ($6,67\% \text{ C}$), Fe_2C ($9,67\% \text{ C}$) và FeC ($17,67\% \text{ C}$). Tuy nhiên trong hợp kim sắt các bon do chỉ sử dụng ở giới hạn khoảng $5\% \text{ C}$ nên chỉ có Fe_3C và hợp chất này có tên là xêmentit. Xêmentit là pha xen kẽ có kiểu mạng phức tạp, nhiệt độ nóng chảy khoảng 1250°C và có độ cứng cao - 800 HB . Ở nhiệt độ nhỏ hơn 217°C có từ tính. Lớn hơn nhiệt độ này mất tính sắt từ. Khi hòa tan thêm các nguyên tố hợp kim (Cr, Mn, W...) dưới dạng thay thế ta có xêmentit hợp kim (nguyên tố hợp kim thay vào vị trí của sắt).

2.4.2. Giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe_3C) :

1- Dạng tổng quát của giản đồ pha Fe - C :

Chúng ta chỉ nghiên cứu giản đồ pha chứa $6,67\% \text{ C}$ nên còn gọi là giản đồ pha Fe - Fe_3C . Dạng của giản đồ pha này thoạt nhìn khá phức tạp, tuy nhiên nếu phân tích ra thì nó là tổng hợp của bốn loại giản đồ pha đã nghiên cứu trước đây. Ký hiệu các điểm và tọa độ của chúng đã được quốc tế hóa. Cụ thể như sau :

<u>Điểm</u>	<u>%C</u>	<u>Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$</u>		
A	0	1539	B	0,5
	1499			
C	4,30	1147	D	6,67
	1250			
E	2,14	1147	F	6,67
	1147			

G	0 1499	911	H	0,10
J	0,16 727	1499	K	6,67
L	6,67 1392	0	N	0
P	0,02 0	727	Q	0,006
S	0,80	727		

Các đường trên giản đồ pha :

-ABCD là đường lỏng.

-AHECF là đường đặc.

- ECF là đường cùng tinh, tại nhiệt độ này xảy ra phản ứng cùng tinh (eutétic)

- PSK là đường cùng tích, tại đây xảy ra phản ứng cùng tích (eutectoid).

- SE là giới hạn hòa tan của các bon trong sắt gamma.

- PQ là giới hạn hòa tan của các bon trong sắt an pha.

2 - Các chuyển biến xảy ra khi làm nguội chậm :

Trong giản đồ pha Fe - Fe₃C có đầy đủ các chuyển biến mà ta đã nghiên cứu ở phần trước đây. Khi làm nguội chậm có các chuyển biến sau :

- Chuyển biến bao tinh : xảy ra tại nhiệt độ 1499°C trong các hợp kim có 0,10 ÷ 0,50% C (tương ứng đường HJB).



Trong thực tế ta không để ý đến chuyển biến này vì nó xảy ra ở nhiệt độ rất cao và hợp kim còn một phần ở trạng thái lỏng, nó không ảnh hưởng gì đến tổ chức thép khi gia công và sử dụng.

- Chuyển biến cùng tinh : xảy ra ở nhiệt độ 1147°C trong các hợp kim có lượng các bon > 2,14% (tương ứng đường ECF).



-Chuyển biến cùng tích : xảy ra tại nhiệt độ 727°C, có hầu hết trong các hợp kim (đường PSK).



- Sự tiết ra pha Fe₃C dư ra khỏi dung dịch rắn : Xảy ra trong dung dịch rắn Fe_γ theo đường ES và trong Fe_α theo đường PQ.

3 - Các tổ chức của hợp kim Fe - Fe₃C :

a- Tổ chức một pha :

* Ferit (ký hiệu α, F hay Fe_α) : là dung dịch rắn xen kẽ của các bon trong Fe_α, có kiểu mạng lập phương tâm khối. Là pha dẻo, dai, mềm và kém bền, ở nhiệt độ < 768°C có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất tính sắt từ. Khi hòa tan thêm các nguyên tố hợp kim Mn, Si, Ni... độ bền của nó tăng lên, độ dẻo dai giảm đi. Ferit là pha tồn tại ở nhiệt độ thường, chiếm tỷ lệ khá lớn (khoảng ≥ 90%) nên ảnh hưởng khá nhiều đến cơ tính của hợp kim. Tổ chức của nó là các hạt sáng, đa cạnh. Gọi là phe rit xuất phát từ tiếng Latinh ferum nghĩa là sắt.

* Austenit [ký hiệu γ, A_s, Fe_γ(C)] : là dung dịch rắn xen kẽ của các bon trong Fe_γ

có mạng lập phương tâm mặt. Là pha rất dẻo và dai, độ cứng thấp. Nó không có từ tính và không tồn tại ở nhiệt độ thấp hơn 727°C trong hợp kim sắt các bon nguyên chất, chỉ tồn tại ở nhiệt độ thường trong các hợp kim chứa một lượng đáng kể Mn, Ni... Tuy không tồn tại ở nhiệt độ thường nhưng có vai trò quyết định trong biến dạng nóng và nhiệt luyện thép. Tổ chức của nó là các hạt sáng có song tinh. Tên gọi austenit để kỷ niệm nhà vật liệu học người Anh : Rôbe Ôsten.

*Xêmentit (ký hiệu Xe, Fe_3C) : là pha xen kẽ với kiểu mạng phức tạp, chứa 6,67%C và có công thức Fe_3C , tương ứng với đường DFKL. Xêmentit là pha cứng, giòn, ở nhiệt độ nhỏ hơn 217°C có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất tính sắt từ. Cùng với ferit, nó tạo nên các tổ chức khác nhau của hợp kim Fe -C. Xêmentit xuất phát từ tên gọi cemen có nghĩa là cứng. Ta phân biệt ra bốn loại xêmentit :

+ *Xêmentit thứ nhất* : ($\text{Xe}_I, \text{Fe}_3\text{C}_I$) : được tạo thành từ hợp kim lỏng do giảm nồng độ các bon trong hợp kim lỏng theo đường DC khi nhiệt độ giảm. Nó chỉ có trong các hợp kim chứa $> 4,3\% \text{C}$. Do tạo thành từ trạng thái lỏng và ở nhiệt độ cao nên có dạng thảng, thô to.

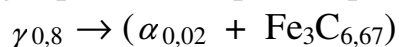
+ *Xêmentit thứ hai* : ($\text{Xe}_{II}, \text{Fe}_3\text{C}_{II}$) : được tạo thành do giảm nồng độ các bon trong austenit theo đường ES khi hạ nhiệt độ từ 1147°C đến 727°C , nó sinh ra trong các hợp kim có $> 0,80\% \text{C}$ và thấy rõ nhất trong các hợp kim chứa từ 0,80 đến 2,14%C. Do tạo thành ở nhiệt độ không cao lắm và từ trạng thái rắn nên kích thước nhỏ mịn, thường có dạng lưới bao quanh hạt peclit (austenit).

+ *Xêmentit thứ ba* : ($\text{Xe}_{III}, \text{Fe}_3\text{C}_{III}$) : được tạo thành khi giảm nồng độ các bon trong ferit theo đường PQ khi hạ nhiệt độ từ 727°C , thấy rõ nhất trong các hợp kim $< 0,02\% \text{C}$. Do tạo thành ở nhiệt độ rất thấp nên kích thước rất nhỏ mịn, số lượng không đáng kể, trong thực tế ta bỏ qua nó.

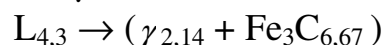
+ *Xêmentit cùng tích* : được tạo thành do chuyển biến cùng tích austenit thành péc lit, nó có vai trò rất quan trọng trong các hợp kim sắt các bon.

b-Các tổ chức hai pha :

*Peclít [ký hiệu P hay (F + Xê)] : là hỗn hợp cơ học cùng tích của phe rít và xêmentit được tạo ra từ chuyển biến cùng tích của austenit. Trong péc lít có 88% F và 12% Xê. Péc lít khá bền và cứng nhưng cũng đủ độ dẻo dai đáp ứng được các yêu cầu của vật liệu kết cấu và dụng cụ. Tùy thuộc hình dạng của xêmentit, péc lít được chia ra làm hai loại là péc lít tấm và péc lít hạt. Nếu xêmentit ở dạng tấm gọi là péc lít tấm, có độ cứng cao hơn, đây là dạng thường gặp trong thực tế. Nếu xêmentit ở dạng hạt gọi là péc lít hạt, độ cứng thấp hơn, dễ cắt gọt. Péc lít hạt ít gặp trong thực tế, chỉ nhận được khi ủ cầu hóa. Péc lít hạt có tính ổn định cao hơn péc lít tấm. Tên gọi péc lít xuất phát từ pearlit có nghĩa là vân hay màu xà cừ.



*Lêđêburit [Lê hay ($\gamma + \text{Xê}$), (P + Xê)] : là hỗn hợp cơ học cùng tích của austenit và xêmentit được tạo thành từ hợp kim lỏng chứa 4,3%C tại 1147°C . Khi làm nguội dưới 727°C thì do chuyển biến $\gamma \rightarrow \text{P}$ nên tổ chức của lêđêburit gồm (P + Xê).



Lêđêburit có dạng hình da báo rất cứng và giòn nên thường gọi là tổ chức da báo. Tên gọi lêđêburit là để kỷ niệm nhà luyện kim người Đức Lêđêbua.

4-Một số quy ước :

a-Thép và gang :

_ *Thép là hợp kim của sắt và các bon với hàm lượng các bon nhỏ hơn 2,14%. Ngoài ra còn có thêm một số nguyên tố khác : Mn, Si, P, S ...

*Gang là hợp kim của sắt và các bon với hàm lượng các bon lớn hơn 2,14%. Ngoài ra còn có thêm một số nguyên tố khác : Mn, Si, P, S...Gang có tổ chức tương ứng với giản đồ pha Fe-C gọi là gang trắng (mặt gãy của nó có màu sáng trắng, đó là màu của xêmentit). Gang trắng rất cứng và giòn, không thể gia công cắt gọt được.

Ranh giới để phân chia thép và gang là điểm E trên giản đồ pha Fe-C. Căn cứ vào hàm lượng các bon có trong gang và thép ta phân chia chúng thành nhiều loại khác nhau.

Thép được chia ra làm ba loại :

+Thép trước cùng tích : là loại thép có hàm lượng các bon nhỏ hơn 0,8%C, tổ chức cân bằng gồm phe rit và péc lit.

+Thép cùng tích : là loại thép có hàm lượng các bon bằng 0,8%C, tổ chức cân bằng là péc lit.

+Thép sau cùng tích : là loại thép có hàm lượng các bon lớn hơn 0,8%C, tổ chức cân bằng gồm péc lit và xêmentit thứ hai.

Gang trắng được chia ra làm ba loại :

+Gang trắng trước cùng tinh : là loại gang có hàm lượng các bon nhỏ hơn 4,3%C, tổ chức cân bằng gồm có peclit, xêmentit thứ hai và lêđêburit.

+Gang trắng cùng tinh : là loại gang có hàm lượng các bon bằng 4,3%C, tổ chức cân bằng là lêđêburit.

+Gang trắng sau cùng tinh : là loại gang có hàm lượng các bon lớn hơn 4,3%C, tổ chức cân bằng gồm xêmentit thứ nhất và lêđêburit.

b-Các điểm tới hạn :

Các nhiệt độ ứng với các chuyển biến pha ở trạng thái rắn trong hợp kim sắt các bon (chủ yếu dùng cho thép) gọi là các điểm tới hạn, chúng được ký hiệu bằng chữ A (viết tắt từ tiếng Pháp arêt có nghĩa là dừng vì khi có chuyển biến pha nhiệt độ bị dừng lại) kèm theo các số thứ tự 0, 1, 2, 3, 4 và *cm*. Gồm có các điểm tới hạn sau đây :

*A₀ - (217°C) là nhiệt độ chuyển biến từ của xêmentit, thấp hơn nhiệt độ này xêmentit có từ tính, cao hơn nhiệt độ này xementit mất tính sắt từ.

*A₁ - (727°C) ứng với đường PSK là nhiệt độ chuyển biến austenit ↔ peclit có trong tất cả các loại thép và gang.

*A₂ - (768°C) còn gọi là điểm Curi, ứng với đường MO, là điểm chuyển biến từ của phe rit, thấp hơn nhiệt độ này phe rit có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất tính sắt từ.

*A₃ - ứng với đường GS (911 ÷ 727°C) là đường bắt đầu tiết ra phe rit từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan phe rit vào austenit khi nung nóng, chỉ có trong thép trước cùng tích.

*A_{cm} - ứng với đường ES (1147°C ÷ 727°C) là đường bắt đầu tiết ra xêmentit từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan xêmentit vào austenit khi nung nóng.

*A₄ - ứng với đường NJ (1499 ÷ 1392°C) ứng với chuyển biến $\delta \leftrightarrow \gamma$

Trong tất cả các điểm tới hạn trên thì các điểm A₁, A₃ và A_{cm} được sử dụng nhiều nhất và chủ yếu khi nhiệt luyện thép. Tuy nhiên các giá trị về nhiệt độ nêu trên chỉ đúng trong

trạng thái cân bằng (nung nóng hay làm nguội vô cùng chậm, tốc độ nung $\rightarrow 0$). Trong thực tế tốc độ nung nóng hay làm nguội thường có giá trị xác định nên không phù hợp. Tương tự như hiện tượng quá nguội (khi kết tinh) hay quá nung (khi nóng chảy) các điểm tới hạn này cũng thấp hơn hay cao hơn khi làm nguội hay nung nóng, sự khác biệt này càng lớn khi tốc độ càng cao. Để phân biệt cùng một điểm tới hạn cho hai trường hợp khi làm nguội và nung nóng ta thêm vào chữ r (refroidissement) khi làm nguội và c (chauffage) khi nung nóng. Với một loại thép nhất định bao giờ ta cũng có :

$A_{r1} < A_1 < A_{c1}$ và $A_{r3} < A_3 < A_{c3}$ các giá trị A tính theo giản đồ pha, A_r phụ thuộc vào tốc độ nguội, A_c phụ thuộc tốc độ nung.

-Tính gần đúng hàm lượng các bon của thép trước cùng tích qua tổ chức cân bằng :

Đối với thép trước cùng tích trong một vài trường hợp cần thiết ta có thể tính gần đúng lượng các bon có trong thép qua tổ chức cân bằng của nó. Ví dụ : trong tổ chức tế vi của một loại thép ta thấy phần tối (péclit) chiếm 3/4 diện tích, còn phần sáng (phe rit) chiếm 1/4 thì lượng các bon trong đó tính như sau :

*Lượng các bon có trong phe rit : $25\% \times 0,006\% = 0,015\% \approx 0\%$

*Lượng các bon có trong peclit : $75\% \times 0,80\% = 0,60\%C$

Vậy lượng các bon có trong thép này gần đúng bằng 0,60%C

CHƯƠNG 3 : KẾT TINH VÀ KHUẾCH TÁN TRONG VẬT LIỆU

3.1. QUÁ TRÌNH KẾT TINH TỪ TRẠNG THÁI LỎNG :

Phần lớn các kim loại được luyện bằng phương pháp nấu chảy lỏng sau đó đem đúc thành hình sản phẩm hay bán thành phẩm. Chất lượng của vật đúc phụ thuộc phần lớn vào quá trình chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn, đó là quá trình kết tinh .

Định nghĩa : kết tinh là quá trình hình thành mạng tinh thể từ trạng thái lỏng và thường gọi là kết tinh lần thứ nhất .

3.1.1. Điều kiện năng lượng của quá trình kết tinh :

Trong tự nhiên mọi quá trình tự phát đều xảy ra theo chiều giảm năng lượng, tức là theo chiều ở trạng thái mới có năng lượng dự trữ nhỏ hơn. Ví dụ : một hòn bi đặt tại vị trí A luôn có xu hướng lăn xuống vị trí B ổn định hơn . Trong trường hợp này năng lượng dự trữ chính là thế năng của hòn bi.

Trong hệ thống vật chất gồm chuyển động của các chất điểm (nguyên tử, phân tử) thì năng lượng dự trữ được đặc trưng bằng năng lượng tự do F.

$$F = U - TS$$

Trong đó : -U là nội năng của hệ thống

-S là entropi

-T là nhiệt độ tuyệt đối $^{\circ}K$

Năng lượng tự do thay đổi theo nhiệt độ và các yếu tố khác. Từ biểu đồ về mối quan hệ giữa năng lượng tự do và nhiệt độ ta thấy :

-Với $T > T_s$ ta có $F_r > F_l$ do đó kim loại tồn tại ở trạng thái lỏng

-Với $T < T_s$ ta có $F_r < F_l$, do đó kim loại tồn tại ở trạng thái rắn.

Như vậy khi làm nguội kim loại lỏng xuống dưới nhiệt độ T_s sẽ có quá trình kết tinh xảy ra. Tại nhiệt độ T_s ta có $F_r = F_l$, năng lượng tự do của hai trạng thái bằng nhau, quá trình kết tinh chưa xảy ra, nghĩa là giữa kim loại rắn và kim loại lỏng có cân bằng động. Điều đó có nghĩa là: nếu có một lượng kim loại lỏng kết tinh thì cũng có một lượng như vậy kim loại rắn nóng chảy. Chỉ ở nhiệt độ $T < T_s$, $F_r < F_l$ rõ rệt sự kết tinh mới xảy ra. T_s được gọi là nhiệt độ kết tinh lý thuyết.

Như vậy nhiệt độ kết tinh thực tế luôn thấp hơn T_s hiện tượng này gọi là sự quá nguội và hiệu số giữa hai nhiệt độ đó gọi là độ quá nguội, ký hiệu ΔT . Phần lớn các kim loại kết tinh với độ quá nguội ΔT nhỏ, khoảng từ 2-5 $^{\circ}\text{C}$. Tuy nhiên cũng có kim loại kết tinh với độ quá nguội lớn (Stibi có $\Delta T = 41^{\circ}\text{C}$).

Vậy điều kiện năng lượng để xảy kết tinh là phải làm nguội kim loại lỏng tới nhiệt độ thấp hơn T_s hay kim loại lỏng chỉ kết tinh với sự quá nguội nhất định. Ta cũng có thể lý luận tương tự như vậy với quá trình nóng chảy và chuyển biến thù hình. Do độ quá nguội và độ quá nung của phần lớn kim loại bé nên có thể dựa vào T_s để xác định nhiệt độ nóng chảy hay kết tinh của kim loại.

3.1.2. Hai quá trình của sự kết tinh :

Khi hạ nhiệt độ kim loại lỏng xuống thấp hơn nhiệt độ kết tinh lý thuyết T_s , quá trình kết tinh sẽ xảy ra. Sự kết tinh thực hiện được là nhờ có hai quá trình sau :

- Trong kim loại lỏng xuất hiện những trung tâm kết tinh có kích thước rất nhỏ, gọi là mầm kết tinh. Quá trình này gọi là tạo mầm.

- Các mầm này sẽ phát triển lên và tạo thành hạt tinh thể. Quá trình này gọi là phát triển mầm.

1- Quá trình tạo mầm (trung tâm kết tinh) :

Tạo mầm là quá trình tạo nên các phần tử rắn có cấu tạo tinh thể, có kích thước rất nhỏ trong lòng khối kim loại lỏng, chủ yếu là những mầm mỏng đầu tiên để phát triển lên thành hạt tinh thể.

Theo đặc tính phát sinh mầm được chia làm hai loại : mầm tự sinh (đồng pha) và mầm không tự sinh (ký sinh)

a-Mầm tự sinh (mầm đồng pha) : Là mầm sinh ra trực tiếp từ kim loại lỏng không cần sự giúp đỡ của bề mặt các hạt rắn có sẵn trong đó.

Tại nhiệt độ thấp hơn T_s các nhóm nguyên tử sắp xếp có trật tự trong kim loại lỏng có kích thước lớn hơn một giá trị xác định ứng với mỗi nhiệt độ sẽ cố định lại, không tan đi nữa và có điều kiện phát triển lên thành hạt tinh thể.

Ta xét điều kiện năng lượng của sự tạo mầm này. Giả sử rằng tại nhiệt độ nào đó nhỏ hơn T_s trong kim loại lỏng xuất hiện n nhóm nguyên tử sắp xếp trật tự có thể tích v . Tại nhiệt độ này ta có $F_r < F_l$. Gọi $\Delta F_v = F_l - F_r$, là hiệu số năng lượng tự do giữa kim loại lỏng và kim loại rắn tính cho một đơn vị thể tích kim loại lỏng thì $\Delta F_v < 0$ khi $T < T_s$. Khi tạo ra n nhóm nguyên tử trật tự nói trên thì năng lượng của hệ thống giảm đi một lượng là $n v \Delta F_v$. Nhưng do tạo nên bề mặt tiếp xúc giữa rắn và lỏng nên năng lượng tự do sẽ tăng thêm một lượng là $n \sigma s$. Trong đó : s là diện tích tiếp xúc giữa nhóm nguyên tử với kim loại lỏng, còn σ là sức căng bề mặt trên một đơn vị diện tích. Khi tạo ra n nhóm nguyên tử sắp xếp có trật tự trên thì năng lượng cả hệ thống biến đổi một lượng là:

$$\Delta F = -nv \Delta F_v + ns\sigma$$

Coi các nhóm nguyên tử trật tự có dạng hình cầu bán kính r , ta có:

$$\Delta F = -\frac{4}{3}\pi r^3 n \Delta F_v + 4\pi r^2 n \sigma \quad (1)$$

Ở nhiệt độ nhất định nhỏ hơn T_s thì ΔF_v và σ là hằng số nên $\Delta F = f(r)$. Bằng thực nghiệm người ta đã vẽ được đồ thị về sự phụ thuộc giữa năng lượng tự do và bán kính r của nhóm nguyên tử trật tự. Từ đồ thị đó ta nhận thấy :

-Nếu nhóm nguyên tử trật tự có $r_1 < r_{th}$ thì khi nó phát triển lên làm cho năng lượng của hệ thống tăng lên, không phù hợp với tự nhiên nên sẽ tan đi.

-Nếu nhóm nguyên tử trật tự có $r_2 > r_{th}$ khi phát triển lên làm giảm năng lượng của hệ thống và nó trở thành mầm thật sự.

Kết luận : tại một nhiệt độ nhất định nhỏ hơn T_s trong kim loại lỏng có vô số nhóm nguyên tử sắp xếp trật tự có kích thước khác nhau. Chỉ những nhóm nào có kích thước lớn hơn một giá trị tới hạn nào đó mới trở thành mầm thật sự, còn những nhóm khác tan đi.

Ta có thể tính bán kính tới hạn như sau : tìm giá trị cực đại của biểu thức (1) và tính được $r_{th} = \frac{2\sigma}{\Delta F_v}$ (2), giá trị $r = 0$ không có ý nghĩa. Khi nhiệt độ kết tinh càng thấp (ΔF_v lớn) thì r_{th}

càng nhỏ và càng có nhiều nhóm nguyên tử trật tự có kích thước lớn hơn r_{th} để trở thành mầm. Do đó sự kết tinh xảy ra dễ dàng hơn. Tại $T = T_s$ ta có $r_{th} = \infty$, quá trình sinh mầm không xảy ra .

b-Mầm không tự sinh (ký sinh) :

Là mầm kết tinh được tạo nên trên bề mặt của các hạt rắn có sẵn trong kim loại lỏng.

Trong kim loại lỏng không thể nguyên chất tuyệt đối được, nên bao giờ cũng còn tạp chất. Đó là các chất lẫn lộn không tan như : bụi than, bụi tường lò, các ôxyt, nitrit... Chúng giúp cho quá trình sinh mầm trên bề mặt của chúng xảy ra dễ dàng hơn. Vai trò của mầm không tự sinh rất quan trọng trong thực tế và do vậy quá trình kết tinh xảy ra rất nhanh chóng. Mầm tự sinh bao gồm :

-Các phần tử vật lẫn lộn không tan rất nhỏ như ôxyt, bụi tường lò, nitrit, hydrit... có kiểu mạng và kích thước không sai khác nhiều với kim loại kết tinh.

-Các hạt rất nhỏ có khả năng hấp thụ trên bề mặt của chúng những nguyên tử kim loại kết tinh.

-Thành khuôn đúc, đặc biệt là các vết nứt và chỗ lồi lõm trên thành khuôn.

2-Quá trình phát triển mầm :

Sau khi các mầm được tạo ra chúng sẽ tiếp tục phát triển lên thành hạt tinh thể. Quá trình này làm cho năng lượng tự do của hệ giảm đi phù hợp với tự nhiên (là quá trình tự phát). Ta có thể minh họa quá trình này bằng cơ cấu mầm hai chiều (Cosen) và cơ cấu mầm kết tinh có lệch xoắn.

3.1.3.Các yếu tố ảnh hưởng đến kích thước hạt, các phương pháp làm nhỏ hạt

Sau khi đúc hạt kim loại khá lớn, nhiều trường hợp có thể nhìn thấy bằng mắt thường. Trong kỹ thuật đúc luôn có xu hướng làm nhỏ hạt kim loại vì hạt nhỏ có cơ tính tốt hơn và ít giòn hơn. Trong một số trường hợp do yêu cầu của kỹ thuật ta mới làm cho hạt lớn khi đúc.

a-Các yếu tố ảnh hưởng đến độ lớn hạt :

Trong thực tế có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ lớn của hạt kim loại nhưng ảnh hưởng mạnh nhất là độ quá nguội ΔT . Để đánh giá ảnh hưởng của độ quá nguội đến độ lớn hạt ta sử dụng hai đại lượng sau :

- Tốc độ sinh mầm : là số lượng tâm mầm sinh ra trong một đơn vị thể tích và trong một đơn vị thời gian, ký hiệu n , đơn vị $1/\text{mm}^3 \cdot \text{s}$.

- Tốc độ phát triển mầm : là tốc độ phát triển về kích thước dài của tâm mầm trong một đơn vị thời gian, ký hiệu v , đơn vị mm/s .

Tốc độ sinh mầm càng lớn thì kích thước hạt càng nhỏ và tốc độ phát triển mầm càng tăng thì kích thước hạt càng lớn. Bằng thực nghiệm, người ta đã tính được kích thước hạt A theo hai đại lượng trên như sau :

$$A = a \sqrt{\frac{v}{n}} \text{ với } a \text{ là hệ số thực nghiệm.}$$

Từ đó ta thấy rằng : nguyên lý chung để tạo hạt nhỏ là tăng tốc độ sinh mầm và hạn chế tốc độ phát triển mầm.

b-Các phương pháp làm nhỏ hạt :

Trong thực tế người ta thường sử dụng các phương pháp làm nhỏ hạt sau đây :

- Tăng độ quá nguội khi kết tinh : Độ quá nguội phụ thuộc vào tốc độ nguội, tốc độ nguội càng lớn thì độ quá nguội càng tăng. Để tăng tốc độ nguội người ta dùng khuôn kim loại có tính dẫn nhiệt cao thay cho khuôn cát. Với các vật đúc lớn ta còn dùng nước lạnh làm nguội ngoài thành khuôn kim loại.

- Phương pháp biến tính :

* Tăng số lượng tâm mầm không tự sinh : người ta cố ý cho vào kim loại lỏng các chất đặc biệt để giúp cho sự tạo mầm không tự sinh. Ví dụ trước khi rót thép người ta cho một lượng nhỏ nhôm vào thùng thép lỏng (20g/tấn thép lỏng). Nhôm sẽ kết hợp với ô xy, ni tơ hòa tan trong thép tạo ra các phân tử Al_2O_3 , AlN rất nhỏ mịn, lơ lửng phân tán đều trong thép lỏng. Đây là những mầm không tự sinh làm cho hạt thép nhỏ hơn.

* Hạn chế tốc độ phát triển mầm : người ta cho vào kim loại lỏng một chất đặc biệt, nó hòa tan và hấp phụ vào bề mặt mầm hạn chế sự phát triển dài của mầm. Ví dụ : khi đúc hợp kim nhôm -si lic người ta cho vào một hỗn hợp muối natri (NaCl , NaF), chúng hòa tan vào và hạn chế sự phát triển của tinh thể si lic. Do vậy làm cho hạt nhỏ.

* Ngoài ra còn chất biến tính có tác dụng làm thay đổi hình dáng hạt (tạo graphít cầu trong gang) cải thiện rất mạnh cơ tính của vật liệu.

Cần chú ý là phải tiến hành biến tính đúng lúc, chất biến tính chỉ cho vào kim loại lỏng vài phút trước khi rót khuôn. Nếu quá sớm thì kim loại chưa kịp kết tinh sẽ nổi lên và đi vào xỉ. Nếu quá muộn thì không kịp phản ứng.

3.2.KHUẾCH TÁN TRONG VẬT LIỆU

3.2.1.Các định luật khuếch tán cơ bản :

Khuếch tán là sự chuyển chỗ ngẫu nhiên của các nguyên tử (ion, phân tử) do dao động nhiệt. Khuếch tán của nguyên tử A trong nền của chính loại nguyên tử đó (A) gọi là tự khuếch tán

Khuếch tán của nguyên tử khác loại B với nồng độ nhỏ trong nền A gọi là khuếch tán khác loại. Điều kiện để có khuếch tán khác loại là B phải hòa tan trong A .

Khuếch tán của cả A và B trong nền A hoặc B gọi là khuếch tán tương hỗ. Trong khuếch tán khác loại và khuếch tán tương hỗ luôn có dòng nguyên tử theo chiều giảm nồng độ.

Khuếch tán có vai trò quan trọng trong nhiều quá trình công nghệ chế tạo vật liệu như kết tinh, thiêu kết, tạo lớp bán dẫn p-n, trong xử lý nhiệt, quá trình ô xy hoá, đảo...

1-Định luật Fick I và hệ số khuếch tán :

Định luật Fick 1 biểu diễn mối quan hệ giữa dòng nguyên tử khuếch tán J qua một đơn vị bề mặt vuông góc với phương khuếch tán và gradien nồng độ dc/dx :

$$J = - D \frac{dc}{dx} = - D \cdot \text{grad } c \quad (3.1)$$

Trong đó dấu trừ chỉ dòng khuếch tán theo chiều giảm nồng độ.

D - là hệ số khuếch tán, thường đo bằng cm^2/s . Trong nhiều trường hợp D phụ thuộc nhiệt độ theo quy luật :

$$D = D_0 \exp(-Q/RT) \quad (3.2)$$

Với D_0 - là hằng số, cm^2/s

Q - hoạt năng khuếch tán kcal/mol

T - nhiệt độ khuếch tán, °K

R - hằng số khí, $R = 1,98 \text{ cal/mol}$

Từ những trị số D_0 và Q có thể xác định hệ số khuếch tán D ở nhiệt độ bất kỳ và đặc điểm của quá trình khuếch tán (cơ chế khuếch tán)

2-Định luật Fick 2 :

Nếu nồng độ C không những là hàm của x mà còn phụ thuộc vào thời gian t thì dễ thuận tiện người ta sử dụng định luật Fick 2. Trong trường hợp hệ số khuếch tán không phụ thuộc nồng độ, biểu thức của định luật Fick 2 như sau :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = D \cdot \nabla^2 C \quad (3.3)$$

Nghiệm của phương trình (3.3) trong trường hợp khuếch tán một chất có nồng độ C_s trên bề mặt vào bên trong mẫu với nồng độ ban đầu C_0 ($C_s > C_0$) có dạng :

$$C(x,t) = C_s - (C_s - C_0) \text{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad (3.4)$$

Trong đó erf(L) - là hàm sai của đại lượng L được tính sẵn trong các sổ tay toán học. Từ biểu thức (3.4) ta thấy rằng $C(x,t)$ tỷ lệ với $(x/2\sqrt{Dt})$ nếu C_s và C_0 là hằng số, có nghĩa là chiều sâu x của lớp khuếch tán với nồng độ C nào đó tỷ lệ thuận với \sqrt{Dt} .

3.2.2.Cơ chế khuếch tán :

Cơ chế khuếch tán giải thích trị số D_0 và Q, tìm hiểu bản chất của những quá trình dịch chuyển nguyên tử (ion, phân tử) trong những vật liệu khác nhau.

1-Trong dung dịch rắn thay thế :

Trong vật liệu này, các nguyên tử khuếch tán theo cơ chế nút trống, tức là nguyên tử dịch chuyển đến nút trống bên cạnh. Để thực hiện được bước dịch chuyển như vậy, cần phải có hai điều kiện :

-Nguyên tử có hoạt năng G_m^v đủ để phá vỡ liên kết với những nguyên tử bên cạnh, nơi rộng khoảng cách hai nguyên tử ở giữa nút trống và nguyên tử dịch chuyển (nguyên tử 1 và 2 hình 3.2a.). Số lượng những nguyên tử có hoạt năng như vậy tỷ lệ với $\exp(-\Delta G_m^v/kT)$.

-Có nút trống nằm cạnh nguyên tử : nồng độ nút trống tỷ lệ với $\exp(-\Delta G_f^v/kT)$, trong đó ΔG_f^v là năng lượng tạo nút trống, có nghĩa là năng lượng cần để tách nguyên tử khỏi nút mạng trong mạng hoàn chỉnh, năng lượng này tỷ lệ với nhiệt hoá hơi.

Như vậy khả năng khuếch tán phụ thuộc vào xác suất của hai quá trình trên và hệ số khuếch tán có thể viết dưới dạng :

$$D = \text{const.} \exp(-\Delta G_f^v/kT) \cdot \exp(-\Delta G_m^v/kT) \quad (3.5)$$

Nếu kể đến mối quan hệ $G = H - TS$ (với H là entanpi, S là entropi) và biểu thức (3.2) của D, ta xác định được Q và D_0 như sau :

$$Q = \Delta H_m^v + \Delta H_f^v \quad (3.6)$$

$$D_0 = \text{const} \cdot \exp[(\Delta S_f^v + \Delta S_m^v)/k] \quad (3.7)$$

Bằng cách so sánh Q và tổng $\Delta H_m^v + [(\Delta S_f^v + \Delta S_m^v)/k]$ có thể dự đoán sự có mặt của cơ chế nút trống trong vật liệu cụ thể. Trong nhiều kim loại $\Delta H_m^v + \Delta H_f^v = 1-3\text{eV/nguyên tử}$ và $(\Delta S_f^v + \Delta S_m^v)/k = 2$, do đó $D_0 = 0,1-10\text{cm}^2/\text{s}$.

Hoạt năng khuếch tán Q liên quan đến năng lượng tách và dịch chuyển nguyên tử khỏi nút mạng, do đó ta có :

$$Q \sim L_{nc} \sim T_{nc} \quad (3.8)$$

Như vậy tại nhiệt độ đã cho, vật liệu có T_{nc} càng lớn thì Q càng lớn và D càng nhỏ

2-Trong dung dịch rắn xen kẽ :

Trong dung dịch rắn xen kẽ, các nguyên tử hoà tan thường có đường kính nhỏ (H, ON, C...) có thể chuyển từ vị trí lỗ hổng này (giữa các nút mạng) sang các lỗ hổng khác. Đây là hiện tượng khuếch tán theo cơ chế giữa các nút mạng. Để chuyển đến lỗ hổng bên cạnh, nguyên tử xen kẽ phải vượt được thế năng ΔG_m^i (hình 3.2b). Bên cạnh các nguyên tử xen kẽ luôn luôn có lỗ hổng và lượng các lỗ hổng trong mạng là xác định và nhiều hơn nguyên tử xen kẽ nên "nồng độ" lỗ hổng không ảnh hưởng đến hệ số khuếch tán. Trong trường hợp này ta có :

$$D = \text{const.} \exp(\Delta S_m^i/k) \cdot \exp(-\Delta H_m^i/kT) \quad (3.9)$$

$$\text{Do đó } Q = \Delta H_m^i \quad (3.10)$$

$$D_0 = \text{const.} \exp(\Delta S_m^i/k) \quad (3.11)$$

Q và D_0 nói chung có giá trị nhỏ hơn so với cơ chế nút trống. Q phụ thuộc chủ yếu vào kích thước nguyên tử xen kẽ (nguyên tử càng nhỏ thì D càng lớn) và mật độ xếp chặt của kim loại nền.

3-Trong các tinh thể liên kết ion và liên kết đồng hoá trị :

trong tinh thể của hợp chất ion (ví dụ NaCl) nếu khuyết tật Schottky (nút trống) là đáng kể thì khuếch tán theo cơ chế nút trống. Trong đó cation Na^+ khuếch tán nhanh hơn anion (Cl^-) vì cation có kích thước nhỏ hơn. Nếu nồng độ nút trống đủ lớn thì các nút trống sẽ tạo cặp (nút trống kép) để giảm năng lượng của hệ, khi đó entanpi dịch chuyển có giá trị nhỏ dẫn đến D lớn và không có sự khác nhau đáng kể giữa D của cation và anion. Tương tự như biểu thức (3.8) ta có mối quan hệ hoạt năng khuếch tán trong tinh thể ion như sau :

$$(Q_{\text{cation}} + Q_{\text{anion}}) \sim L_{nc} \sim T_{nc}$$

Trong tinh thể ion khi nồng độ khuyết tật Frenkel (nút trống và cation xen kẽ) là đáng kể (ví dụ AgBr) cation xen kẽ (Ag^+) khuếch tán theo cơ chế giữa nút mạng không trực tiếp (cơ chế đuôi) : nguyên tử xen kẽ đuôi nguyên tử cạnh nó từ vị trí nút trống nút mạng đến lỗ hổng. Entanpi chuyển chỗ như vậy nhỏ hơn entanpi chuyển chỗ của nút trống.

Trong các tinh thể có liên kết đồng hoá trị (ví dụ SiO_2 , Si, Ge) quá trình khuếch tán của các nguyên tử thành phần (ví dụ của Si và O trong SiO_2) và những nguyên tử thay thế (Ag trong mạng SiO_2) là rất chậm (khoảng $10^{-11} \text{ cm}^2/\text{sở}$ gần nhiệt độ nóng chảy) vì nó phải phá vỡ phá vỡ liên kết rất bền trong mạng và khuếch tán theo cơ chế nút trống.

4-Trong vật liệu kim loại vô định hình :

Trong vật liệu vô định hình không có sự khác nhau đáng kể giữa nút trống và lỗ hổng cũng như không có tính chu kỳ của vị trí nguyên tử. Nồng độ khuyết tật rất lớn và kém ổn định, do đó chúng dễ kết hợp với nhau hoặc với nguyên tử hoà tan. Trong vật liệu này có thể tồn tại các cơ chế khuếch tán sau :

-Các loại nguyên tử kích thước nhỏ ($\text{H}, \text{O} \dots$) khuếch tán theo cơ chế giữa các nút mạng, Q có giá trị nhỏ ($0,25 - 0,5 \text{ eV/nguyên tử}$). Khi đường kính nguyên tử và khối lượng nguyên tử càng nhỏ thì hệ số khuếch tán D càng lớn.

-Một số nguyên tử Au, Pt, Pb...và các hợp phức của chúng khuếch tán theo cơ chế giữa nút mạng trong những lỗ hổng lớn (khoảng 0,7 đường kính nguyên tử), Q phụ thuộc vào năng lượng liên kết của những hợp phức đó và có trị số 1-3 eV/nguyên tử.

5-Trong vật liệu polyme :

Trong polyme ở trạng thái rắn hầu như không có khuếch tán vì phải giữ cố định góc định vị ít ra với hai polyme bên cạnh. Tuy nhiên một mạch polyme có thể chuyển động cùng với những mạch cấu trúc bên cạnh. Hiện tượng này gọi là khuếch tán liên kết, chỉ xảy ra ở gần nhiệt độ chảy.

Những phân tử nhỏ như H_2 , O_2 , $\text{H}_2\text{O} \dots$ có thể chuyển dịch trong polyme ở trạng thái rắn. Những phân tử nhỏ này chiếm vị trí giữa các phân tử. Nếu mạch phân tử có vị chuyển động ngẫu nhiên (thay đổi hình dáng phân tử) thì những phân tử nhỏ phía ngoài có thể đổi chỗ với những nhánh polyme đó.

3.2.3.Các ứng dụng của khuếch tán :

1-Trong kỹ thuật đúc :

Trong quá trình đúc người ta thay đổi tốc độ nguội để điều chỉnh quá trình kết tinh của vật liệu. Tùy từng trường hợp cụ thể ta có thể giảm tốc độ nguội để tăng quá trình khuếch tán hay tăng tốc độ nguội để giảm quá trình khuếch tán... để tạo ra tổ chức và tính chất theo yêu cầu. Ví dụ :

-Khi nấu chảy kim loại : để có thành phần đồng đều, khử được tạp chất có hại nằm lơ lửng trong kim loại lỏng, cần thúc đẩy quá trình khuếch tán bằng cách khuấy trộn, tăng nhiệt độ...Để chống bay hơi và hoà tan khí vào kim loại lỏng ta dùng lớp xỉ che phủ bề mặt.

-Khi đúc gang cần làm nguội chậm để có thời gian cho quá trình graphít hoá xảy ra, tránh tạo thành xêmentít.

2-ủ đồng đều hoá thành phần :

Trong vật đúc thường gặp thiên tích nhánh cây nhất là trong các hợp kim có khoảng nhiệt độ kết tinh lớn nồng độ các nguyên tố hợp kim và tạp chất phân bố không đều. Vì vậy sau khi đúc xong phải tiến hành ủ đồng đều thành phần vật đúc. Nếu ta coi phân bố nồng độ có dạng hình sin với chu kỳ bằng khoảng cách giữa các nhánh cây thì để đạt được hiệu quả ủ f (được tính bằng độ giảm biên độ nồng độ) như sau :

$$f = [c_m(t) - c_o] / [c_m(0) - c_o] \quad (3.12)$$

Thời gian ủ t có thể xác định theo biểu thức nhận được từ nghiệm của phương trình định luật Fick 2 :

$$t = \frac{l^2}{4\pi^2 D} \cdot \ln f \quad (3.13)$$

Với l - là khoảng cách giữa hai cực đại (hình 3.3)

Để đạt được cùng một kiểu quả ủ, thời gian ủ càng giảm, nếu D càng lớn (nghĩa là nhiệt độ ủ càng cao) và khoảng cách giữa các nhánh cây càng nhỏ

3-Tạo lớp thấm bề mặt :

Để tạo lớp thấm cho bề mặt chi tiết ta tiến hành giữ nhiệt lâu trong môi trường chứa các nguyên tử của nguyên tố cần đưa vào (C, N, Si, Al, Cr...), do đó làm thay đổi thành phần hoá học của lớp bề mặt. Trong ba quá trình nối tiếp nhau xảy ra khi thấm (tạo nguyên tử hoạt, hấp phụ trên bề mặt chi tiết và khuếch tán vào bên trong) thì quá trình khuếch tán là chậm nhất. Do vậy khuếch tán không chế động học tạo lớp thấm bề mặt.

Tổ chức của lớp thấm phụ thuộc vào giản đồ pha của nguyên tố nền (A) và nguyên tố cần thấm (B). Ví dụ khi thấm các bon vào thép theo giản đồ pha Fe - C ta nhận được tổ chức austenit với mức độ bão hoà các bon khác nhau tùy theo nhiệt độ thấm. Sau khi làm nguội ta nhận được các tổ chức có lượng xêmentit khác nhau.

4-Trong quá trình thiêu kết :

Trong công nghệ luyện kim bột, sản phẩm sau khi tạo hình xong được nung đến nhiệt độ cao để tạo liên kết giữa các phần tử vật liệu. Quá trình khuếch tán xảy ra ngay bên trong hạt, trên bề mặt hạt hay giữa các hạt. Không chế được lỗ xốp (số lượng, hình dáng thể tích...) ta sẽ nhận được các tính chất theo ý muốn. Độ co ngót tương đối của chi tiết ($\Delta l/l_0$) là một trong các chỉ tiêu quan trọng, có thể ước tính theo biểu thức sau :

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \text{const} \left(\frac{D\sigma t}{r^3 T} \right)^{2/5} \quad (3.14)$$

Trong đó : -r : bán kính hạt

-σ : năng lượng bề mặt

-T và t : nhiệt độ và thời gian thiêu kết

5-Pha tạp bán dẫn và thuỷ tinh :

Trong bán dẫn, tất cả các quá trình chế tạo và đều liên quan đến quá trình khuếch tán. Ví dụ pha tạp P, Sb, B... vào Si và Ge để tạo lớp bán dẫn p-n. Để tăng những chỉ tiêu của bán dẫn (chủ yếu là độ dẫn điện), người ta thấm bo thể khí vào silic.

Pha tạp thuỷ tinh bằng cách khuếch tán những ion có kích thước lớn như K, Rb, Cs... vào bề mặt để cải thiện tính chất của thuỷ tinh như : hệ số giãn nở nhiệt, khả năng chịu va đập nhiệt...

3.3.CHUYỂN BIẾN PHA Ở TRẠNG THÁI RẮN TRONG HỢP KIM Fe - C

Khi tiến hành nhiệt luyện ta phải nung nóng và làm nguội thép có thành phần hóa học xác định. Trong phần này ta sẽ khảo sát xem sau khi nung nóng lên các nhiệt độ khác nhau sẽ xảy ra các chuyển biến pha nào và làm nguội tiếp theo với tốc độ khác nhau tổ chức mới nhận được sẽ biến thành tổ chức gì từ đó sẽ biết được sự thay đổi cơ tính tương ứng. Ta sẽ xem xét từng quá trình một và khảo sát cho loại thép đơn giản nhất là thép các bon cùng tích, chứa 0,80%C.

3.3.1.Các chuyển biến xảy ra khi nung nóng thép :

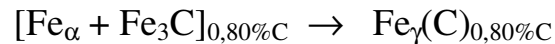
1-Cơ sở xác định chuyển biến khi nung nóng :

Cơ sở để xác định chuyển biến xảy ra khi nung nóng là giản đồ pha Fe - C. Tùy theo thành phần các bon và nhiệt độ nung nóng, trong thép sẽ xảy ra các chuyển biến khác nhau. Trong tất cả các loại thép ở nhiệt độ thường đều có tổ chức péc lit. Thép trước và sau cùng tích thì ngoài péc lit ra còn có phe rit và xêmentit thứ hai.

a-Thép cùng tích :

-Khi nung nóng thấp hơn Ac_1 ($< 727^\circ C$) trong thép chưa có chuyển biến gì.

-Khi nhiệt độ nung nóng đạt đến Ac_1 ($> 727^\circ C$) sẽ có chuyển biến của tổ chức péc lit thành austenit theo phản ứng sau :



Khi nung nóng cao hơn Ac_1 một ít ta được tổ chức austenit đồng nhất.

b-Thép trước cùng tích :

-Khi nung nóng đến Ac_1 sẽ có chuyển biến péc lit thành austenit giống như trên.

-Khi nung từ nhiệt độ Ac_1 đến Ac_3 sẽ có quá trình hòa tan của phe rit vào austenit.

-Khi nung cao hơn Ac_3 ta được tổ chức austenit đồng nhất.

c-Thép sau cùng tích :

-Khi nung nóng đến Ac_1 có chuyển biến péc lit thành austenit.

-Khi nung từ nhiệt độ Ac_1 đến Ac_{cm} sẽ có quá trình hòa tan của xêmentit hai vào austenit.

-Nhiệt độ nung cao hơn Ac_{cm} ta được tổ chức austenit đồng nhất.

Từ đó ta thấy rằng khi nung nóng cao hơn đường GSE của giản đồ pha Fe -C trong các thép đều nhận được dung dịch rắn austenit, tuy nhiên thành phần các bon của nó phụ thuộc vào thành phần các bon của thép.

2.Đặc điểm của chuyển biến péc lit thành austenit :

a-Nhiệt độ chuyển biến :

Trên giản đồ pha Fe - C nhiệt độ chuyển biến péc lit thành austenit là $727^\circ C$, điều này chỉ đúng khi nung nóng vô cùng chậm. Trong thực tế khi nhiệt luyện tốc độ nung nóng tương đối lớn, do đó nhiệt độ chuyển biến sẽ luôn cao hơn $727^\circ C$. Tốc độ nung càng cao thì nhiệt độ chuyển biến sẽ càng cao.

Khảo sát giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt péc lit thành austenit của thép cùng tích ta thấy khi nhiệt độ nung càng cao thời gian của chuyển biến càng ngắn.

Trong thực tế nhiệt luyện thép ta thường dùng cách nung nóng liên tục, khi nung với tốc độ V_1 nhiệt độ bắt đầu chuyển biến là a_1 và kết thúc chuyển biến là b_1 . Nếu nung nóng với tốc độ $V_2 > V_1$ thì nhiệt độ bắt đầu và kết thúc chuyển biến sẽ là a_2 và b_2 , các nhiệt độ này cao hơn a_1, b_1 , thời gian chuyển biến cũng ngắn đi. Trong thực tế để hoàn thành chuyển biến khi theo quy định ta phải nung nóng cao hơn nhiệt độ tới hạn tương ứng từ $20-30^\circ C$, có khi hàng trăm độ C.

Kết luận : Tốc độ nung nóng càng cao chuyển biến péc lit thành austenit xảy ra ở nhiệt độ càng cao và trong thời gian càng ngắn.

b-Kích thước hạt austenit :

Trong thực tế không sử dụng thép ở trạng thái tổ chức austenit, nhưng kích thước của nó quyết định rất lớn kích thước hạt thép ở nhiệt độ thường.

Chuyển biến peclit thành austenit là một quá trình kết tinh và khuếch tán. Mầm austenit được tạo ra giữa biên giới hạt phe rit và xêmentit của tổ chức peclit. Biên giới hạt của hai pha này rất lớn nên số mầm kết tinh sinh ra rất nhiều. Vì vậy hạt austenit mới sinh bao giờ cũng rất nhỏ mịn. Do đó chuyển biến peclit thành austenit bao giờ cũng làm nhỏ hạt thép. Hạt austenit sẽ càng nhỏ mịn nếu kích thước của pha xêmentit càng càng nhỏ và tốc độ nung càng lớn. Sau khi tạo thành xong sẽ có quá trình khuếch tán của nguyên tử các bon từ nơi giàu (vị trí xêmentit) sang nơi nghèo (vị trí phe rit) để làm đồng đều thành phần austenit.

Như vậy ta thấy rằng hạt austenit mới sinh ra rất nhỏ mịn nhưng nếu tiếp tục nung nóng hay giữ nhiệt chúng sẽ lớn lên ngay. Tùy theo đặc tính phát triển của hạt austenit khi nung nóng, thép được chia ra làm hai loại : thép bản chất (còn gọi là di truyền) hạt nhỏ và bản chất hạt lớn.

Thép bản chất hạt lớn là loại thép có hạt austenit phát triển nhanh và đều đặn ở mọi nhiệt độ, tức là sau khi hình thành xong nếu tiếp tục nung nóng hạt sẽ phát triển lên ngay. Do vậy làm cho khi làm nguội hạt thép to và có tính giòn cao.

Thép bản chất hạt nhỏ có hạt austenit lúc ban đầu phát triển chậm, chỉ khi vượt quá 930 - 950°C sẽ phát triển nhanh chóng và có thể lớn hơn cả thép bản chất hạt lớn. Do vậy trong các dạng nhiệt luyện thông dụng (nhiệt độ < 930-950°C) với thép bản chất hạt nhỏ không sợ hạt lớn khi nung nóng. Thép bản chất hạt nhỏ được khử ô xy triệt để bằng nhôm và hợp kim hóa bằng các nguyên tố tạo các bít mạnh : Ti, V, Zr, Nb, W ...sẽ tạo ra Al_2O_3 , AlN, các cacbít hợp kim khó tan, nhỏ mịn, chung sẽ nằm ở biên giới hạt cản trở sự sát nhập của hạt austenit với nhau thành hạt lớn hơn.

3.3.2.Chuyển biến xảy ra khi giữ nhiệt :

Khi giữ nhiệt không có chuyển biến nào khác với khi nung nóng. Tiến hành giữ nhiệt nhằm các mục đích sau :

-Làm đồng đều nhiệt độ trên toàn tiết diện, để cho lõi cũng có chuyển biến như ở bề mặt.

-Có thời gian để hoàn thành các chuyển biến khi nung nóng.

-Làm đồng đều thành phần hóa học (các bon và hợp kim) của austenit.

Thời gian giữ nhiệt chỉ nên vừa đủ không nên kéo dài quá mức làm cho hạt lớn.

3.3.3.Chuyển biến của austenit khi làm nguội chậm :

Sau khi đã nhận được austenit có hạt nhỏ mịn theo yêu cầu, ta sẽ xem xét chuyển biến của chúng khi làm nguội. Quá trình này được phân ra hai nhóm lớn : làm nguội đẳng nhiệt và làm nguội liên tục. Để đơn giản ta nghiên cứu chuyển biến đẳng nhiệt trong thép các bon cùng tích sau đó suy rộng ra cho các thép khác.

1-Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội của thép cùng tích :

Từ giản đồ pha Fe - C ta biết rằng khi làm nguội austenit sẽ chuyển biến thành peclit tại nhiệt độ 727°C, với điều kiện làm nguội rất chậm không có trong thực tế. Do vậy ta dùng phương pháp làm nguội đẳng nhiệt như sau : làm nguội nhanh austenit xuống dưới nhiệt độ A_{r1} một khoảng nhỏ, sau đó giữ đẳng nhiệt tại nhiệt độ này và đo thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến của austenit.

a-Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của thép cùng tích :

Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội còn gọi là giản đồ T-T-T (transformation - temperature - time). Ta tiến hành đo như trên cho thép cùng tích tại các

nhệt độ chuyển biến khác nhau, ghi lại thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến ở từng nhiệt độ ùmọt. Cuối cùng đem biểu diễn lên hệ trục nhiệt độ và thời gian ta sẽ có giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt austenit quá nguội của thép cùng tích. Giản đồ này có dạng hai đường chữ "C", đường thứ nhất biểu thị sự bắt đầu, đường thứ hai biểu thị sự kết thúc của chuyển biến austenit thành peclit (còn gọi là giản đồ chữ C). Giản đồ này do hai nhà vật liệu học người Mỹ là E.C.Bain và A.I.Davenport xây dựng năm 1930.

b-Các sản phẩm của sự phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội :

Từ giản đồ chữ "C" ta thấy rằng austenit khi bị làm nguội xuống dưới 727°C nó chưa chuyển biến ngay mà còn tồn tại một thời gian nhất định trước khi chuyển biến, phân hóa và được gọi là austenit quá nguội. Austenit quá nguội không ổn định, rất dễ dàng bị phân hóa. Trên giản đồ chữ "C" phân chia ra các khu vực sau :

- Ở trên 727°C là khu vực tồn tại của austenit ổn định.
- Bên trái đường cong chữ "C" thứ nhất là austenit quá nguội.
- Khoảng giữa hai đường chữ "C" là austenit chuyển biến.
- Bên phải đường cong chữ "C" thứ hai là các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội (hỗn hợp phe rit và xêmentit với độ nhỏ mịn khác nhau).
- Dưới đường M_d là máctenxít và austenit dư.

Các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt :

*Khi cho phân hóa ở sát A_1 (trên dưới 700°C), với độ quá nguội nhỏ ΔT khoảng 25°C . Hỗn hợp phe rit - xêmentit tấm tạo thành với kích thước thô to, khoảng cách giữa các tấm khoảng 10^{-3}mm , độ cứng 10-15HRC gọi là péc lit tấm.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn (khoảng 650°C , với độ quá nguội ΔT xấp xỉ 75°C), hỗn hợp phe rit - xêmentit tấm tạo thành nhỏ mịn hơn, khoảng cách giữa các tấm cỡ $0,25 \div 0,30 \mu\text{m}$, không phân biệt được chúng trên kính hiển vi quang học. Tổ chức này có độ cứng 25 - 35HRC, gọi là xooctit tôi.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa (khoảng $500 - 600^{\circ}\text{C}$, ứng với mũi của đường cong chữ "C" thứ nhất, hỗn hợp phe rit - xêmentit tấm tạo thành sẽ nhỏ mịn hơn nữa, không phân biệt được trên kính hiển vi quang học, khoảng cách giữa các tấm khoảng $0,10 - 0,15 \mu\text{m}$, có độ cứng cao hơn cỡ 40HRC gọi là troxit tôi.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa, tức là thuộc về nửa dưới của đường cong chữ "C" (khoảng $450 - 250^{\circ}\text{C}$), hỗn hợp phe rit - xêmentit tấm nhận được rất nhỏ mịn, có độ cứng cao cỡ 50 - 55HRC gọi là bainit. Tuy nhiên tổ chức bainit có khác với ba tổ chức trên :

- Lượng các bon lớn hơn giới hạn bão hòa một ít khoảng 0,10%C.
- Các bit sắt ở đây không có công thức chính xác là Fe_3C mà là $\text{Fe}_{2,4-3}\text{C}$
- Ngoài hai pha trên còn một ít austenit dư và có ứng suất bên trong.

Sau khi làm nguội đẳng nhiệt tổ chức nhận được đồng nhất trên toàn bộ tiết diện. Như vậy các tổ chức péc lit tấm, xooctit, troxit (cả bai nit nữa) là hỗn hợp cơ học của phe rit và xêmentit tấm với kích thước tấm càng ngày càng nhỏ mịn hơn và độ cứng càng cao hơn.

2-Sự phân hóa của austenit khi làm nguội liên tục :

Trong thực tế khi nhiệt luyện thép thường dùng phương pháp làm nguội liên tục, các sản phẩm nhận được cũng tương tự trường hợp đẳng nhiệt nhưng có những đặc điểm khác hơn.

a-Với các tốc độ nguội khác nhau, austenit sẽ bị quá nguội đến các nhiệt độ khác nhau và phân hóa thành các sản phẩm tương ứng với các nhiệt độ đó.

-Làm nguội chậm cùng lò (V_1), véc tơ nguội cắt đường cong chữ "C" ở sát A_1 sản phẩm phân hóa là peclit tấm với độ cứng thấp nhất.

-Làm nguội trong không khí tĩnh (V_2) austenit phân hóa thành xooctit.

-Làm nguội trong không khí nén (V_3), véc tơ nguội cắt chữ "C" tại phần lồi, austenit phân hóa thành trôxtit.

-Làm nguội trong dầu (V_4) véc tơ nguội chỉ cắt đường cong chữ "C" thứ nhất tại phần lồi, austenit chỉ có một phần chuyển biến thành trôxtit phần còn lại thành máctenxit nên sản phẩm là trôxtit - máctenxit.

-Làm nguội nhanh hơn nữa (trong nước lạnh, ứng với V_5), véc tơ nguội không cắt đường cong chữ "C" nào cả, phần lớn austenit quá nguội chuyển biến thành mactenxit. Không có hỗn hợp phe rit - xêmentit.

b-Tổ chức nhận được thường không đồng nhất trên toàn tiết diện, nhất là trường hợp tiết diện lớn vì bề mặt nguội nhanh hơn lõi.

c-Không nhận được hoàn toàn tổ chức bainit. Trong một số trường hợp thấy tổ chức bainit hình thành cùng trôxtit và mactenxit.

3-Giản đồ chữ "C" của các thép khác cùng tích :

Với các thép trước cùng tích và sau cùng tích cũng có dạng đường cong chữ "C" tương tự thép cùng tích chỉ khác là có thêm các nhánh phụ.

a-Thép trước cùng tích :

Có thêm nhánh phụ tiết ra phe rit trước trong khoảng nhiệt độ Ar_3 đến Ar_1 sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp phe rit - xêmentit.

b-Thép sau cùng tích :

Có thêm nhánh phụ tiết ra xêmentit hai trước trong khoảng từ Ar_{cm} đến Ar_1 , sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp phe rit - xêmentit.

Tuy nhiên với các thép này nếu làm nguội đẳng nhiệt với độ quá nguội lớn hay tốc độ nguội nhanh thì austenit quá nguội của chúng sẽ phân hóa ngay thành peclit, xooctit trôxtit và bainit nhưng lượng các bon không đúng là 0,80%C. Các sản phẩm đó gọi là cùng tích giả.

3.3.4.Chuyển biến austenit khi làm nguội nhanh (chuyển biến mactenxit) :

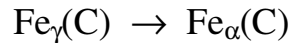
Khi làm nguội nhanh austenit sao cho véc tơ biểu diễn tốc độ nguội của nó không cắt đường cong chữ "C" chỉ có chuyển biến đa hình từ Fe_γ sang Fe_α mà không có sự khuếch tán của các bon. Đó là chuyển biến austenit thành máctenxit. Chuyển biến này xảy ra ở nhiệt độ thấp, khoảng từ 250°C trở xuống. Tốc độ nguội nhỏ nhất để chuyển biến này xảy ra là tốc độ ứng với véc tơ tiếp xúc với đường cong chữ "C" thứ nhất tại mũi của nó. Tốc độ nguội này được gọi là tốc độ tới hạn V_{th} (còn gọi là tốc độ nguội tới hạn). Như vậy khi làm nguội austenit với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn sẽ nhận được mactenxit chứ không phải hỗn hợp phe rit - xêmen tit.

1-Bản chất và cấu trúc của mactenxit :

a-Định nghĩa :

Máctenxit là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hòa của các bon trong Fe_α có nồng độ các bon bằng nồng độ của austenit ban đầu.

Khi làm nguội rất nhanh các bon trong austenit không kịp khuếch tán để tạo thành xêmentit. Lúc đạt nhiệt độ tương đối thấp chỉ có sự chuyển mạng từ Fe_γ sang Fe_α . Lượng các bon trong hai tổ chức này bằng nhau.



b-Cấu trúc của mactenxit :

-Mactenxit có kiểu mạng chính phương tâm khối với hai thông số mạng là a và c. Tỷ số c/a gọi là độ chính phương. Thông thường tỷ số $c/a = 1,001 - 1,06$.

-Mactenxit có dạng hình kim, một đầu nhọn, các kim này tạo với nhau góc 120° hay 60° .

-Các nguyên tử các bon chui vào các lỗ hổng trong mạng của Fe_α

c-Tính chất mactenxit :

-Do hàm lượng các bon quá bão hòa nên gây ra xô lệch mạng lớn, do vậy có độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn. Hàm lượng các bon càng lớn độ cứng càng cao.

-Mactenxit có tính giòn cao phụ thuộc vào kích thước hạt của nó và ứng suất bên trong. Hạt càng nhỏ, ứng suất càng thấp tính giòn càng thấp.

2-Đặc điểm của chuyển biến mactenxit :

a-Chỉ xảy ra khi làm nguội nhanh và liên tục austenit với tốc độ lớn hơn hay bằng tốc độ nguội tới hạn. Chuyển biến mactenxit không xảy ra khi làm nguội đẳng nhiệt.

b-Là chuyển biến không khuếch tán : Nguyên tử các bon vẫn giữ nguyên vị trí, chỉ có nguyên tử sắt chuyển dịch để tạo ra kiểu mạng chính phương tâm khối, khoảng cách dịch chuyển không quá một thông số mạng. Giữa hai kiểu mạng của austenit và mactenxit có mối quan hệ định hướng xác định sao cho các mặt và phương dày đặc của chúng song song với nhau.

c-Là quá trình tạo ra không ngừng các tinh thể mới với tốc độ rất lớn (1000 - 7000m/s).

d-Chuyển biến chỉ xảy ra trong một khoảng nhiệt độ nhất định từ nhiệt độ bắt đầu chuyển biến (M_d) đến nhiệt độ kết thúc (M_k). Vị trí hai nhiệt độ này không phụ thuộc vào tốc độ làm nguội, chỉ phụ thuộc vào thành phần các bon và nguyên tố hợp kim trong thép.

e-Chuyển biến xảy ra không hoàn toàn : Khi làm nguội càng gần đến điểm M_k lượng mactenxit sinh ra càng nhiều, nhưng không bao giờ đạt được 100% mà vẫn còn một lượng nhất định austenit chưa chuyển biến, gọi là austenit dư. Nguyên nhân của hiện tượng này là do sự khác nhau về thể tích riêng của chúng. Thể tích riêng $V_M > V_\gamma$ vì vậy khi chuyển biến austenit thành mactenxit thể tích tăng lên và phần austenit chưa chuyển biến bị áp lực nén ngày càng tăng lên đến mức độ không thể chuyển biến được nữa. Lượng austenit dư sau khi tôi phụ thuộc vào các yếu tố sau :

-Vị trí của điểm M_d và M_k : điểm M_k càng thấp hơn $20^\circ C$ thì lượng austenit dư càng tăng. Đây là yếu tố quan trọng nhất.

-Lượng các bon trong mactenxit càng nhiều thể tích riêng của nó càng lớn, do vậy lượng austenit dư càng tăng.

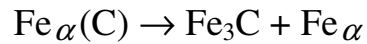
3.3.5.Chuyển biến khi nung nóng thép đã tôi (khi ram) :

1-Tính không ổn định của mactenxit và austenit :

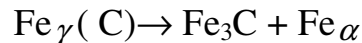
Sau khi tôi ta nhận được mactenxit và một lượng austenit dư nhất định, thép có độ cứng cao nhưng tính giòn lớn và tồn tại ứng suất dư bên trong, năng lượng tự do lớn. Trạng thái này không ổn định và chi tiết không thể làm việc được. Do đó phải cần một nguyên công tiếp theo để điều chỉnh lại cho phù hợp đó là ram.

Theo giản đồ pha Fe-C từ nhiệt độ 727°C đến nhiệt độ thường tổ chức ổn định của thép là hỗn hợp phe rit và xêmentit (peclit). Vì vậy máctanxit và austenit dư là các pha không ổn định, chúng luôn có xu hướng phân hoá thành hỗn hợp trên.

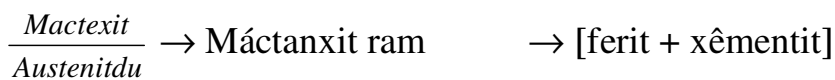
Máctenxit không ổn định do quá bão hoà các bon, do vậy sẽ tiết bớt ra dưới dạng xêmentit và phần còn lại sẽ mất hết ácc bon trở thành pherit :



Austenit không tồn tại được dưới 727°C nên có khuynh hướng phân hoá thành hỗn hợp pherit và xêmentit :



ở nhiệt độ thường quá trình này diễn ra rất chậm, hầu như không nhận thấy được. Vì vậy ta phải nung nóng để thúc đẩy nhanh quá trình. Tuy nhiên hai pha này không chuyển biến trực tiếp ra phe rit và xêmentit mà phải qua một sản phẩm trung gian là máctenxit ram như sau :



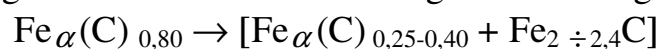
2-Các chuyển biến xảy ra khi ram :

Ta xét quá trình nung nóng thép cùng tích (0,80%C) từ đó suy rộng cho các loại thép khác.

a-Giai đoạn I (<200°C) :

-Khi nung nhỏ hơn 80°C chưa có gì xảy ra, tổ chức vẫn là máctenxit và austenit dư.

-Từ 80-200°C : austenit dư chưa chuyển biến. Lúc này trong máctenxit có sự tập trung các bon lại và tiết ra dưới dạng các bít ϵ có công thức Fe_xC (x từ 2,0 ÷ 2,4) ở dạng tấm mỏng và rất phân tán. Lượng các bon trong máctenxit giảm từ 0,80% xuống còn 0,25% ÷ 0,40% và tỷ số c/a giảm đi. Các bít ϵ chưa có kiểu mạng riêng, nó phải tồn tại trong kiểu mạng của máctenxit. Hỗn hợp gồm các bít ϵ và máctenxit nghèo các bon gọi là máctenxit ram.



Cuối giai đoạn này tổ chức của thép là máctenxit ram và austenit dư.

b-Giai đoạn II : (200 ÷ 260°C)

Trong giai đoạn này các bon vẫn tiếp tục tiết ra khỏi máctenxit làm cho dung dịch rắn chỉ còn 0,15 ÷ 0,20%C. Bên cạnh đó có quá trình austenit dư chuyển biến thành máctenxit ram



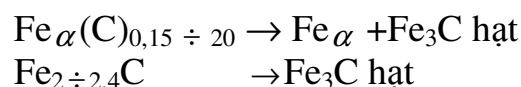
Cuối giai đoạn này thép tôi có tổ chức là máctenxit ram

c-Giai đoạn III : (260 ÷ 400°C)

Trong giai đoạn này cả hai pha của máctenxit ram đều chuyển biến :

-Tất cả các bon quá bão hoà được tiết ra khỏi máctenxit độ chính phương c/a = 1 và máctenxit nghèo các bon trở thành pherit.

-Các bít ϵ ở dạng tấm mỏng biến thành xêmentit ở dạng hạt. Sơ đồ của hai quá trình này như sau :



Cuối giai đoạn này tổ chức của thép tôi là hỗn hợp phe rit và xêmentit ở dạng hạt rất nhỏ mịn, không nhìn thấy được dưới kính hiển vi quang học gọi là trôstit ram

d-Giai đoạn IV : (>400°C)

Tiếp tục nung lên cao hơn 400°C trong thép tôi không có chuyển biến pha gì mới mà chỉ có quá trình lớn lên của các hạt xêmentit.

ở nhiệt độ 500÷600°C tổ chức là hỗn hợp phe rit và xêmentiot dạng hạt khá phân tán, vẫn chưa nhìn thấy được dưới kính hiển vi quang học, gọi là xoocbit ram

Nếu tiếp tục nung lên gần A₁ (727°C), lúc này hạt xêmentit đã khá lớn có thể nhìn thấy được bằng kính hiển vi quang học, hỗn hợp đó gọi là péclit hạt.

CHƯƠNG 4 : BIẾN DẠNG ĐẸO VÀ CƠ TÍNH CỦA VẬT LIỆU

Đối với các vật liệu, đặc biệt là vật liệu kim loại, các bán thành phẩm được cung cấp dưới dạng dây, thanh, tấm, lá...nhờ quá trình biến dạng dẻo (cán) rất thuận tiện cho việc sử dụng. Trong sản xuất cơ khí thường dùng rèn để tạo phôi cho sản phẩm trước khi gia công cắt gọt. Vì vậy khảo sát biến dạng dẻo giúp cho chúng ta hiểu rõ bản chất và các đặc trưng cơ tính, các biện pháp nâng cao cơ tính cũng như cách khắc phục các hiện tượng bất lợi.

4.1. BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI VÀ BIẾN DẠNG ĐẸO:

4.1.1. Khái niệm về biến dạng đàn hồi:

Biến dạng là sự thay đổi hình dáng, kích thước của vật liệu dưới tác dụng của ngoại lực, hay các quá trình ăn mòn...

Biến dạng đàn hồi là biến dạng bị mất đi khi bỏ tải trọng tác dụng, nó xảy ra khi tải trọng tác dụng nhỏ hơn giới hạn đàn hồi.

Ví dụ : - Khi kéo một lò xo với ứng suất < σ_c nó sẽ dãn dài ra một đoạn Δl tương ứng, bỏ ứng suất tác dụng nó sẽ trở về kích thước ban đầu.

- Cũng tương tự như vậy khi kéo một dây cao su với lực nhỏ hơn giới hạn bền của nó.

Biến dạng đàn hồi xảy ra dưới tác dụng của cả ứng suất pháp và ứng suất tiếp. Dưới tác dụng của ứng suất pháp σ gây ra biến dạng ε , dưới tác dụng của ứng suất tiếp gây ra γ trong mặt chịu lực. Dưới tác dụng của ứng suất pháp ba chiều làm biến đổi thể tích $\Delta V/V$ (hình 4.2 Lê). Biến dạng đàn hồi chia ra làm hai loại : biến dạng đàn hồi tuyến tính và biến dạng đàn hồi phi tuyến.

1. Biến dạng đàn hồi tuyến tính :

Với nhiều loại vật liệu (vật liệu kim loại) thì mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính, được mô tả bởi định luật Húc. Phương trình cơ sở như sau :

$$\begin{aligned}\sigma &= E \cdot \varepsilon && \text{trong quá trình kéo, nén} \\ \tau &= G \cdot \gamma && \text{trong quá trình xô dịch} \quad (4.1) \\ P &= -K \cdot \Delta V/V && \text{trong quá trình ép ba chiều.}\end{aligned}$$

Trong phương trình (3.1) các mô đun đàn hồi E, mô đun xô dịch G, mô đun ép K liên hệ với nhau qua hằng số Poátxông μ (tỷ lệ giữa độ co chiều ngang và độ dãn chiều dài $\varepsilon_{\perp} / \varepsilon_{\parallel}$) như sau :

$$\begin{aligned} K &= E / [3 (1 - 2\mu)] \\ G &= E / [2 (1 + 2\mu)] \end{aligned} \quad (4.2)$$

Với đa số các vật liệu $\mu = 0,30$ nên $E = 2,6G$. Các phương trình (4.1) và (4.2) chỉ dùng khi tính toán các vật liệu đẳng hướng hay giả đẳng hướng có cấu trúc vô định hình hoặc đa tinh thể.

Biến dạng đàn hồi tuyến tính dựa trên sự xô dịch nguyên tử khỏi vị trí cân bằng (hình 4.3 Lê)

2. Biến dạng đàn hồi phi tuyến :

Biến dạng đàn hồi phi tuyến là biến dạng đàn hồi không tuân theo quy luật của định luật Húc hay còn gọi là biến dạng đàn hồi kiểu cao su (do phát hiện ra đầu tiên trong cao su tự nhiên). Loại biến dạng này có trong các vật liệu phi kim vô định hình hay tinh thể cục bộ (elastome), vật liệu kim loại (gang xám, hình 4.4 Lê). Trong quá trình này mô đun đàn hồi E không còn là hằng số mà phụ thuộc vào ứng suất hay biến dạng :

$$\sigma = E(\sigma) \cdot \varepsilon \quad (4.3)$$

Biến dạng đàn hồi trong các vật liệu này dựa vào sự thay đổi hình dáng của các mạch phân tử. Ở trạng thái không tải, vật liệu có cấu trúc vô định hình bao gồm các mạch phân tử bị uốn cong do đan móc vào nhau, tạo ra một búi hoặc lưới phân tử (hình 4.5 Lê). Khi chịu lực kéo, các mạch phân tử được duỗi thẳng và song song với phương ngoại lực mà vẫn liên kết với nhau tại các điểm nút của ô lưới hoặc túi. Biến dạng đàn hồi chính là độ dẫn dài tổng cộng trong phương tải trọng. Khi bỏ tải, nhờ có chuyển động Braonơ đưa các mạch liên kết phân tử trở về trạng thái không tải ban đầu nên không có biến dạng dư.

4.1.2. Khái niệm về biến dạng dẻo :

Biến dạng dẻo là biến dạng vẫn tồn tại khi bỏ tải trọng tác dụng, nó xảy ra khi tải trọng tác dụng vượt quá giới hạn đàn hồi (đạt giá trị σ_c).

Ví dụ : -Bẻ một que thép với lực lớn nó sẽ bị cong đi mà không trở về vị trí ban đầu.

-Kéo một lò xo thép với lực lớn nó sẽ bị dẫn dài ra so với kích thước ban đầu.

Biến dạng dư có được là do sự dịch chuyển của nguyên tử, nhờ phá vỡ các liên kết ban đầu rồi tập hợp lại liên kết với các lân cận mới. Do vậy khi bỏ tải trọng nguyên tử không trở về vị trí xuất phát mà cấu trúc của vật liệu vẫn được bảo toàn. (hình 4.7 Lê).

Biến dạng dẻo chủ yếu xảy ra trong vật liệu kim loại, trong các loại vật liệu polyme, composit xảy ra với lượng biến dạng dư nhỏ, còn với ceramic không xảy ra. Biến dạng dẻo xảy ra trong vật liệu kim loại nhờ hai hình thức sau :trượt và song tinh.

4.2. BIẾN DẠNG DẪO VÀ KẾT TINH LẠI :

4.2.1. Các hình thức biến dạng dẻo :

1. Trượt :

Trượt là sự xô dịch một phần tinh thể song song với phần còn lại trong mặt phẳng xô dịch (mặt trượt) và theo phương của ứng suất tiếp (phương trượt).

Trong quá trình biến dạng chỉ có ứng suất tiếp mới gây ra trượt. Tập hợp một mặt trượt và một phương trượt gọi là hệ trượt. Mặt trượt và phương trượt là các mặt và phương có mật độ nguyên tử lớn nhất.

Số lượng hệ trượt phụ thuộc vào kiểu mạng tinh thể và do tính đối xứng quyết định (bảng 4.2 Lê). Mạng lập phương tâm mặt $A1$ có bốn mặt $\{ 111 \}$ và mỗi mặt có ba phương <

110> nên tạo ra 12 hệ trượt tương đương. Mạng lập phương tâm khối A2 có sáu mặt $\{110\}$ và mỗi mặt có hai phương trượt <111> tương ứng tạo ra 12 hệ trượt tương đương. Mạng sáu phương xếp chặt A3 có một mặt trượt cơ bản là $\{0001\}$ tại đó có ba phương trượt nên có ba hệ trượt tương đương. Số hệ trượt càng lớn thì tính dẻo của vật liệu càng cao và ngược lại.

Quá trình trượt chỉ xảy ra khi ngoại lực tạo ra trong hệ trượt hoạt động một ứng suất tiếp cho phép τ đạt được giá trị tới hạn. Độ lớn của ứng suất này phụ thuộc vào ngoại lực và sự định hướng của hệ trượt với ngoại lực. Theo định luật Smit ta có :

$$\tau = \sigma \cos\theta \cos\lambda \quad (4.4)$$

Trong đó : $-\sigma = F/S$ là ứng suất do ngoại lực tác dụng trên mặt phẳng S

$-\theta$ là góc tạo bởi ngoại lực và pháp tuyến mặt trượt n

$-\lambda$ là góc tạo bởi ngoại lực với phương trượt t

$-\cos\theta \cos\lambda$ gọi là thừa số Smit

Từ phương trình (3.3) ta thấy rằng nếu $\theta = 90^\circ$ hay $\lambda = 90^\circ$ thì ngoại lực song song với mặt trượt hay vuông góc với phương trượt thì $\tau = 0$ và tinh thể sẽ bị phá hủy mà không có biến dạng dẻo.

Ứng suất tiếp cho phép đạt cực đại $\tau_{\max} = 0,5\sigma$ khi $\theta = \lambda = 45^\circ$, vì vậy ứng suất ngoại lực tối thiểu cần cho trượt là $\sigma_{\min} = 2\tau_{\max}$. Theo định luật Smit thì hệ trượt nào có các yếu tố định hướng thuận lợi nhất, tại đó giá trị tới hạn của ứng suất tiếp đạt được sớm nhất sẽ hoạt động trước. Sau khi hàng loạt các hệ trượt khác được đưa vào hoạt động thì trên mặt ngoài theo chiều dài tinh thể xuất hiện các bậc nhỏ song song nhau như các đường kẻ, đó là đường trượt. Nhiều đường trượt gần nhau tạo thành một giải trượt. Xê dịch càng lớn thì chiều cao bậc càng tăng (hình 4.8 Lê).

2. Song tinh :

Song tinh là quá trình dịch chuyển các nguyên tử ở một phần tinh thể vào vị trí đối xứng gương với các nguyên tử ở phần kia qua mặt phẳng song tinh do tác động của ứng suất tiếp (hình 4.10 Lê).

Các đặc điểm của song tinh :

-Dịch chuyển nguyên tử tỷ lệ với khoảng cách tới mặt song tinh, càng xa mặt song tinh dịch chuyển càng lớn nhưng không vượt quá một khoảng cách nguyên tử. Do vậy mức độ biến dạng dẻo do song tinh tạo ra nhỏ hơn nhiều so với trượt (kết quả của quá trình trượt là chuyển dịch nguyên tử đi một số nguyên lần khoảng cách đó)

-Song tinh xảy ra với tốc độ rất lớn trong những mặt và phương xác định và dọc theo mặt song tinh sự định hướng của các nguyên tử khác đi so với phần tinh thể còn lại.

4.2.2. Những thay đổi sau biến dạng dẻo :

1. Tổ chức tế vi :

Trong quá trình biến dạng dẻo, sự hoạt động của nhiều hệ trượt cùng một lúc làm cho các mặt trượt bị uốn và quay. Do vậy với mức độ biến dạng lớn sự khác nhau về định hướng của các hạt giảm dần và hạt bị kéo dài theo phương biến dạng, chứa nhiều khuyết tật và có thể tạo ra tổ chức sợi. Khi bị nén hạt bị bẹp đi và vỡ vụn ra, kích thước hạt càng nhỏ khi lực nén càng lớn. (hình 4.13 Lê)

Nếu các hạt có một định hướng ưu tiên theo các mặt và phương tinh thể xác định sẽ tạo ra tổ chức thớ gọi là biến dạng chọn hướng hay texture biến dạng. Biến dạng chọn hướng làm

cho tinh thể sẽ có tính dị hướng. Cấu trúc này có thể xác định bằng phân tích Ronghen. Biến dạng chọn hướng được ứng dụng trong thép kỹ thuật điện làm lõi biến thế.

Để chế tạo loại thép này ta tiến hành cán nóng hay nguội sao cho các hạt có sự định hướng mặt $\{110\}$ trùng với mặt phẳng tấm thép (mặt cán) và phương dễ từ hóa $\langle 100 \rangle$ trùng với phương cán. Vì vậy thép kỹ thuật điện dễ từ hóa, tổn hao từ trễ nhỏ, có đường cong từ trễ gần như hình chữ nhật và rất gầy.

2. Tính chất :

Biến dạng dẻo làm thay đổi mạnh tính chất của vật liệu, tốc độ biến dạng càng lớn thì sự thay đổi tính chất càng mạnh.

Biến dạng dẻo làm tăng độ bền, giới hạn chảy và độ cứng, làm giảm độ dẻo và độ dai. Độ bền, độ cứng có thể tăng lên từ 1,5 đến 3 lần, giới hạn chảy tăng từ 3 đến 7 lần.

Biến dạng dẻo gây ra trong vật liệu ứng suất dư, tạo ra các yếu tố tập trung ứng suất. Tuy nhiên nếu tạo ra ứng suất nén dư trên bề mặt sẽ làm tăng giới hạn mỏi.

Biến dạng dẻo làm giảm tính dẫn điện, dẫn nhiệt, tăng lực khử từ và tăng tính ăn mòn điện hóa.

4.2.3. Kết tinh lại :

1. Trạng thái kim loại đã qua biến dạng dẻo :

Sau khi biến dạng dẻo kim loại bị biến cứng, hoá bền chúng sở trạng thái không cân bằng, có năng lượng dự trữ cao luôn có xu hướng trở về trạng thái cân bằng trước khi biến dạng và mọi tính chất vốn có của chúng được khôi phục lại. Với đa số kim loại quá trình này xảy ra rất chậm ở nhiệt độ thường (hàng năm cho đến hàng chục năm). Nếu đem nung nóng kim loại đã qua biến dạng dẻo thì quá trình trên sẽ diễn ra nhanh chóng.

2. Các giai đoạn chuyển biến khi nung nóng :

Khi nhiệt độ nung nóng tăng dần trong kim loại đã qua biến dạng dẻo xảy ra hai giai đoạn sau : hồi phục và kết tinh lại.

a- Hồi phục : Quá trình này xảy ra ở nhiệt độ không cao lắm $(0,1-0,2)T_C$. Lúc này trong kim loại đã qua biến dạng dẻo sẽ có các biến đổi nhỏ trong mạng tinh thể bị xô lệch : giảm sai lệch mạng (sai lệch điểm và nút trống), giảm mật độ lệch và ứng suất bên trong. Tổ chức tế vi chưa có gì thay đổi. Tính chất vật lý thay đổi không nhiều (điện trở giảm), cơ tính chưa có gì thay đổi.

b- Kết tinh lại (còn gọi là kết tinh lại lần thứ nhất)

Khi nung nóng cao hơn một nhiệt độ nhất định (gọi là nhiệt độ kết tinh lại) trong mạng tinh thể bị xô lệch có quá trình hình thành các hạt mới không có sai lệch mạng theo cơ chế tạo mầm và phát triển mầm như kết tinh và gọi là kết tinh lại.

Mầm kết tinh lại sinh ra chủ yếu ở những vùng bị xô lệch mạnh nhất, năng lượng dự trữ cao nhất (mặt trượt, biên giới hạt). Những vùng này kém ổn định nhất do đó dễ trở về trạng thái cân bằng. Vì vậy kim loại bị biến dạng dẻo càng mạnh thì mầm kết tinh lại sẽ sinh ra càng nhiều và hạt nhận được càng nhỏ.

Sau khi sinh ra các mầm kết tinh sẽ phát triển lên thành hạt kim loại, đây là quá trình tự nhiên.

Kết thúc quá trình kết tinh lại nhận được các hạt hoàn toàn mới, đa cạnh với mạng tinh thể ít bị xô lệch và mọi tính chất vốn có ban đầu được khôi phục lại đầy đủ.

Nhiệt độ nhỏ nhất tại đó xảy ra quá trình kết tinh lại với tốc độ đáng kể gọi là nhiệt độ kết tinh lại. Nhiệt độ này phụ thuộc vào nhiệt độ chảy của kim loại theo công thức : $T_{KTL} = a.T_C$ ($^{\circ}K$). Với a là hệ số phụ thuộc vào độ sạch, mức độ biến dạng của kim loại và thời gian giữ nhiệt. Với kim loại nguyên chất kỹ thuật $a = 0,40$. Kim loại tinh khiết $a = 0,2-0,3$ dung dịch rắn $0,5-0,8$. Mức độ biến dạng càng lớn, thời gian giữ nhiệt càng dài thì a càng nhỏ.

Sau khi kết tinh lại tổ chức tế vi thay đổi hoàn toàn : các hạt mới đẳng trục và đa cạnh. Tuy nhiên kích thước hạt phụ thuộc vào các yếu tố sau :

*Mức độ biến dạng : mức độ biến dạng càng lớn thì hạt nhận được có kích thước càng nhỏ (sinh ra nhiều mầm kết tinh). Nếu độ biến dạng nằm trong khoảng 2-8% kích thước hạt nhận được là lớn nhất (xô lệch mạng ít, số lượng mầm kết tinh ít) và được gọi là độ biến dạng tới hạn. Trong cơ khí cần tránh độ biến dạng này (trừ thép kỹ thuật điện)

*Nhiệt độ ủ : nhiệt độ ủ càng cao do tốc độ tạo mầm và phát triển mầm càng lớn, do đó hạt nhận được càng lớn.

*Thời gian giữ nhiệt : thời gian giữ nhiệt tại nhiệt độ ủ càng dài thì hạt càng lớn, do có điều kiện phát triển.

c-Kết tinh lại lần thứ hai

Sau khi kết tinh lại xong, nếu tiếp tục nâng cao nhiệt độ hay kéo dài thời gian giữ nhiệt sẽ làm cho các hạt phát triển lên nhanh chóng do có quá trình sát nhập các hạt bé vào các hạt lớn (hạt lớn nuốt hạt bé) làm cho hạt lớn thêm nhanh chóng. Đây là quá trình tự nhiên do làm giảm tổng biên giới hạt nên làm giảm tổng năng lượng dự trữ. Quá trình này gọi là kết tinh lại lần thứ hai. Hiện tượng này là có hại cần phải tránh khi nung nóng kim loại qua biến dạng dẻo.

4.3.BIẾN DẠNG NÓNG :

4.3.1.Khái niệm :

Biến dạng nóng là quá trình biến dạng dẻo kim loại ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ kết tinh lại.

Ví dụ : *Biến dạng dẻo vonfram ở $1000^{\circ}C$ là biến dạng nguội ($T_{KTL} = 1200^{\circ}C$)

*Biến dạng dẻo chì, kẽm, thiếc ở nhiệt độ thường là biến dạng nóng (nhiệt độ kết tinh lại của chúng nhỏ hơn $0^{\circ}C$)

Biến dạng nóng thường tiến hành ở nhiệt độ $(0,70-0,75)T_C$

4.3.2.Uưu nhược điểm của biến dạng nóng :

Khi biến dạng nóng có hai quá trình đối lập nhau xảy ra nối tiếp nhau :

*Quá trình biến dạng dẻo làm xô lệch mạng, hoá bền và gây biến cứng.

*Quá trình kết tinh lại làm mất xô lệch mạng, gây ra thải bền, giảm độ cứng.

Do vậy sau khi biến dạng nóng cơ tính kim loại sẽ thay đổi theo chiều hướng của quá trình mạnh hơn. Trong trường hợp lý tưởng nhất là : kết thúc biến dạng cao hơn nhiệt độ kết tinh lại với thời gian đủ dài để hoàn thành quá trình kết tinh lại và xảy ra quá trình thải bền. Do đó kim loại sau biến dạng nóng vẫn giữ được độ dẻo, độ dai cao, độ bền thấp. Tuy nhiên trong thực tế do quá trình công nghệ khó xác định được các yếu tố trên nên kim loại thường bị biến cứng và phải đem ủ kết tinh lại.

1-Uưu điểm : So với biến dạng nguội, biến dạng nóng có các ưu điểm sau :

*Lỗ hỏng (bọt khí) bị bẹp lại khi biến dạng, do ở nhiệt độ cao khuếch tán mạnh được hàn kín lại nên cải thiện được tổ chức kim loại.

*Do tiến hành ở nhiệt độ cao kim loại có tính dẻo cao hơn nên khó bị nứt, không cần lực ép lớn mà vẫn nhận được lượng biến dạng lớn. Do đó có năng suất cao, gia công được phôi lớn.

*Nhờ có quá trình kết tinh lại nên giảm biến cứng, sau biến dạng nóng có thể không cần ủ (tuy nhiên phải tuân theo quy trình biến dạng một cách chặt chẽ)

*Cải thiện được độ hạt cho kim loại do lượng ép lớn, nhiệt độ ủ hợp lý, bảo đảm cơ tính tổng hợp tốt. Cần chú ý là phải biến dạng liên tục ở nhiệt độ cao và không nên kết thúc biến dạng ở nhiệt độ cao hơn nhiều so với nhiệt độ kết tinh lại (tránh kết tinh lại lần thứ hai)

2-Nhược điểm :

*Khó khống chế nhiệt độ đồng đều trên phôi, đặc biệt là các phôi mỏng và lớn do đó khó đạt được sự đồng nhất về cơ tính.

*Khó khống chế chính xác hình dáng, kích thước của sản phẩm với độ chính xác cao do có sự co giãn khi nung nóng và làm nguội.

*Chất lượng bề mặt không cao : độ bóng thấp vì các vẩy ô xyt, dễ bị ô xy hoá, thoát các bon.

*Khi biến dạng nóng các tạp chất (ôxyt nitrit, sunphit...) bị bẹp, nhỏ mịn và kéo dài theo phương biến dạng tạo thành tổ chức thớ. Yêu cầu của thớ là phải phân bố đều theo chu vi chi tiết biến dạng.

CHƯƠNG 5 : ĂN MÒN VÀ BẢO VỆ VẬT LIỆU

5.1.KHÁI NIỆM VỀ ĂN MÒN KIM LOẠI :

Trong quá trình sử dụng, cấu trúc và tính chất của vật liệu bị biến đổi theo thời gian làm cho vật liệu bị thoái hoá đi. Đối với vật liệu kim loại nguyên nhân thoái hoá chủ yếu là do hiện tượng ăn mòn. Do vị trí quan trọng của vật liệu kim loại trong nền kinh tế nên vấn đề bảo vệ kim loại chống sự phá huỷ do ăn mòn luôn được quan tâm kỹ lưỡng.

Người ta ước tính tiêu hao cho ăn mòn và bảo vệ kim loại ở các nước công nghiệp phát triển chiếm cỡ 4,20% GDP. Tổn hao kim loại do ăn mòn rất lớn, cứ có năm nhà máy luyện kim thì có một nhà máy sản xuất kim loại để bù cho tổn hao đó. Chi phí cho vấn đề ăn mòn và bảo vệ kim loại ở Pháp là 88 tỷ frăng (1982), ở Mỹ là 70 tỷ USD (1975).

Ăn mòn kim loại là sự phá huỷ chúng do tác dụng điện hoá hay hoá học của môi trường xung quanh. Quá trình ăn mòn kim loại chia ra hai loại :

*ăn mòn hoá học (ăn mòn khô) : là quá trình ăn mòn xảy ra khi kim loại tác dụng với dung dịch không điện ly và khí khô.

*ăn mòn điện hoá : là sự ăn mòn kim loại trong môi trường chất điện giải, trong đó sự ion hoá của nguyên tử kim loại, sự khử của chất ôxy hoá không phải xảy ra chỉ trong một phản ứng trực tiếp. Đây là dạng ăn mòn phổ biến nhất trong kim loại.

5.1.1.Tốc độ ăn mòn :

Để xác định tốc độ ăn mòn kim loại ta sử dụng hai cách sau :

a-Tổn thất trọng lượng (P_{TL}) : là trọng lượng kim loại tổn thất trên một đơn vị bề mặt, trong một đơn vị thời gian.

$$P_{TL} = \frac{m_1 - m_2}{S.t} \text{ mg/dm}^2 \cdot \text{ngày.} \quad (5.1)$$

Trong đó : - m_1, m_2 : là trọng lượng mẫu kim loại trước và sau khi bị ăn mòn, mg
 - S : diện tích bề mặt kim loại, dm^2
 - t : thời gian, ngày.

b-Độ thâm nhập P_{TN} : tính theo chiều sâu kim loại bị ăn mòn trong một năm.

$$P_{TN} = \frac{P_{TL} \cdot 0,0365}{\rho} \text{ mm/năm} \quad (5.2)$$

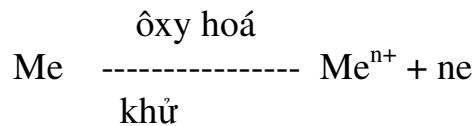
Trong đó : - ρ : là trọng lượng riêng của kim loại, G/cm^3

Ngoài ra tốc độ ăn mòn có thể được đo bằng mật độ dòng điện ăn mòn I hoặc thể tích khí hydrô thoát ra.

5.1.2.Điện thế điện cực :

Khi kim loại tiếp xúc với chất điện ly thì tại bề mặt tiếp xúc sẽ xảy ra sự tác dụng giữa chất điện ly và kim loại. Tại vùng phân chia giữa hai pha (kim loại - dung dịch điện ly) xuất hiện lớp điện tích kép có điện thế nhất định gọi là điện thế điện cực.

Ví dụ : nhúng Cu vào dung dịch sunphat đồng, giữa đồng và dung dịch có cân bằng sau :



Khi có quá trình cân bằng giữa điện cực và dung dịch có điện thế điện cực cân bằng E tính theo hệ thức Nernst :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a \quad (5.3)$$

Trong đó : - R : hằng số khí, $R = 8.31441 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{K}$

- T : nhiệt độ tuyệt đối, $^\circ\text{K}$

- F : hằng số Faraday, $F = 96\,500 \text{ C/mol}$

- a : hoạt độ của ion Me^{n+} trong chất điện giải

- E_0 : điện thế điện cực tiêu chuẩn của kim loại ứng với dung dịch có hoạt độ

$$a = 1$$

Trong thực tế ta không thể đo trực tiếp giá trị tuyệt đối điện thế điện cực cân bằng (thuận nghịch) giữa kim loại và dung dịch chứa muối của chúng. Ta thường tiến hành đo điện thế điện cực bằng pin điện hoá gồm hai nửa pin : một nửa pin là điện cực kim loại nghiên cứu, nửa kia là điện cực so sánh.

5.2.CÁC DẠNG ĂN MÒN KIM LOẠI

5.2.1.ăn mòn hoá học :

Dạng ăn mòn này xảy ra do tác dụng hoá học của kim loại với môi trường làm việc của chúng và được chia làm hai loại :

a-ăn mòn trong dung dịch không điện ly :

Đa số các chất hữu cơ không là chất điện ly, do vậy chúng không dẫn điện nên không xảy ra ăn mòn điện hoá. Ví dụ : thép các bon làm việc trong các dung môi hữu cơ, các nhiên liệu lỏng hình thành từ các loại các búa hydrô không dẫn điện. Nếu có chứa nước sẽ xảy ra ăn mòn điện hóa.

b-ăn mòn khí :

Là quá trình ăn mòn hoá học xảy ra trong khí khô ở nhiệt độ cao. Ví dụ : sự ô xy hoá các chi tiết trong lò nung, động cơ đốt trong, động cơ phản lực ...

Quá trình ăn mòn khí xảy ra do tác động đồng thời của nhiệt độ cao và các khí ăn mòn (xâm thực) như : O_2 , S_2 , Cl_2 .. vào kim loại. Tốc độ ăn mòn khí phụ thuộc vào tính chất kim loại và hợp kim, tính chất của môi trường khí ở nhiệt độ cao và tính chất của các sản phẩm ăn mòn.

Quá trình ôxy hoá là điển hình nhất của ăn mòn khí và được biểu diễn bởi phương trình sau đây :



Để đánh giá khả năng làm việc của kim loại ở nhiệt độ cao ta căn cứ vào hai đặc trưng sau đây :

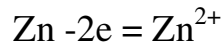
*Bền nhiệt : khả năng kim loại có độ bền cơ học ở nhiệt độ cao.

*Chịu nhiệt : khả năng kim loại bền ăn mòn khí ở nhiệt độ cao.

5.2.2.ăn mòn điện hóa

1-Khái niệm :

Khi nghiên cứu quá trình làm việc của pin Cu-Zn trong dung dịch điện lý ta thấy rằng Zn bị mòn dần do hiện tượng hoà tan. Trong pin này kẽm đóng vai trò anôt và phản ứng điện hoá trên anôt như sau :



Trong vật liệu kim loại có cấu tạo bởi hai hay nhiều pha do vậy giữa các pha này xảy ra các quá trình anôt và catôt làm cho kim loại bị phá huỷ. Trên bề mặt kim loại hình thành rất nhiều anôt và catôt, do vậy hình thành một hệ thống rất nhiều cực. Tốc độ ăn mòn điện hóa là tổng tốc độ ăn mòn của nhiều pin cực bộ và phụ thuộc vào điện thế điện cực. ăn mòn điện hóa của kim loại gồm ba quá trình cơ bản : quá trình anôt, quá trình catôt và quá trình dẫn điện.

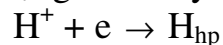
Quá trình anôt là quá trình ôxy hoá điện hoá, trong đó kim loại chuyển vào dung dịch dưới dạng ion và giải phóng điện tử, kim loại bị ăn mòn theo phản ứng :



Quá trình catôt là quá trình khử điện ho, trong đó các chất oxy hoá (Ox) nhận điện tử do kim loại bị ăn mòn giải phóng :



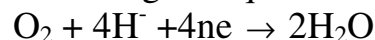
Ox là dạng chất ôxy hoá, thường là H^+ hay O_2 thì quá trình catôt sẽ là :



(H_{hp} là hydrô hấp phụ), trong trường hợp nay gọi là sự ăn mòn với chất khử phân cực hydrô.

Nếu Ox là O_2 thì :

*Với môi trường axit quá trình catôt sẽ là :



*Với môi trường trung tính hay bazơ quá trình catôt sẽ là :



2-Các dạng ăn mòn điện hoá :

a-ăn mòn đều :

Xảy ra trong điều kiện kim loại đồng nhất, môi trường, nhiệt độ và sự phân bố ứng lực là đồng đều, tốc độ ăn mòn là như nhau trên toàn bộ bề mặt kim loại. Đơn vị đo ăn mòn thông dụng là cm/năm. Ngoài ra còn dùng các đơn vị g/cm².ngày, mg/dm².ngày, mA/cm².

b-ăn mòn tiếp xúc (ăn mòn Galvanic) :

Dạng ăn mòn này xảy ra khi các kim loại hay hợp kim khác nhau được sử dụng trong cùng một cơ cấu và có phần diện tích tiếp xúc với nhau (tiếp diện), trong cùng một môi trường ăn mòn. Do tạo ra các pin ngắn mạch nên gây ra ăn mòn mạnh, kim loại có điện thế âm hơn sẽ bị ăn mòn.

c-ăn mòn do sự chênh lệch khí (ăn mòn khe) :

Dạng ăn mòn này xảy ra có thể do môi trường không đồng nhất, chẳng hạn sự khác nhau cục bộ về thông khí hoà tan (ôxy). Lúc này hình thành một pin chênh lệch khí và gây ra ăn mòn.

d-ăn mòn lỗ :

Đây là dạng xâm thực cục bộ tạo nên các lỗ, độ sâu các lỗ có thể lớn hơn đường kính lỗ. Hiện tượng này xảy ra do có các lỗ nhỏ trong lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn đều (các lớp men, lớp phủ hữu cơ, màng ôxyt...). Các lỗ phát triển từ bề mặt vào bên trong theo hướng gần như thẳng góc.

e-ăn mòn tinh giới :

Dạng ăn mòn này liên quan đến sự có mặt của các pha dị thể ở biên giới hạt trong hợp kim. Loại ăn mòn này thường gặp nhất ở thép không gỉ, ví dụ Cr18Ni10.

f-ăn mòn nứt do ứng lực :

Các kết cấu kim loại làm việc trong môi trường ăn mòn, dưới tác dụng của lực kéo sẽ gây ra nứt, rạn và gãy. Dạng ăn mòn này gây tổn thất kim loại rất nhỏ, nhưng khó nhìn thấy nên rất nguy hiểm.

g-ăn mòn mỏi :

Là hiện tượng ăn mòn xảy ra trong các kết cấu kim loại là việc dưới tải trọng thay đổi có chu kỳ. Do tác dụng ăn mòn tạo điều kiện cho các vết nứt mỏi đầu tiên dễ xuất hiện hơn.

h-ăn mòn lựa chọn (sự phân rã hợp kim) :

Dạng ăn mòn này xảy ra trong các điều kiện nhất định đối với các hợp kim là dung dịch rắn, trong đó kim loại hoà tan có điện thế ăn mòn âm hơn nhiều so với kim loại nền.

i-ăn mòn mài mòn :

Sự mài mòn của kim loại thụ động trong môi trường ăn mòn có thể làm mất lớp bảo vệ và hiện tượng này gọi là ăn mòn mài mòn.

5.3.BẢO VỆ KIM LOẠI CHỐNG ĂN MÒN

5.3.1.Bảo vệ kim loại chống ăn mòn hóa học :

1-Sử dụng các hợp kim chịu nóng

Dùng các nguyên tố hợp kim thích hợp (thường là các nguyên tố có màng ôxyt sit chặt, nhiệt độ nóng chảy cao...) với thành phần xác định pha thêm vào kim loại nền để nâng cao khả năng chống ăn mòn khí.

2-Sử dụng các lớp phủ bảo vệ :

Sử dụng các lớp phủ bảo vệ bằng kim loại (Al, Si, Cr...), các lớp phủ phi kim loại (các lớp men chịu nhiệt).

3-Xử lý môi trường :

Bằng cách tạo ra xung quanh chi tiết môi trường có tính chất bảo vệ trên nguyên tắc : tạo ra môi trường có khả năng loại trừ các hiện tượng ăn mòn, có nghĩa là thế đẳng nhiệt, đẳng áp của kim loại trong môi trường này là dương.

5.3.2. Bảo vệ kim loại chống ăn mòn điện hoá :

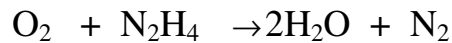
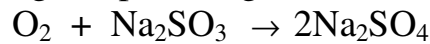
1-Xử lý môi trường :

Tìm mọi biện pháp để loại bỏ cấu tử ăn mòn ra khỏi môi trường làm việc của chi tiết. Hầu hết các kim loại đều bền trong môi trường trung tính đã loại bỏ oxy.

a-Chống ăn mòn trong nước :

Oxy hoà tan trong nước gây ăn mòn đáng kể cho kim loại. Do vậy phải tìm mọi cách khử oxy trong các dung dịch. Độ hoà tan của oxy phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất riêng phần của oxy và nồng độ muối của dung dịch. Loại trừ oxy bằng cách :

*Sử dụng các phản ứng hoá học :



ở nhiệt độ cao dùng hydrazin để loại trừ nguy cơ tạo thành muối trong dung dịch, theo phản ứng sau :



*Sử dụng các phương pháp vật lý :

-Đun nóng dung dịch hoặc nước để oxy thoát ra.

-Xử lý chân không, dung dịch hoặc nước, có thể giảm nồng độ oxy đến rất thấp

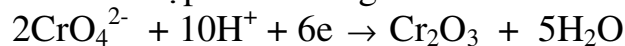
b-Chống ăn mòn trong khí quyển :

Trong không gian kín nếu độ ẩm tương đối nhỏ hơn 50% sẽ chống được ăn mòn. Ta sử dụng các chất hút ẩm (silicagen), dùng chất ức chế bay hơi, tạo màng trên bề mặt kim loại sẽ chống được ăn mòn tốt.

2-Bảo vệ kim loại bằng các chất làm chậm ăn mòn (chất ức chế)

Chất ức chế ăn mòn là các hợp chất khi được pha thêm vào môi trường ăn mòn với lượng rất nhỏ nhưng tác dụng làm chậm rõ rệt tốc độ ăn mòn. Tác dụng kìm hãm tốc độ ăn mòn của chất ức chế có thể là :

*Tạo thành các hợp chất không tan kết tủa trên bề mặt kim loại :



*Do hấp phụ thành một lớp đơn phân tử trên bề mặt kim loại.

Có hai loại chất ức chế ăn mòn :

*ức chế thụ động : làm cho kim loại trở về trạng thái thụ động hoá và không bị ăn mòn.

*ức chế không thụ động : hấp phụ lên bề mặt kim loại làm chậm tốc độ ăn mòn.

Để đánh giá hiệu quả của chất làm chậm ăn mòn ta dùng khái niệm "hệ số tác dụng bảo vệ Z" :

$$Z = \frac{P_o - P_{LC}}{P_o} \cdot 100\% \quad (5.5)$$

P_o và P_{LC} là tổn thất trọng lượng kim loại trong dung dịch không có và có chất làm chậm ăn mòn.

5.3.3. Bảo vệ điện hoá

Để bảo vệ điện hoá ta phải thay đổi điện thế điện cực của kim loại đến khu vực bên ăn mòn hoặc khu vực thụ động của đồ thị Pourbaix (h.6.11). Phương pháp này thường dùng trong môi trường dẫn điện, ion như : trong đất, nước ...Nếu làm thay đổi điện thế điện cực kim loại chuyển về phía dương hơn so với điện thế ăn mòn cho đến khi kim loại rơi vào vùng thụ động gọi là bảo vệ catốt. Nếu điện thế điện cực chuyển về phía âm hơn so với điện thế ăn mòn thì phản ứng anốt hoà tan kim loại bị chậm lại hay ngừng hẳn gọi là bảo vệ catốt.

1-Bảo vệ catốt :

a-Bảo vệ catốt bằng protector : (anốt hy sinh)

Kim loại cần bảo vệ được nối với một kim loại khác có điện thế điện cực âm hơn (h.6.12a). Kim loại này gọi là protector hay anốt hy sinh. Phương pháp này chủ yếu dùng để bảo vệ các công trình bằng thép. Số lượng protector phụ thuộc vào mật độ dòng bảo vệ cần thiết, diện tích và thời gian bảo vệ.

Vật liệu làm protector thường dùng là các kim loại và hợp kim Mg, Al, Zn...Các yêu cầu của vật liệu làm protector :

*Có điện thế điện cực âm hơn so với kim loại cần bảo vệ.

*Có dung lượng cao và ổn định. Dung lượng Q (A.h/kg) là điện lượng do một đơn vị khối lượng protector sản sinh ra, nó đặc trưng cho khả năng làm việc lâu dài theo thời gian của protector.

*Có độ phân cực anốt nhỏ để đảm bảo xác suất bảo vệ cao.

Nhôm, kẽm và hợp kim của chúng chủ yếu dùng trong nước biển. Magiê và hợp kim dùng bảo vệ trong đất. Trong nước ngọt dùng Mg, Zn và hợp kim của chúng.

b-Bảo vệ catốt bằng dòng điện ngoài :

Xét mạch chỉnh lưu và điện cực phụ để bảo vệ đường ống dưới đất. Khi chưa có dòng điện ngoài thì điện thế điện cực kim loại bị ăn mòn sẽ là E_{am} với tốc độ ăn mòn tương ứng là i_{am} (h.6.12b). Khi có dòng điện ngoài ta dịch chuyển được điện thế điện cực tới giá trị E_1 (h.6.13b) thì tốc độ ăn mòn $i'_{am} < i_{am}$ và kim loại được bảo vệ một phần. Nếu chuyển điện thế điện cực đến bằng điện thế cân bằng của quá trình ôxy hoá kim loại E_{cb}'' thì tốc độ ăn mòn $i_{am} = 0$ và kim loại được bảo vệ hoàn toàn. Dòng điện ngoài là dòng một chiều được chỉnh lưu từ điện lưới.

Điện cực phụ thông dụng là anốt không tan : gang, graphit, hợp kim chì có 1%Ag, 6%Sb, các hợp kim Ti-Pb, Ta-Pt, Nb-Pt. Các yêu cầu của điện cực phụ :

*Tốc độ tiêu hao khi phân cực nhỏ hay không đáng kể.

*Có khả năng làm việc với mật độ dòng bảo vệ lớn, đến hàng nghìn A/m².

*Có độ dẫn điện đủ cao, độ bền cơ học bảo đảm và dễ chế tạo.

C-Một số lưu ý :

*Với các công trình nhỏ nên dùng bảo vệ bằng protector vì giá thành thấp hơn.

*Bảo vệ bằng dòng điện ngoài thường dùng cho các diện tích rất lớn.

*Thường xuyên kiểm tra bảo dưỡng đúng định kỳ.

*Các phương pháp bảo vệ catốt thường dùng kết hợp các lớp bảo vệ cách điện : sơn, bọc nhựa đường, chất dẻo...

2-Bảo vệ anốt :

Trong bảo vệ anốt điện thế ăn mòn được tăng lên sao cho nó nằm trong khu vực thụ động của đồ thị Pourbaix. Phương pháp này chỉ dùng để bảo vệ các kim loại có thể bị thụ

động hoá. Sơ đồ bảo vệ của nó theo hình 6.14. Khi bảo vệ anốt, phải nâng điện thế ăn mòn đến điện thế lớn hơn điện thế khởi đầu thụ động E_{td} và tốc độ ăn mòn lúc này bằng i_{td} tức là mật độ dòng ăn mòn thụ động.

Phương pháp này dung bảo vệ các bồn lớn chứa axit bằng thép không rỉ. Bảo vệ anốt ít tiêu hao năng lượng. Tuy nhiên cần chú ý kiểm tra các ion trong môi trường, đặc biệt là Cl⁻ để ngăn ngừa quá trình hoạt hoá.

3-Chống ăn mòn bằng các lớp sơn, phủ :

a-Phủ nhúng nóng :

Nhúng kim loại đã xử lý bề mặt vào kim loại bảo vệ đang nóng chảy. Các kim loại dùng để phủ nhúng nóng là : Sn (232^oC), Al(657^oC), Pb(327^oC), Zn(419^oC).

b-Mạ :

Lớp phủ kim loại được mạ trong chất điện ly nóng chảy chứa các ion cần thiết hay trong dung dịch điện ly. Thông dụng nhất là dùng bình điện phân gồm chi tiết cần mạ (catốt) điện cực phụ (anốt) và dung dịch điện ly.

c-Phun kimloại :

Phun kim loại được nung nóng chảy (bằng ngọn lửa, hay plasma) lên bề mặt chi tiết cần phủ và tạo ra lớp bảo vệ

d-Lớp phủ khuếch tán : (thấm kim loại)

Thường dùng để khuếch tán kẽm vào bề mặt thép. Chi tiết thép đặt trong hộp chứa bột kẽm và ôxyt kẽm (chống vón cục). Sau đó nung trong môi trường khí trơ ở 440^oC, kẽm sẽ khuếch tán phủ lên bề mặt thép.

e-Lớp phủ phốt phát (phốt phát hoá)

Nhúng chi tiết kim loại vào hỗn hợp dung dịch H₃PO₄, Mg₃(PO₄)₂, Zn₃(PO₄)₃ nóng chảy sẽ tạo ra lớp phủ phốt phát trên bề mặt.

f-Lớp phủ crômat :

Nhúng chi tiết kim loại đã xử lý bề mặt vào dung dịch axit chứa natri crômat tạo ra lớp phủ có tính bảo vệ và tăng vẻ đẹp bề mặt (tính hàng hoá) của kẽm hay lớp mạ kẽm trên thép.

g-Lớp phủ ôxyt :

Cho kim loại cần bảo vệ phân cực anốt trong dung dịch axit để tạo ra lớp ôxyt dày khoảng 10 μm. Xử lý các lỗ xốp trong màng ôxyt bằng cách ngâm trong thuốc nhuộm.

h-Lớp phủ thuỷ tinh, men :

*Lớp phủ thuỷ tinh : dùng thuỷ tinh và ôxyt kim loại trộn dưới dạng vữa nhão, sau đó trát một lớp mỏng lên bề mặt, sấy khô và nung chảy lỏng. Chúng sẽ tạo ra lớp phủ dạng màng mỏng trên bề mặt.

*Lớp phủ men : dùng men thuỷ tinh 60-75% SiO₂, 12-20% ôxyt kim loại kiềm thổ, thêm vào một ít các ôxyt Ti,Zr, B, Al phủ lên bề mặt kim loại dưới dạng nóng chảy. Chiều dày 0,8-2mm.

i-Các lớp phủ hữu cơ :

*Sơn : dùng các loại sơn có pha thêm chất ức chế ăn mòn để phủ lên bề mặt chi tiết bằng phương pháp lăn, quét, xịt hay sơn tĩnh điện.

*Phủ chất dẻo : dán chặt các tấm nhựa bằng PVC, polyetylen, lên thép bằng khí nóng. Nhúng chi tiết vào PVC nóng chảy, phun bột nhựa (nylon, PVC, teflon...) lên bề mặt sau đó cho nóng chảy và bám dính vào bề mặt kim loại.

5.4.SỰ ĂN MÒN CÁC VẬT LIỆU GỐM :

Với vật liệu gốm sự ăn mòn của chúng là do sự phá huỷ hóa học, cơ chế ăn mòn của chúng khác hẳn vật liệu kim loại. Tùy theo tính chất của môi trường làm việc sẽ xảy ra quá trình ăn mòn, phá huỷ các vật liệu gốm. Do đó chúng ta không thể khảo sát cho từng loại vật liệu cụ thể được.

Các vật liệu gốm được sử dụng nhiều vì chúng có độ bền chống ăn mòn khá cao. Thủy tinh dùng để chứa các chất lỏng xâm thực. Vật liệu chịu lửa được sử dụng trong các lĩnh vực nhiệt độ cao, chịu tác dụng của kim loại, các loại muối, xỉ ...

5.5.SỰ THOÁI HOÁ CỦA VẬT LIỆU POLYME (LÃO HOÁ) :

Trong quá trình sử dụng các vật liệu polyme bị thoái hoá theo thời gian : tính năng cơ, lý, hóa của chúng bị suy giảm và cuối cùng bị hư hỏng. Sự thoái hoá của vật liệu polyme là do các quá trình lão hoá vật lý, lão hoá và thoái hoá hoá học.

5.5.1.Sự lão hoá vật lý :

Sự lão hoá vật lý gây ra do các yếu tố sau :

a-Sự di chuyển, sự mất mát do bay hơi, sự tridsh ly bởi dung môi của chất hoá dẻo làm biến đổi tính chất của polyme.

b-Tác dụng của dung môi : các phân tử dung môi có kích thước nhỏ có thể thâm nhập vào các mắt xích phân tử làm cho các poly me bị trương lên, do vậy bên trong chúng xuất hiện ứng suất dư làm cho chúng có thể bị nứt, gãy.

5.5.2.Sự thoái hoá và lão hoá hoá học :

Sự lão hóa và thoái hoá hoá học xảy ra bởi tác động mạnh làm biến dạng mạch cao phân tử. Vì vậy cơ tính và điện tính của polyme giảm đáng kể. Các polyme như polypropylen, polybutadien, polystyren và polyamit nhạy cảm với sự ôxy hoá. Ozôn ôxy hoá mạnh hơn ôxy. Các polyme clo hoá không nhạy cảm với ôxy hoá. Chất chống ôxy hoá thông dụng là muội than, các amin và phenon.

5.5.3.Sự thoái hoá quang học :

Dưới tác dụng của tia cực tím độ bền đứt và màu sắc của polyme cũng bị giảm. Bức xạ cực tím có khi còn tăng cường tác dụng của ôxy. Các trường hợp này gọi là sự lão hoá khí hậu. Chống thoái hoá quang học bằng các chất màu tạo thành màng chống sự thâm nhập của bức xạ (muội than, ôxyt titan).

5.5.4.Sự thoái hoá do nhiệt :

Khi nhiệt độ tăng làm biến dạng cấu trúc mạch cao phân tử. Sự thoái hoá nhiệt có thể gây đứt mạch (polyetylen) hoặc sự khử ôxy hoá (metyl polymetacrylat) hay giảm phản ứng gốc ngoại vi (sự tạo thành axit HCl khi nhiệt phân polyvinyl clorua). Trường hợp giới hạn sự thoái hoá nhiệt có thể gây ra sự cháy, phản ứng toả nhiệt mạnh.

PHẦN 2 : CÁC LOẠI VẬT LIỆU KỸ THUẬT THÔNG DỤNG

CHƯƠNG 6 : GANG VÀ THÉP

6.1.KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GANG VÀ THÉP

6.1.1. Khái niệm chung về gang :

1- Khái niệm :

Gang là hợp kim của sắt và các bon với hàm lượng các bon lớn hơn 2,14%C. Trong thực tế gang luôn luôn có một ít các nguyên tố Mn, Si, P, S. Các loại gang thông dụng thường chứa : 2,0-4,0%C; 0,4-3,5%Si; 0,20-1,5%Mn; 0,04-0,65%P; 0,02-0,15%S

2- Tổ chức tế vi :

a- Gang trắng : là loại gang có tổ chức tế vi tương ứng với giản đồ pha Fe-C, toàn bộ các bon của nó nằm dưới dạng liên kết với sắt trong tổ chức xêmentit. Mặt gãy của nó có màu sáng trắng đó là màu của xêmentit. Gang trắng hầu như không sử dụng trong sản xuất cơ khí, chủ yếu dùng để luyện thép.

b- Các loại gang có graphit : là loại gang mà phần lớn hay toàn bộ các bon của chúng nằm dưới dạng tự do graphit nên mặt gãy của nó có màu xám. Tùy thuộc hình dáng của graphit người ta chia ra các loại gang xám, gang dẻo, gang cầu. Tổ chức graphit phân bố trên nền kim loại pherit, pherit-péclit, péclit. Các loại gang có graphit được sử dụng rất rộng rãi trong cơ khí.

6.1.2. Khái niệm về thép các bon :

1- Khái niệm :

Thép các bon là hợp kim của sắt và cácbon với hàm lượng các bon nhỏ hơn 2,14%. Ngoài ra trong thép luôn chứa một lượng nhỏ các nguyên tố Mn, Si, P, S. Với bất kỳ loại thép các bon nào ngoài sắt ra cũng có chứa $C \leq 2,14\%$; $Mn \leq 0,80\%$; $Si \leq 0,40\%$; P và $S \leq 0,05\%$. Thép các bon được sử dụng rất rộng rãi trong cơ khí và các ngành công nghiệp khác.

Ngoài các nguyên tố trên trong thép các bon còn chứa một lượng khí rất nhỏ hình thành trong quá trình nấu luyện như : ôxy, hydrô, nitơ. Nhưng do số lượng của chúng quá ít, ảnh hưởng không đáng kể đến tính chất nên ta thường không quan tâm đến.

2- Thành phần hoá học và tác dụng của các nguyên tố đến tổ chức và tính chất của thép :

a- Các bon : là nguyên tố quan trọng nhất quyết định đến tổ chức và tính chất của thép. Với hàm lượng các bon khác nhau thép có tổ chức tế vi khác nhau :

* Nếu hàm lượng các bon $< 0,80\%$: tổ chức là pherit và péclit

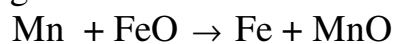
* Nếu hàm lượng các bon $= 0,80\%$: tổ chức là peclit.

* Nếu hàm lượng các bon $> 0,80\%$: tổ chức peclit và xêmentit thứ hai.

Mặt khác khi hàm lượng các bon tăng lên thì lượng xêmentit tăng lên, cản trở mạnh quá trình trượt của xêmentit làm cho độ bền, độ cứng của thép tăng lên, độ dẻo và độ dai giảm đi. Tuy nhiên độ bền lớn nhất đạt được với hàm lượng các bon từ 0,80-1,0%, vượt quá giới hạn này do lượng xêmentit thứ hai quá nhiều làm cho thép giòn, độ bền giảm đi (h.5.1-154)

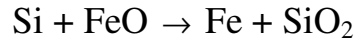
Thép các bon với hàm lượng khác nhau được sử dụng trong các lĩnh vực hoàn toàn khác nhau.

b- Mangan : được cho vào thép dưới dạng pherô mangan để khử ôxy loại bỏ tác hại của FeO trong thép lỏng :



Ôxyt mangan nổi lên đi vào xỉ và được lấy ra khỏi lò. Ngoài ra mangan còn có tác dụng loại bỏ tác hại của lưu huỳnh trong thép. Mangan hoà tan vào pherit nâng cao cơ tính cho thép, tuy nhiên tác dụng không lớn. Lượng mangan trong thép từ 0,50-0,80%

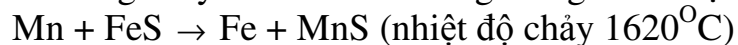
c-Silic : được cho vào thép dưới dạng pherô silic để khử ôxy loại bỏ tác hại của FeO trong thép lỏng :



Điôxyt silic nổi lên đi vào xỉ và được lấy ra khỏi lò. Ngoài ra silic còn hoà tan vào pherit và nâng cao cơ tính cho thép. Silic khử ôxy và nâng cao cơ tính cho thép mạnh hơn mangan. Lượng silic trong thép từ 0,20-0,40%. Do vậy tác dụng nâng cao cơ tính không đáng kể.

d-Phốt pho : Phốt pho có khả năng hoà tan vào pherit khá lớn (đến 1,20% trong Fe - C nguyên chất). Do đó gây xô lệch mạng pha này rất mạnh làm tăng tính giòn khá lớn (đường kính nguyên tử phốt pho khác nhiều so với sắt). Khi vượt quá giới hạn hoà tan nó tạo ra Fe₃P cứng và giòn. Do vậy phốt pho làm thép bị giòn ở nhiệt độ thường và gọi là giòn nguội. Do tính thiên tích rất mạnh nên chỉ cần 0,10%P đã làm cho thép bị giòn. Vì thế lượng phốt pho trong thép nhỏ hơn 0,05%. Về phương diện gia công cắt gọt thì phốt pho là nguyên tố có lợi vì làm cho phoi dễ gãy, lúc này lượng phốt pho đến 0,15%.

e-Lưu huỳnh : Lưu huỳnh hoàn toàn không hoà tan trong sắt mà tạo nên hợp chất FeS. Cùng tinh (Fe+FeS) tạo thành ở nhiệt độ thấp (988°C) và phân bố tại biên giới hạt. Khi cán, rèn, kéo (nung đến 1200°C) biên giới hạt bị chảy ra làm thép bị đứt, gãy, hiện tượng này gọi là giòn nóng hay bờ nóng. Tuy nhiên có thể dùng mangan để loại bỏ tác hại của lưu huỳnh :



Về mặt gia công cắt gọt thì lưu huỳnh là nguyên tố có lợi vì nó tạo ra sunphua làm cho phoi dễ gãy, trường hợp này lượng lưu huỳnh đến 0,35%.

3-Ký hiệu thép các bon (tiêu chuẩn thép các bon) :

a-Thép các bon chất lượng thường(thép các bon thông dụng) :

Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1765 - 75 nhóm thép các chất lượng thường được ký hiệu bằng chữ CT(chỉ chất lượng thường). Nếu cuối mác thép không có gì cả là thép lắng (lặng), s là thép sôi, n là thép nửa lắng. Chúng được chia làm ba phân nhóm :

*Phân nhóm A : là loại thép chỉ được quy định về cơ tính mà không quy định về thành phần hoá học. Giới hạn bền kéo tối thiểu tính theo đơn vị kG/mm² (với MPa phải nhân thêm 10), có thể tra bảng để tìm các chỉ tiêu $\sigma_{0,2}$, δ , ψ và a_K . Gồm các mác CT31, 33, 34, 38, 38, 42, 51, 61.

*Phân nhóm B : là loại thép chỉ được quy định về thành phần hoá học mà không quy định về cơ tính (thành phần này có thể tìm thấy khi tra bảng). Ký hiệu của phân nhóm này tương tự phân nhóm A, chỉ khác là thêm chữ B ở đầu mác. Ví dụ BCT31, BCT33...BCT61.

*Phân nhóm C : gồm các thép được quy cả về cơ tính và thành phần hoá học. Ký hiệu của chúng tương tự phân nhóm A, chỉ khác là thêm chữ C ở đầu mác. Ví dụ CCT31, CCT33...CCT61. Để tìm các chỉ tiêu của thép phân nhóm này ta phải dựa vào hai phân nhóm trên. Chẳng hạn với mác thép CCT38, khi tìm thành phần hoá học ta tra bảng theo mác BCT38, cơ tính theo mác CT38.

b-Thép kết cấu :

Theo TCVN 1766-75 quy định ký hiệu bằng chữ C và các chữ số tiếp theo chỉ lượng các bon trung bình trong thép tính theo phần vạn. Ví dụ : C05, C10, C15... C65. Nếu cuối mác thép có chữ A là loại chất lượng cao hơn (P, S ≤ 0,030%)

c-Thép dụng cụ :

Theo TCVN 1822-75 quy định ký hiệu bằng chữ CD (C-các bon, D-dụng cụ) và các số chỉ lượng các bon trung bình trong thép theo phân vụn. Nếu cuối mác thép có thêm chữ A có nghĩa là chất lượng cao hơn. Ví dụ : CD70, CD80...CD130 (CD70A, CD80A...CD130A)

6.1.3. Khái niệm về thép hợp kim :

1-Khái niệm :

Thép hợp kim là loại thép ngoài sắt và các bon ra người ta cố ý đưa thêm vào các nguyên tố có lợi, với số lượng nhất định và đủ lớn để làm thay đổi tổ chức và cải thiện tính chất (cơ, lý, hoá) của chúng.

Các nguyên tố có lợi, được cố ý đưa vào thép gọi là nguyên tố hợp kim. Tùy theo tác dụng của chúng đối với thép mà giới hạn là nguyên tố hợp kim không giống nhau, nguyên tố tác dụng càng mạnh giới hạn này càng nhỏ.

Mn \geq 0,80-1,00%	Si \geq 0,50-0,80%	Cr \geq 0,50-0,80%
Ti \geq 0,10%	W \geq 0,10- 0,50%	Mo \geq 0,05-0,20%
Ni \geq 0,50-0,80%	Cu \geq 0,30%	B \geq 0,0005%

2-Ký hiệu :

TCVN 1759-75 quy định ký hiệu thép hợp kim theo quy luật sau :

*Số đầu tiên của mác thép chỉ lượng các bon trung bình có trong thép theo phân vụn, nếu \geq 1% thì không ghi.

*Các chữ là ký hiệu hoá học của nguyên tố hợp kim, số đứng sau các chữ chỉ lượng chứa của nó theo phần trăm, nếu xấp xỉ 1% thì không ghi.

*Cuối mác thép có chữ A là thép có chất lượng tốt hơn.

Ví dụ : 12Cr18Ni9Ti - 0,12%C; 18%Cr; 9%Ni; 1%Ti

50CrNiMo - 0,50%C; 1%Cr; 1%Ni; 1%Mo

38CrMoAlA - 0,38%C; 1%Cr; 1%Mo; 1%Al; loại tốt

6.2. CÁC LOẠI GANG THÔNG DỤNG :

6.2.1. Gang xám :

Gang xám là loại gang mà phần lớn hay toàn bộ các bon tồn tại dưới dạng tự do graphit. Graphit của nó ở dạng tấm, phiến, chuỗi... Mặt gãy của nó có màu xám đỏ là màu của graphit. Đây là loại gang phổ biến nhất và được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật, thông thường khi nói tới gang người ta hiểu rằng đó là gang xám.

1-Thành phần hoá học :

a-Các bon : Lượng các bon càng nhiều nhiệt độ chảy của gang càng thấp, nhưng sẽ làm cho graphit tăng lên cơ tính sẽ càng thấp. Xu hướng ngày nay dùng gang có các bon thấp để có độ bền cao, vì vậy lượng các bon trong gang xám từ 2,8-3,5%.

b-Silíc : Là nguyên tố hợp kim quan trọng nhất trong gang xám, silic càng nhiều việc tạo thành graphit càng dễ dàng. Lượng silic trong gang xám từ 1,5-3%

c-Mangan : là nguyên tố cản trở việc tạo thành graphit, nhưng có tác dụng nâng cao cơ tính. Nếu trong gang xám lượng mangan tăng lên thì silic cũng phải tăng lên tương ứng. Lượng mangan từ 0,50-1,0%.

d-Phốt pho : Phốt pho không ảnh hưởng gì đến sự tạo thành graphit nhưng có tác dụng làm tăng độ chảy loãng và nâng cao tính chống mài mòn (tạo ra cùng tinh Fe + Fe₃P và Fe + Fe₃P + Fe₃C). Lượng phốt pho từ 0,1-0,20%, khi cần tính chống mài mòn cao có thể đến 0,50%. Không sử dụng tỷ lệ cao hơn vì sẽ làm gang bị giòn

e-Lưu huỳnh : Là nguyên tố có hại vì làm giảm độ chảy loãng của gang và cản trở quá trình tạo graphit. Lượng lưu huỳnh từ 0,08-0,12%

2-Tổ chức tế vi :

Tổ chức tế vi của gang xám được phân ra làm hai phần : nền kim loại (cơ bản) và graphit. Tùy theo mức độ graphit hoá gang xám có ba loại :

a-Gang xám pherit : Tổ chức của nó gồm nền kim loại là sắt nguyên chất kỹ thuật (pherit) và graphit. Loại gang này có độ bền thấp nhất.

b-Gang xám pherit-peclit : Gồm có nền kim loại là thép trước cùng tích và graphit, lượng các bon trong nền kim loại < 0,80%.

c-Gang xám peclit : Gồm có nền kim loại là thép cùng tích và graphit, lượng các bon trong nền kim loại là 0,80%, loại gang này có độ bền cao nhất.

3-Cơ tính và biện pháp nâng cao cơ tính :

a-Cơ tính : Do có graphit dạng tấm nên làm giảm mạnh độ bền kéo của gang, chỉ bằng khoảng 1/3-1/5 so với thép tương ứng. Do graphit tấm, bề mặt lớn chia cắt mạnh nền kim loại và có hai đầu nhọn là nơi tập trung ứng suất.

Tuy nhiên graphit có tính bôi trơn tốt làm giảm ma sát, tăng tính chống mài mòn, có tác dụng làm tắt rung động và dao động cộng hưởng.

Độ cứng thấp 150-250HB, phoi dễ gãy, cắt gọt tốt. Độ dẻo xấp xỉ không, không biến dạng dẻo được.

b-Các biện pháp nâng cao cơ tính :

Các yếu tố ảnh hưởng đến cơ tính của gang xám : nền kim loại, hình dáng, số lượng và kích thước graphit. Trong đó nền kim loại ảnh hưởng quyết định nhất, nền kim loại càng bền thì cơ tính của gang càng cao. Ta có các biện pháp sau :

*Giảm lượng các bon của gang : do đó giảm được lượng graphit tự do. Ngày nay xu hướng dùng gang có lượng các bon thấp từ 2,2-2,5%. Tuy nhiên phải dùng lò có nhiệt độ cao (lò điện) mới nấu chảy được do nhiệt độ nóng chảy của gang bị nâng cao.

*Biến tính : để làm nhỏ mịn graphit, chất biến tính gồm 65% pherô silic và 35%Al trước khi rót gang lỏng vào khuôn.

*Hợp kim hoá : cho thêm các nguyên tố hợp kim cần thiết khi nấu luyện để hoá bền nền kim loại, nâng cao độ thấm tôi, tính chống ăn mòn, mài mòn, chịu nhiệt ...

*Nhiệt luyện : để tạo ra các nền kim loại phù hợp với yêu cầu sử dụng.

4-Ký hiệu và công dụng :

a-Ký hiệu : Theo TCVN 1659-75 quy định ký hiệu gang xám bằng hai chữ GX (có nghĩa là gang xám), tiếp đó là các nhóm số chỉ giới hạn bền kéo và giới hạn bền uốn tối thiểu tính theo đơn vị kG/mm².

Ví dụ :GX15-32 có giới hạn bền kéo tối thiểu 15kG/mm² và giới hạn bền uốn tối thiểu 32kG/mm².

b-Công dụng : Gang xám được sử dụng rất rộng rãi làm vỏ, nắp máy, thân máy, vỏ hộp số, mặt bích, các te, bánh răng tốc độ chậm, bánh đà, sơ mi, xéc măng, ổ trượt ...

6.2.2.Gang xám biến trắng :

Trong sản xuất cơ khí hầu như không dùng gang trắng, tuy nhiên trong một số trường hợp để sản xuất bi nghiền, trục nghiền, trục xay xát ta sử dụng gang xám biến trắng. Loại gang này có bề mặt bị biến thành gang trắng với chiều dày nhất định có độ cứng cao và tính

chống mài mòn lớn. Chế tạo gang xám biến trắng bằng cách đúc gang xám trong khuôn kim loại, lớp bề mặt nguội nhanh sẽ biến thành gang trắng.

6.2.3. Gang dẻo :

Là loại gang có tổ chức graphit tương đối thu gọn ở dạng cụm và bông, tính dẻo tương đối cao, mặt gãy có màu xám. Nhìn bề ngoài thì không thể phân biệt được với gang xám.

1-Thành phần hoá học :

Do được ủ từ gang trắng nên thành phần hoá học tương tự như gang trắng đem ủ. Tuy nhiên với gang dẻo thường dùng lượng các bon thấp khoảng từ 2,2-2,8% để ít graphit làm cho tính dẻo cao. Lượng silíc phải vừa đủ để nhận được gang hoàn toàn trắng khi đúc và đủ để thúc đẩy quá trình graphit hoá khi ủ thông thường tổng lượng các bon -silic khoảng 3,5%. Vật đúc đem ủ phải có tiết diện (thành) mỏng để nguội nhanh.

2-Tổ chức tế vi :

Tương tự như gang xám, tùy theo mức độ tạo thành graphit (graphit hoá), gang dẻo được chia ra làm ba loại :

a-Gang dẻo pherit :

Là loại gang có nền kim loại là sắt nguyên chất kỹ thuật, trên đó có graphit cụm hay bông phân bố.

b-Gang dẻo pherit-peclit :

Là gang có nền kim loại thép trước cùng tích và graphit cụm hay bông.

c-Gang dẻo pec lít :

Là gang có nền kim loại là thép cùng tích và graphit cụm hay bông.

Trong ba loại gang dẻo trên thì gang dẻo pherit có độ bền thấp nhất và gang dẻo peclit có độ bền cao nhất.

3-Cơ tính :

Đặc tính nổi bật của gang dẻo là có độ dẻo cao do lượng các bon thấp graphit ít và ở dạng tương đối thu gọn. Cơ tính của nó là trung gian giữa gang xám và gang cầu.

4-Ký hiệu và công dụng :

a-Ký hiệu :

TCVN 1659-75 quy định ký hiệu gangdẻo bằng hai chữ GZ (gang dẻo) và hai nhóm số chỉ giới hạn bền kéo tối thiểu tính theo kG/mm^2 và độ giãn dài tương đối (δ) tính theo %.

Ví dụ : GZ60-03 - có giới hạn bền kéo tối thiểu là 60 kG/mm^2 và độ giãn dài tương đối 3%.

b-Công dụng :

Gang dẻo thường được dùng làm các chi tiết đồng thời đòi hỏi ba yêu cầu sau :

*Hình dáng phức tạp (sử dụng tính đúc cao)

*Chịu va đập (tính dẻo)

*Tiết diện mỏng.

Trong thực tế gang dẻo còn sử dụng trong chi tiết máy dệt, máy nông nghiệp, cuốc bàn guốc hãm xe lửa... Nếu vật đúc thông thường thì dùng gang xám do giá thành thấp hơn.

6.2.4. Gang cầu :

Là loại gang có tổ chức graphit thu gọn nhất ở dạng quả cầu, do đó gang cầu có độ bền cao nhất trong các loại gang có graphit.

1-Thành phần hoá học :

Do được chế tạo từ gang xám nên gang cầu có thành phần hoá học giống như gang xám, nhưng có một số đặc điểm sau :

*Lượng cacbon và silic cao tới 5-6% để bảo đảm khả năng graphit hoá.

*Không có hay rất ít các nguyên tố cản trở quá trình cầu hoá như : Ti, Al, Sn, Pb, Zn, Bi và đặc biệt là S.

*Chứa một lượng nhỏ chất biến tính Mg hay Ce (0,04-0,08)%

*Có các nguyên tố nâng cao cơ tính : Ni < 1%, Mn (2%)

2-Tổ chức tế vi :

Tuỳ theo mức độ graphit hoá gang cầu được chia làm ba loại :

*Gang cầu pherit : nền kim loại là sắt nguyên chất và graphit cầu

*Gang cầu pherit - peclit : nền kim loại là thép trước cùng tích và graphit cầu,

*Gang cầu péclit : nền kim loại là thép cùng tích và graphit cầu.

3-Cơ tính :

Gang cầu có cơ tính khá cao, giới hạn bền kéo bằng 70-80% so với thép, độ bền từ 400-1000MN/m², $\delta\% = 5-15\%$, $a_K = 300-600kJ/m^2$. Gang cầu ít bị phá huỷ giòn hơn gang xám. Độ cứng xấp xỉ 200 HB gia công cắt gọt tốt.

4-Ký hiệu và công dụng :

a-Ký hiệu :

Theo TCVN 1659-75 quy định ký hiệu gang cầu bằng hai chữ GC (gang cầu) và các nhóm số chỉ giới hạn bền kéo tối thiểu theo kG/mm² và độ giãn dài tương đối $\delta\%$.

Ví dụ : GC100-04 - có giới hạn bền kéo tối thiểu 100kG/mm² và độ giãn dài tương đối $\delta = 4\%$.

b-Công dụng :

Gang cầu chủ yếu dùng thay thép để chế tạo các chi tiết hình dáng phức tạp như trục khuỷu xe ô tô du lịch và vận tải nhỏ. Ngoài ra nó còn dùng làm một số chi tiết quan trọng khác.

6.2.5.Gang hợp kim :

Gang hợp kim là gang mà ngoài sắt và các bon ra còn có thêm các nguyên tố khác được cố ý đưa vào để nâng cao các tính chất của chúng (chủ yếu là cơ tính) như : Cr, Mn, Ni, Cu ... Trong đó Cr làm tăng mạnh độ thấm tôi, Mn và Ni làm tăng độ bền, Cu nâng cao tác dụng chống ăn mòn...

6.3.CÁC LOẠI THÉP THÔNG DỤNG :

6.3.1.Thép các bon chất lượng thường (thép các bon thông dụng) :

Nhóm thép này chủ yếu dùng trong xây dựng, chúng được cung cấp dưới dạng bán thành phẩm qua cán nóng : ống, thanh, dây, thép hình, sợi, băng... ở trạng thái thường hoá, không qua tôi và ram. Chúng phải có tiết diện quy định và độ bền đạt yêu cầu sử dụng. Ngoài ra chúng còn được dùng làm một số chi tiết không quan trọng lắm. Gồm các mác thép sau đây (theo TCVN 1765-75) : CT31, CT33 ...CT61, BCT31, BCT33...BCT61, CCT31, CCT33...CCT61.

6.3.2.Thép kết cấu :

Thép kết cấu là thép được sử dụng với khối lượng lớn nhất để chế tạo các chi tiết máy và kết cấu chịu tải. Chúng đáp ứng được các yêu cầu khác nhau về cơ tính, chính xác về hình dạng, kích thước và đạt được độ bóng bề mặt theo yêu cầu lắp ráp.

1-Yêu cầu của thép kết cấu :

a-Cơ tính tổng hợp cao :

Đây là yêu cầu cơ bản nhất vì nó quyết định khả năng chịu tải và thời gian làm việc cho chi tiết máy trong điều kiện tải trọng quy định.

*Độ bền cao : nếu độ bền cao sẽ giúp cho máy móc có công suất lớn hơn, nhỏ gọn hơn và tuổi thọ cao hơn. Trong các chi tiết máy ứng suất sinh ra không được lớn hơn giới hạn chảy vì không được phép biến dạng dẻo. Do vậy giới hạn chảy cao là yêu cầu quan trọng nhất về cơ tính của thép kết cấu.

*Độ dai va đập cao : đây là chỉ tiêu rất quan trọng vì chi tiết máy thường làm việc trong điều kiện tải trọng động. Chỉ tiêu này quyết định độ tin cậy khi làm việc, đảm bảo cho chi tiết không bị phá huỷ giòn. Đây là yêu cầu đặc biệt quan trọng đối với các phương tiện giao thông.

*Giới hạn mỏi cao : Khá nhiều chi tiết làm việc trong điều kiện tải trọng thay đổi có chu kỳ cần phải có giới hạn mỏi cao để tránh phá huỷ mỏi.

*Tính chống mài mòn cao : Chi tiết máy làm việc trong điều kiện ma sát và mài mòn mạnh, do vậy bề mặt của chúng phải có độ cứng cao để chống mài mòn tốt. Nâng cao tính chống mài mòn bằng nhiệt luyện.

b-Tính công nghệ tốt :

Do được sản xuất với số lượng lớn và phải qua các dạng gia công như biến dạng nóng, cắt gọt ...nên thép phải có tính công nghệ tốt để hạ giá thành gia công. Hầu hết chi tiết máy đều phải qua nhiệt luyện để đảm bảo các yêu cầu về cơ tính. Do vậy nếu thép có độ thấm tôi cao, dễ nhiệt luyện cũng góp phần hạ giá thành đáng kể.

c-Tính kinh tế :

Do sản lượng lớn, chủng loại nhiều nên yêu cầu giá thành của thép phải rẻ. Tuy nhiên yêu cầu này phải đặt sau độ bền. Trong một số trường hợp quan trọng phải dùng thép quý thì có thể bỏ qua yêu cầu này.

2-Thành phần hoá học :

Thép kết cấu phải có thành phần hoá học phù hợp để có thể đáp ứng được các yêu cầu nêu trên.

a-Các bon : là nguyên tố cơ bản nhất quyết định cơ tính và tính công nghệ của thép kết cấu. Do đó hàm lượng các bon trong thép kết cấu quy định khá chặt chẽ từ 0,10-0,65%. Tùy từng trường hợp cụ thể lại chia làm ba nhóm nhỏ như sau :

*Nhóm yêu cầu chủ yếu về độ dẻo, độ dai có lượng các bon thấp : 0,10-0,25%

*Nhóm yêu cầu chủ yếu về giới hạn chảy và độ dẻo có lượng các bon trung bình : 0,30-0,50%

*Nhóm yêu cầu chủ yếu về giới hạn đàn hồi có lượng các bon tương đối cao : 0,55-0,65%.

b-Thành phần hợp kim :

Các nguyên tố hợp kim được đưa vào thép kết cấu nhằm mục đích nâng cao độ bền do nâng cao độ thấm tôi và hoá bền pherit, tạo các bít phân tán và giữ cho hạt nhỏ. Tuy nhiên tính công nghệ của thép hợp kim sẽ xấu hơn và có giá thành cao hơn. Các nguyên tố hợp kim sử dụng trong thép kết cấu chia ra làm hai nhóm :

*Nhóm các nguyên tố hợp kim chính : là các nguyên tố chiếm tỷ lệ chủ yếu trong các nguyên tố đưa vào, có tác dụng nâng cao độ bền nhờ nâng cao độ thấm tôi. Gồm có các nguyên tố sau : Cr, Mn, Si, Ni (đôi khi cả B) với tổng lượng đưa vào 1-3% cao nhất 5-6%. Chúng có đặc điểm là :

-Rẻ, dễ kiếm

-Nâng cao độ thấm tôi. Để đạt được mục đích này người ta thường dùng hợp kim hóa phức tạp (với tổng lượng xác định sử dụng nhiều nguyên tố hợp kim).

*Nhóm các nguyên tố hợp kim phụ : được đưa vào thép với số lượng rất ít thường < 0,10% cao nhất không quá 0,20% với mục đích cải thiện một nhược điểm nào đó của nguyên tố hợp kim chính gồm có : Ti, Zr, V, Nb, Mo.

3-Thép thấm các bon :

a-Thành phần hoá học :

Thép thấm các bon là loại thép có thành phần các bon thấp : 0,10-0,25% (một số trường hợp đến 0,30%) để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh và va đập cao nhưng bề mặt bị mài mòn mạnh như : bánh răng, cam, chốt... Đặc điểm nhiệt luyện của chúng là thấm các bon, tôi và ram thấp.

*Các bon : lượng các bon trong thép trong khoảng 0,10 - 0,25% để đảm bảo lõi có độ dẻo, dai cao và sau khi nhiệt luyện đạt độ bền cao nhất.

*Hợp kim : các nguyên tố hợp kim phải có hai tác dụng nâng cao độ thấm tôi và thúc đẩy quá trình thấm (hoặc không cản trở quá trình thấm). Nguyên tố chủ yếu được dùng là crôm và kết hợp với mangan, niken.

b-Thép các bon :

Thường dùng các mác thép sau : C10, C15, C20, C25 và cả CT38. Đặc điểm của chúng là :

*Sau khi thấm các bon và nhiệt luyện đạt độ cứng bề mặt 60-62 HRC, chống mài mòn tốt, lõi có độ cứng 30-40 HRC độ dẻo tốt, độ dai cao, độ bền tốt :

500-600 MN/m²

*Độ thấm tôi thấp nên phải tôi trong nước, độ biến dạng lớn, không làm được các chi tiết có hình dáng phức tạp.

*Nhiệt độ thấm không vượt quá 900^oC, tốc độ thấm nhỏ, thời gian thấm dài, hạt lớn. Sau khi thấm phải thường hoá, tôi hai lần và ram thấp độ biến dạng lớn.

Công dụng : làm các chi tiết nhỏ ($\phi < 20$ mm), không quan trọng, hình dáng đơn giản, yêu cầu chống mài mòn không cao lắm như : phụ tùng xe đạp, xe kéo (trục, côn, nôi, bi...).

c-Thép crôm :

Thường dùng các mác thép sau : 15Cr, 20Cr, 15CrV, 20CrV. Chúng có đặc điểm sau :

*Sau khi thấm các bon và nhiệt luyện đạt độ cứng 60-62 HRC, độ bền và tính chống mài mòn cao hơn một ít (độ bền đạt 700-800 MN/m².)

*Làm các chi tiết tương đối phức tạp do tôi trong dầu độ biến dạng nhỏ.

*Nhiệt độ thấm 900-920^oC, tốc độ thấm nhanh hơn, hạt không lớn lắm. Tuy vậy vẫn phải tôi hai lần và ram thấp.

Công dụng : làm các chi tiết tương đối phức tạp , nhỏ ($\phi 20-40$ mm) như : bánh răng, trục bậc chốt cần tính chống mài mòn cao.

d-Thép crôm-niken và crôm-niken-môlipđen :

*Thép crôm -ni ken : nhóm thép này có đặc điểm sau :

-Sau khi thấm các bon tôi và ram thấp độ cứng đạt 60-62HRC, tính chống mài mòn cao hơn, độ bền đạt 1000-1200 MN/m²

-Có độ bền cao kết hợp với độ dẻo tốt : đây là ưu điểm nổi bật của thép Cr-Ni mà không có nhóm thép nào sánh được

-Độ thấm tôi rất cao, làm được các chi tiết lớn (chiều dày hay ϕ 100 mm)

-Nhiệt độ thấm các bon 900-920^oC

Chúng được chia ra làm hai loại, loại hợp kim thấp chứa 0,50-1,00%Cr, Ni > 1% có độ thấm tôi cao và tôi trong dầu. Tuy nhiên hiệu quả kinh tế của nó không cao nên ít sử dụng. Mác thép điển hình là 20CrNi được dùng làm các chi tiết hình dáng phức tạp, kích thước trung bình (50-70mm), chịu tải trọng va đập cao như bánh răng trong ô tô du lịch và xe tải nhỏ.

Loại Crôm -niken cao : lượng niken từ 2-4% và Cr trên dưới 1%, độ thấm tôi rất cao, có thể tôi thấu tiết diện đến 100 mm. Gồm các mác sau : 12CrNi3A, 20Cr2Ni4A, 18Cr2Ni4WA. Loại thép này có nhược điểm là : giá thành cao (Ni là nguyên tố đắt), tính gia công cắt kém do quá dẻo và nhiệt luyện phức tạp sau khi thấm các bon. Công dụng : làm các chi tiết tâm các bon rất quan trọng, chịu tải trọng nặng và mài mòn mạnh, yêu cầu có độ tin cậy cao như các chi tiết rong máy bay, ô tô.

*Thép crôm-niken-môlipđen : Trên cơ sở thép crôm -niken cao nhưng có thêm 0,10-0,40% Mo để nâng cao thêm độ thấm tôi. Đây là nhóm thép thấm các bon tốt nhất , sử dụng vào các mục đích quan trọng nhất và cho các chi tiết có tiết diện lớn nhất. Bao gồm các mác thép sau : 20CrNi2Mo, 18Cr2Ni4MoA.

e-Thép crôm-mangan-titan :

Nhóm thép này có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao được sử dụng khá phổ biến là các bánh răng trong ô tô tải nhẹ và trung bình. Giá thành của chúng thấp (không chứa niken), độ bền tương đương thép crôm niken nhưng độ dẻo và độ dai kém hơn. Ưu điểm của nhóm thép này là có tính công nghệ tốt hơn : không bị quá bão hòa các bon,, hạt không lớn nên có thể nâng cao nhiệt độ thấm đến 930-950^oC, tôi trực tiếp ngay sau khi thấm, độ biến dạng nhỏ. Gồm các thép : 18CrMnTi, 25CrMnTi.

4-Thép hoá tốt :

Là loại thép có thành phần các bon trung bình 0,30-0,50% dùng để chế tạo các chi tiết máy chịu tải trọng tĩnh và va đập tương đối cao bề mặt có thể bị mài mòn như trục, bánh răng, chốt, tay biên ...Chế độ nhiệt luyện của chúng là tôi và ram cao (nhiệt luyện hoá tốt)

a-Thành phần hoá học :

*Các bon : trong giới hạn từ 0,30-0,50% sẽ đảm bảo sự kết hợp tốt nhất giữa các chỉ tiêu về cơ tính : độ bền, độ cứng, độ dẻo, độ dai (cơ tính tổng hợp). Trong thực tế sử dụng phổ biến nhất là từ 0,35-0,45 %C

*Hợp kim : để đảm bảo cơ tính tổng hợp cao và đồng đều trên toàn bộ tiết diện các nguyên tố hợp kim phải sử dụng hợp lý, tiết diện càng lớn, lượng nguyên tố đưa vào càng cao. Nguyên tố hợp kim chính là crôm, mangan khoảng 1-2%, niken 1-4%. Ngoài ra có thể dùng thêm silic không quá 1%. Ngày nay có xu hướng dùng thêm bo với hàm lượng

0,0005-0,003%. Nguyên tố hợp kim phụ là molipđen và vonfram chủ yếu để chống xỉ mòn ram cho các chi tiết lớn.

b-Đặc điểm về nhiệt luyện :

Để cải thiện tính gia công cắt gọt sau khi tào phi bằng rền, dập nóng thép được ủ hoàn toàn đạt độ cứng 180-220 HB (thép crôm-niken phải thường hoá).

Nhiệt luyện kết thúc gồm hai bước :

*Bước thứ nhất tạo cho lõi có cơ tính tổng hợp cao để chịu được tải trọng tĩnh và va đập bằng tôi và ram cao, tổ chức nhận được là xoocbit ram (độ cứng 25-30HRC). Tổ chức này còn có tác dụng tạo được độ bóng cao khi cắt gọt và giúp cho chuyển biến xảy ra nhanh chóng, nhận được máctenxit nhỏ mịn.

* Tạo cho bề mặt độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn bằng tôi bề mặt và ram thấp (độ cứng đạt 52-58HRC). Ngoài ra có thể dùng thấm ni tơ hay thấm cacbon - ni tơ khi cần độ cứng cao hơn.

c-Thép các bon :

Thường sử dụng các mác sau : C30, C35, C40, C45, C50 nhưng thông dụng nhất là C45. Đặc điểm của nhóm thép này là đáp ứng được các yêu cầu đề ra nhưng ở mức thấp. Cụ thể như sau :

*Độ bền thấp do độ thấm tôi nhỏ, độ bền 750-850MN/m²

*Không làm được các chi tiết lớn và hình dáng phức tạp do tôi trong nước.

*Rẻ và có tính công nghệ tốt.

Công dụng : làm các chi tiết máy nhỏ ($\phi=20-30\text{mm}$) như: thanh truyền, chốt phẳng, trục, bánh răng bị động ...

d-Thép crôm :

Thường dùng loại thép chứa 0,50-1,00% crôm chủ yếu để nâng cao độ thấm tôi khi tôi trong dầu. Gồm các mác thép : 35Cr, 40Cr, 45Cr, 50Cr, nhưng thông dụng nhất là 40Cr và 40CrVA. So với nhóm thép các bon chúng có đặc điểm :

*Độ bền cao hơn do được hợp kim hoá bằng crôm nên độ thấm tôi cao, độ bền đạt được 800-950MN/m².

*Làm được các chi tiết có tiết diện trung bình hình dáng tương đối phức tạp như trục bậc, bánh răng trong máy cắt kim loại và tôi trong dầu.

*Bị dòn ram loại hai (với chi tiết nhỏ làm nguội nhanh sau khi ram).

e-Thép crôm -molipđen :

Cho thêm khoảng 0,25% molipđen sẽ nâng cao độ thấm tôi và chống dòn ram loại hai. Thường dùng nhất là mác thép 38CrMoA làm các chi tiết máy trung bình ($\phi > 50\text{mm}$) hình dáng tương đối phức tạp như bánh răng.

f-Thép crôm-mangan-silíc :

Loại thép này có 1%Cr, 1%Si hay 1%Cr, 1%Mn, 1%Si, do được hợp kim hoá phức tạp nên có độ thấm tôi cao hơn, độ bền đạt 1000-1100MN/m², dùng làm các chi tiết khá lớn ($\phi 50-60\text{mm}$). Tuy nhiên do hợp kim hoá cả Si lẫn Mn nên cứng hơn và dòn hơn, không được dùng phổ biến lắm. Thông dụng nhất là các mác 40CrMn, 38CrMnSi.

g-Thép crôm-niken và crôm-niken-molipđen :

Do được hợp kim hoá cả crôm và niken nên loại thép này có độ thấm tôi cao mà vẫn giữ được độ dẻo và độ dai tốt, đặc biệt là khi niken cao $\geq 3\%$ và có thêm Mo. Chúng được phân ra ba nhóm nhỏ :

*Thép crôm-niken thường : chứa khoảng 1%Cr và 1%Ni, do niken thấp nên độ thấm tôi chưa cao, làm các chi tiết $\phi 50-60$ mm, có độ bền $700-800\text{MN/m}^2$, $a_K = 700\text{kJ/m}^2$. Gồm các mác thép sau : 40CrNi, 45CrNi, 50CrNi thông dụng nhất là 40CrNi. Đặc điểm của loại thép này là :

- Độ bền tương đối cao kết hợp với độ dẻo độ dai tốt.
- Làm được các chi tiết có tiết diện khá lớn và hình dáng phức tạp.
- Tính gia công cắt không cao lắm (do khá dẻo)
- Bị dòn ram loại hai.

Công dụng : là các chi tiết chịu tải trọng động cao và cần độ tin cậy cao như hệ thống lái ô tô, chi tiết truyền lực trong máy bay...

*Thép crôm - niken cao : loại thép này chứa khoảng 1-2%Cr, 3-4%Ni (tỷ lệ Ni/Cr khoảng 3-4). Điển hình là mác 30CrNi3A, có độ thấm tôi lớn, có thể tôi thấu với $\phi > 100\text{mm}$, trong thực tế được xem là tôi thấu với tiết diện bất kỳ. Độ bền đạt 1100MN/m^2 , $a_K = 800\text{kJ/m}^2$. Tuy nhiên cũng bị dòn ram loại hai và tính gia công cắt kém. Công dụng như nhóm thép Cr-Ni nhưng với kích thước lớn hơn và hình dáng phức tạp hơn.

*Thép crôm-niken-môlipđen : loại thép này dựa trên cơ sở thép crôm niken cao và cho thêm vào khoảng 0,10-0,40%Mo. Đây là loại thép chế tạo máy tốt nhất do độ thấm tôi lớn, độ bền cao ($\sigma_B = 1200\text{MN/m}^2$, $a_K = 800\text{kJ/m}^2$), làm được chi tiết lớn, ($\phi > 100$ mm) hình dáng phức tạp và không bị dòn ram loại hai. Gồm các mác thép : 38CrNi3MoA, 38Cr2Ni2MoA, 38CrNi3MoVA và 38CrMoAlA (thép thấm ni tơ). Công dụng như nhóm thép trên nhưng với kích thước lớn hơn nhiều và hình dáng phức tạp hơn, độ tin cậy cao nhất.

5-Thép đàn hồi :

Thép đàn hồi là loại thép có hàm lượng các bon tương đối cao : 0,55-0,65%, có tính đàn hồi cao để là các chi tiết như lò xo, nhíp và các chi tiết đàn hồi khác. Đặc điểm nhiệt luyện của chúng là tôi và ram trung bình.

a-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

Đặc điểm làm việc của chi tiết đàn hồi là chịu tải trọng tĩnh và va đập cao nhưng không được phép biến dạng dẻo. Các yêu cầu của thép đàn hồi :

*Giới hạn đàn hồi cao, khả năng chống biến dạng dẻo lớn. Tỷ lệ $\sigma_{đh}/\sigma_B$ càng gần đến một càng tốt, thông thường đạt từ 0,85-0,95.

*Độ cứng khá cao, độ dẻo và dai thấp để tránh bị biến dạng dẻo (không được quá thấp để bị phá huỷ dòn)

*Giới hạn mỏi cao để phù hợp với điều kiện tải trọng thay đổi có chu kỳ.

b-Đặc điểm về thành phần hoá học và chế độ nhiệt luyện :

Thành phần hoá học :

*Các bon : để thoã mãn các yêu cầu trên lượng các bon từ 0,55-0,70% nhưng thường sử dụng từ 0,55-0,65 là tốt nhất.

*Nguyên tố hợp kim : nguyên tố hợp kim được sử dụng với mục đích :

-Nâng cao giới hạn đàn hồi và độ cứng, với yêu cầu này dùng mangan và silic là tốt nhất.

-Nâng cao độ thấm tôi để đảm bảo giới hạn đàn hồi cao và đồng nhất trên tiết diện với mục đích này thường dùng crôm và niken.

Trong thép đàn hồi thường dùng 1%Mn, 2%Si, 2%(Cr+Ni), không dùng nhiều mangan và silic vì sẽ làm thép bị quá giòn, cứng.

Đặc điểm về nhiệt luyện : để đạt được yêu cầu giới hạn đàn hồi cao nhất phải tiến hành tôi và ram trung bình tạo ra tổ chức troxtit ram. Để đảm bảo giới hạn đàn hồi và giới hạn mỏi cao cần lưu ý :

-Chống thoát các bon khi nhiệt luyện (do có silic), nếu bề mặt có hàm lượng các bon thấp hơn quy định dễ sinh ra vết nứt mỗi khi chịu kéo.

-Tạo ứng suất nén dư trên bề mặt bằng lăn bi kéo, cán nguội...

-Nâng cao độ bóng bề mặt, loại bỏ các vết xước là mầm móng các vết nứt mỗi bằng cách cán, kéo nguội hay mài.

c-Các loại thép đàn hồi :

*Thép các bon và thép mangan : gồm các mác thép C65, C70, C80, C85...60Mn, 65Mn, 70Mn. Đặc điểm của nhóm thép này :

-Giới hạn đàn hồi thấp $\sigma_{dh} \leq 800\text{MN/m}^2$.

-Độ thấm tôi thấp, chỉ tôi thấu đến đường kính 15 mm.

Nhóm thép được cung cấp chủ yếu ở dạng dây tròn dùng là các lò xo thường, yêu cầu không cao lắm.

*Thép silic và thép hợp kim khác : đây là nhóm thép có giới hạn đàn hồi cao dùng vào các mục đích quan trọng, gồm các mác : 55Si2, 60Si2, 65Si2, 70Si2... Đặc điểm của chúng như sau :

-Có giới hạn đàn hồi cao $\sigma_{dh} \geq 1000\text{MN/m}^2$, giá thành tương đối thấp.

-Độ thấm tôi cao hơn (tôi thấu tiết diện 20-30 mm trong dầu)

-Dễ thoát các bon khi nung.

Nhằm khắc phục nhược điểm trên người ta hợp kim hoá thêm crôm, mangan, niken và vanadi, do đó tạo ra các mác : 50CrMn, 50CrVA, 60Si2CrVA, 60Si2Ni2A... Công dụng của nhóm thép này là làm lò xo xe lửa, nhíp xe ô tô, các trục mềm, dây cốt đồng hồ. Cần lưu ý rằng các thép này nếu ở dạng dây tròn với đường kính < 6 mm đã được nhiệt luyện rồi, do đó chỉ cần ủ nguội rồi đem ủ thấp để khử ứng suất là sử dụng được.

6-Thép có công dụng riêng :

Nhóm thép này được sử dụng rất rộng rãi trong chế tạo máy, chúng được dùng vào các mục đích chuyên dùng.

a-Thép lá dập nguội (dập sâu) :

Nhóm thép này dùng chế tạo các chi tiết bằng phương pháp dập nguội, do vậy yêu cầu của chúng là phải có tính dẻo cao, nhất là khi dập sâu (độ biến dạng lớn). Do đó yêu cầu của chúng như sau :

*Hàm lượng các bon thấp $\leq 0,20\%$, thông dụng nhất là $\leq 0,10\%$, tổ chức chủ yếu là phe rít và một lượng nhỏ peclít.

*Hàm lượng silic thấp để thép không bị cứng, Si $\leq 0,05-0,07\%$, thuộc loại thép sôi.

*Hạt nhỏ và đều, cấp hạt 6-8.

Các mác thép thông dụng : C5s, C8s, C10s, C15s... Công dụng : làm chấn bần, ca bin xe... Với thép lá mỏng có thể được tráng kẽm để dùng trong công nghiệp thực phẩm làm đồ hộp hay tráng kẽm hay kẽm -nhôm để làm tấm lợp.

b-Thép dễ cắt (tự động) :

Thép dễ cắt (còn được gọi là thép tự động) được dùng làm các chi tiết phải qua gia công cắt gọt, số lượng nhiều, không chịu tải trọng lớn, yêu cầu độ bóng bề mặt cao và năng suất cao.

Thành phần hoá học : lượng các bon từ 0,10-0,40%, tổ chức phần lớn là phe rít và một phần péclit. Lượng photpho và lưu huỳnh cao hơn mức bình thường, photpho khoảng 0,08-0,15%, lưu huỳnh khoảng 0,15-0,35%. Lượng mangan 0,80-1,00% để tạo ra MnS làm phoi dễ gãy vụn. Thời gian gần đây người ta còn cho thêm chì (0,15-0,30) vào thép dễ cắt để tăng khả năng cắt gọt của nó (chì có nhiệt độ chảy thấp 327^oC để bị chảy khi cắt gọt, làm phoi đứt rời).

Các mác thép dễ cắt : 12S, 20S, 30S, 11SPb, 40SPb, 40MnS. Công dụng : bulông, đai ốc, vít, bạc, một số bánh răng...

c-Thép ổ lăn :

Đây là loại thép có chất lượng rất cao dùng để chế tạo các ổ lăn : ổ bi, ổ đĩa (bi côn) trong máy móc.

*Điều kiện làm việc và yêu cầu : các bề mặt làm việc của ổ lăn chịu ứng suất tiếp xúc cao với số lượng chu trình rất lớn, do hiện tượng trượt lẫn với nhau nên tại từng thời điểm chúng bị mài mòn đi. Các yêu cầu :

- Độ cứng và tính chống mài mòn cao ($\geq 64\text{HRC}$)
- Cơ tính phải đồng nhất, tuyệt đối không được có điểm mềm.
- Độ bền mỏi tiếp xúc cao.

*Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện :

Thành phần hoá học : lượng các bon cao 1%, hợp kim hoá crôm từ 0,5-1,5%, mangan và silic mỗi nguyên tố 1%. Để tránh các điểm mềm phải hạn chế lưu huỳnh và photpho, khí rất thấp (P,S < 0,02%, không chứa khí).

Nhiệt luyện : Tôi trong dầu ở nhiệt độ 850-860^oC, ram thấp ở nhiệt độ 150-180^oC. Tiến hành gia công lạnh để giảm tối đa lượng austenit dư lúc này độ cứng đạt $\geq 65\text{HRC}$.

*Các mác thép : OL100Cr0,6; OL100Cr0,9; OL100Cr1,5; OL100Cr1,5SiMn. Ngoài ra chúng còn được dùng làm bàn ren, ta rô, dụng cụ đo, pit tông bơm cao áp...

d-Thép đường ray :

Là loại thép các bon chất lượng cao, với hàm lượng các bon và mangan tương đối cao : 0,50-0,80%C, 0,60-1,00%Mn, lượng photpho và lưu huỳnh thấp : 0,05%S, 0,04%P. Việt Nam chưa có tiêu chuẩn cho thép đường ray, theo tiêu chuẩn của Nga nó được ký hiệu bằng chữ P (rayxnaia xtal) và số tiếp theo chỉ trọng lượng một mét ray tính bằng kilôgam. Ví dụ P45; P60...(tương ứng mỗi mét ray nặng 45 kG và 60 kG). Ray hỏng có thể tận dụng để làm các chi tiết và dụng cụ khác như : đục, dao, nhíp, dụng cụ gia công gỗ ...

e-Dây thép các loại :

Dây thép được sản xuất từ nhà máy luyện kim bằng phương pháp kéo nguội. Cơ tính của dây thép phụ thuộc và hàm lượng các bon và mức độ biến dạng. Dây thép có hàm lượng

các bon thấp thường được tráng kẽm dùng làm dây điện thoại và trong sinh hoạt. Dây thép có hàm lượng các bon trung bình (0,50-0,70%C) dùng làm các lò xo tròn. Dây thép có hàm lượng các bon cao, mức độ biến dạng lớn dùng làm dây cáp...

7-Thép có công dụng đặc biệt :

a-Thép không rỉ :

Thép không rỉ bao gồm một họ hợp kim trên cơ sở sắt mà tính chất cơ bản của chúng là chống ăn mòn trong các môi trường khác nhau. Mỗi loại thép không rỉ chỉ có khả năng chống ăn mòn trong số môi trường nhất định. Tính chống ăn mòn (độ bền ăn mòn) của thép chia ra các cấp sau :

- Tính chống ăn mòn cao : khi chiều sâu kim loại bị xâm thực < 0,125 mm/năm
- Tính chống ăn mòn đạt yêu cầu : khi chiều sâu xâm thực : 0,125 - 1,25 mm/năm.
- Tính chống ăn mòn yếu (không đạt yêu cầu) : khi độ xâm thực > 1,25mm/năm.

Nguyên nhân của hiện tượng thép bị rỉ là do ăn mòn điện hoá vì trong thép có hai pha với điện thế điện cực khác nhau. Vì vậy nguyên lý chung để chế tạo thép không rỉ là :

-Nâng cao điện thế điện cực của pherit và cacbit (hai pha cơ bản trong thép) làm giảm dòng điện ăn mòn.

-Làm cho thép có tổ chức một pha, với thành phần đồng nhất (austenit, pherit).

Đặc điểm chung của các loại thép không rỉ là : hàm lượng các bon thấp (càng thấp tính chống ăn mòn càng tốt) thành phần crôm và hợp kim cao. Các loại thép không rỉ đều có lượng crôm > 12,5%

*Thép không rỉ hai pha (mác tenxit) : là loại thép có 0,10-0,40%C và 13%Cr với hai pha là pherit và các bit crôm. Gồm các mác sau : 12Cr, 20Cr, 30Cr và 40Cr. Nhóm thép này có tính chống ăn mòn cao trong không khí, nước sông, nước máy và axit nitorit HNO₃. Công dụng : làm đồ trang sức, ốc vít không rỉ, chi tiết chịu nhiệt (<450^oC) dụng cụ mổ, ổ bi chống ăn mòn...

*Thép không rỉ pherit : là loại thép có lượng các bon thấp hơn từ 0,08-0,20%C với lượng crôm rất cao từ 17-25%Cr, tính chống ăn mòn cao hơn nhóm trên. Do vậy thép chỉ có một pha là pherit. Gồm các mác sau : 08Cr13, 12Cr17, 15Cr25Ti...Chúng có đặc điểm là nếu nung nóng lâu ở cao hơn 475^oC sẽ xuất hiện các pha dòn làm cho tính dẻo kém đi. Nhóm thép này sử dụng được trong khí hậu biển, nước biển, môi trường axit, công nghiệp hoá dầu...

*Thép không rỉ austenit : là loại thép có lượng các bon rất thấp, lượng crôm cao > 16-18% và niken cao ≥6-8%, tổ chức một pha là austenit. Điển hình nhất là họ 18.8 và 18.9 (18%Cr và 8-10%Ni). Gồm các mác thép sau : 12Cr18Ni9, 08Cr18Ni11, 08Cr18Ni10Ti, 12Cr18Ni9Ti, 04Cr18Ni10...Đặc điểm chung là : tính chống ăn mòn cao, hoàn toàn ổn định trong nước sông, nước biển, hơi nước bão hoà, quá nhiệt, duun dịch muối. Hoàn toàn ổn định trong HNO₃ với mọi nồng độ, trong H₂SO₄ nguội, trong HCl loãng. Có tính dẻo cao, cơ tính bảo đảm. Công dụng : sử dụng trong công nghiệp sản xuất axit, hoá dầu và thực phẩm, chi tiết chịu nhiệt đến 900-1000^oC. Chúng có nhược điểm là đắt tiền (do lượng niken cao), khó gia công cắt gọt (rất dẻo) và trong một số trường hợp bị ăn mòn tinh giới.

*Thép không rỉ hoá bền tiết pha : có thành phần và tổ chức tương tự thép không rỉ austenit nhưng chứa lượng crôm và niken thấp hơn (13-17%Cr, 4-7%Ni), ngoài ra còn có Al, Cu, Mo...Tổ chức là austenit nhưng không ổn định. Thép này có tính công nghệ và cơ tính cao, dễ gia công biến dạng và cắt gọt tốt, có thể tiến hành hoá bền bằng hoá già ở nhiệt độ

thấp tránh được biến dạng và ôxy hoá, có tính chống ăn mòn cao tương đương họ 18.8. Thường làm kết cấu máy bay.

b-Thép chống mài mòn cao : (thép Hadfield)

Loại thép này chứa các bon cao (0,90-1,30%) và lượng mangan lớn (11,40-14,50%), tổ chức là austenit, nhưng chống mài mòn rất cao khi làm việc trong điều kiện tải trọng va đập mạnh, ma sát lớn và áp lực cao. Khi làm việc trong điều kiện trên sẽ xảy ra hai hiện tượng sau :

*Mạng tinh thể bị xô lệch gây ra biến cứng trên lớp bề mặt.

*Dưới tác dụng của ứng suất sẽ có chuyển biến austenit thành máctenxit làm tăng độ cứng và tính chống mài mòn.

Điểm đặc biệt của thép này là lớp có tính chống mài mòn cao luôn tồn tại trên bề mặt của nó. Chế tạo chi tiết bằng thép chống mài mòn cao bằng phương pháp đúc. Hiện tại chỉ có một mác thép : 130Mn13Đ (Đ - chỉ chế tạo bằng phương pháp đúc).

Công dụng : làm xích xe tăng, máy kéo, hàm máy nghiền đá, răng gàu xúc, lưỡi ben máy gạt, ghi ray...

c-Thép bền nóng :

Thép bền nóng là loại thép có khả năng chịu tải trọng lâu dài ở trên 500°C được sử dụng trong các lĩnh vực như : nồi hơi, động cơ phản lực, tua bin khí, tên lửa...

*Yêu cầu của thép bền nóng :

-Có tính ổn định nóng cao : là khả năng bền hoá học ở nhiệt độ cao, chống lại việc tạo tạo thành lớp vảy ôxyt và ngăn cản sự phát triển của nó.

-Có tính bền nóng lớn : là khả năng vật liệu chịu được tải trọng ở nhiệt độ cao. ở nhiệt độ cao dưới tác dụng của tải trọng không đổi nhỏ hơn giới hạn chảy kim loại bị biến dạng dẻo một cách chậm chạp theo thời gian và gọi là dãn. Đánh giá độ bền của thép ở nhiệt độ cao bằng hai chỉ tiêu là giới hạn dãn và độ bền dãn. Độ bền dãn là ứng suất gây ra phá huỷ dãn sau thời gian xác định tại nhiệt độ đã cho (ví dụ $\sigma_{b/1000} = 250\text{MN/m}^2$ tại 850°C). Giới hạn dãn cần thiết để có độ biến dạng xác định (ví dụ 0,2%), sau thời gian thử ấn định (ví dụ 1000h) tại nhiệt độ đã cho (ví dụ $\sigma_{0,2/1000} = 170\text{MN/m}^2$).

*Thép làm xu páp xả :

Xu páp xả trong động cơ đốt trong làm việc trong điều kiện tải trọng cao, mài mòn và va đập lớn, bị ăn mòn do khí cháy, chịu nhiệt độ 650-700°C. Để làm xu páp xả ta dùng loại thép có các bon trung bình (0,35-0,50%), chứa crôm cao (9,00-10,00%) và 2% Si. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao tạo ra ôxyt Cr_2O_3 , SiO_2 bền sát chặt chống ăn mòn hoá học. Các mác thép thường dùng : 40Cr9Si2, 40Cr10Si2Mo, 30Cr13Ni7Si2, 45Cr14Ni14W2Mo

*Thép làm nồi hơi và tua bin hơi : các nồi hơi và tua bin hơi tại các nhà máy nhiệt điện thường làm việc ở nhiệt độ 540°C và áp suất 250 at hay 560°C và áp suất 160 at. Để đảm bảo tuổi thọ lâu dài (đến 100 000 h) ta phải sử dụng các thép phù hợp.

Với nhiệt độ nhỏ hơn 450°C có thể dùng CT34, CT38, C15, C20 làm nồi hơi. ống quá nung hơi, ống dẫn hơi (540-560°C) sử dụng mác : 12CrMo, 12CrMoV. Cánh tua bin hơi dùng thép : 15Cr12WNiMoV, 15Cr11MoV. Với nồi hơi áp suất siêu cao dùng loại thép 9Cr14Ni19W2NbB.

6.3.3.Thép dụng cụ :

Thép dụng cụ là các loại thép dùng làm các dụng cụ cắt gọt và biến dạng kim loại, dụng cụ đo.

1-Thép làm dụng cụ cắt :

a-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

*Điều kiện làm việc : Nhìn chung dụng cụ cắt gọt làm việc trong điều kiện rất nặng nề. Ta khảo sát điều kiện làm việc của dao tiện, là dụng cụ cắt điển hình.

-Để tạo phoi lưỡi cắt phải chịu áp lực lớn và sinh công cơ học lớn để phá huỷ kim loại
-Dao bị mài sát mạnh : mặt trước với phoi, mặt sau với phôi. Sau một thời gian nhất định hai mặt này bị mài mòn mạnh, khoảng cách hẹp lại, lưỡi cắt bị gãy và dao bị cùn, phải mài lại mới dùng được.

-Công tách phoi và mài sát biến thành nhiệt, phần lớn tập trung ở mũi dao làm cho độ cứng giảm đi nhanh chóng, làm xấu khả năng cắt gọt.

*Yêu cầu : xuất phát từ điều kiện làm việc thép làm dụng cụ cắt có các yêu cầu sau đây :

-Có độ cứng cao $\geq 60\text{HRC}$ với vật liệu có độ cứng trên dưới 200HB . Khi cắt thép không rỉ hay hợp kim bền nóng phải cao hơn 65HRC .

-Tính chống mài mòn cao để hạn chế tạo thành rãnh lõm trên mặt trước của dao. Độ cứng càng cao tính chống mài mòn càng lớn, khi độ cứng cao hơn 60HRC cứ tăng lên một đơn vị tính chống mài mòn tăng $25-30\%$. Với cùng giá trị độ cứng thì tính chống mài mòn phụ thuộc vào lượng các bit dư, các bit dư càng nhiều tính chống mài mòn càng cao.

-Tính cứng nóng cao : tính cứng nóng là khả năng thép giữ được độ cứng lớn hơn 60HRC ở nhiệt độ cao. Khi cắt gọt công cơ học và ma sát sẽ tập trung chủ yếu vào mũi dao và làm dao nóng lên, độ cứng giảm đi và khả năng cắt gọt sẽ giảm đi nhanh chóng. Do vậy phải đưa vào thép các nguyên tố hợp kim nâng cao tính cứng nóng.

Ngoài ba yêu cầu chính đó ra thép làm dụng cụ cắt còn phải thoả mãn các yêu cầu về độ bền, độ dai, độ thấm tôi tốt, tính gia công áp lực và biến dạng ...

b-Thép làm dao cắt có năng suất thấp :

Thép làm dao cắt có năng suất thấp là loại thép có tốc độ cắt gọt từ $5-10\text{ m/phút}$.

*Thép các bon : gồm các mác thép $\text{CD}70, \text{CD}80... \text{CD}130$ (hay $\text{CD}70\text{A}... \text{CD}130\text{A}$). Đây là loại thép chất lượng tốt và chất lượng cao, với lượng lưu huỳnh và photpho thấp ($\text{P} \leq 0,030-0,035; \text{S} \leq 0,020-0,030$). Chúng có đặc điểm :

-Sau khi tôi và ram thấp có độ cứng $\geq 60\text{ HRC}$ đủ để cắt gọt.

-Dễ biến dạng nóng và gia công cắt gọt, giá thành thấp.

-Độ thấm tôi thấp phải tôi trong nước độ biến dạng lớn, không làm được các dụng cụ cắt hình dáng phức tạp.

-Tính cứng nóng thấp, không làm việc cao hơn $200-250^{\circ}\text{C}$.

Công dụng : là các dụng cụ cắt nhỏ, hình dáng đơn giản với năng suất thấp hay gia công bằng tay : dũa, lưỡi cưa sắt...

*Thép hợp kim : là nhóm thép có các bon cao (khoảng 1%) được hợp kim hoá trung bình và thấp, có độ thấm tôi tốt và tính chống mài mòn cao. Gồm hai loại :

-Loại có tính thấm tôi tốt : điển hình là mác 90CrSi : tính cứng nóng trên dưới 300°C , tôi trong dầu độ cứng vẫn $> 60\text{HRC}$, giá thành không cao lắm. Công dụng : làm các dụng cụ

cắt hình dáng phức tạp, kích thước nhỏ :tarô, bàn ren, mũi khoan, dao doa, dao phay... Dễ bị thoát các bon khi nung nóng (do chứa nhiều silic)

-Loại có tính chống mài mòn cao : loại thép này có các bon rất cao > 1,30%, với 0,5%Cr và 4-5%W. Gồm hai mác thép điển hình là 130Cr0,5 sau khi tôi và ram thấp đạt độ cứng 65-66HRC, dùng làm dao cạo râu, xén giấy, cắt da... 140CrW5 tôi trong nước và ram thấp đạt 67-68HRC (còn có tên là thép kim cương) làm dao phay, tiện để sửa các phôi cứng (bề mặt trục cán thép đã tôi).

c-Thép làm dao cắt có năng suất cao - thép gió :

Thép gió là loại thép làm dụng cụ cắt quan trọng nhất và tốt nhất vì nó đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của vật liệu làm dao.

-Tốc độ cắt gọt 35-80 m/phút (gấp 3-7 lần nhóm trên)

-Tính chống mài mòn và tuổi bền cao (gấp 8-10lần)

-Độ thấm tôi đặc biệt cao (thấm tôi với tiết diện bất kỳ)

*Thành phần hoá học và tác dụng của các nguyên tố trong thép gió :

-Các bon : từ 0,70-1,50% đủ để hoà tan vào máctenxit và tạo thành các bit với các nguyên tố W, Mo và đặc biệt là vanadi làm tăng độ cứng và tính chống mài mòn. -Crôm :có trong mọi loại thép gió với số lượng giống nhau khoảng 4% (3,8-4,40%) có tác dụng nâng cao độ thấm tôi. Do tổng lượng Cr + W + Mo cao nên thép gió có khả năng tự tôi và tôi thấu với tiết diện bất kỳ.

-Vofram : là nguyên tố hợp kim quan trọng nhất và chiếm số lượng lớn nhất trong thép gió (6-18%) có tác dụng nâng cao tính cứng nóng. Các bit vonfram hoà tan vào austenit khi nung nên sau khi tôi máctenxit chứa nhiều vonfram. Các bit này chỉ tiết ra khỏi máctenxit ở 560-570⁰C nên duy trì độ cứng sau khi tôi đến 600⁰C.

-Molipđen : dùng để thay thế vonfram do tác dụng tương tự vonfram, nó có thể thay thế vonfram theo tỷ lệ nguyên tử 1/1 nhưng khối lượng riêng nhỏ hơn (10,3 g/cm³) so với vofram (19,3 g/cm³) nên 1%Mo thay thế được 2%W làm cho giá thành thấp.

-Vanadi : là nguyên tố tạo thành các bit rất mạnh. Cácbit vanadi ít hoà tan vào austenit khi nung nóng, nó ở dạng nhỏ mịn, rất cứng và phân tán nên giữ được hạt nhỏ khi nung nóng và nâng cao tính chống mài mòn. Tỷ lệ sử dụng trong thép gió từ 1-2% không nên dùng quá 5% vì rất khó mài nhẵn.

-Côban : là nguyên tố không tạo thành cácbit, nó hoà tan vào sắt tạo thành dung dịch rắn. Lượng chứa của nó từ 5-10% góp phần nâng cao tính cứng nóng, vượt quá giới hạn này làm cho thép bị giòn mà không nâng cao thêm tính cứng nóng.

*Tổ chức tế vi : là loại thép hợp kim cao (10-20%) và các bon cao nên ở trạng thái sau khi đúc là thép lêđêburit, chứa nhiều các bit dưới dạng cùng tinh lêđêburit hình xương cá rất cứng và giòn. Vì vậy phải tiến hành cán, rèn với lượng ép lớn để làm nhỏ mịn các bit vfa ủ không hoàn toàn 840-860⁰C đạt độ cứng 241-269HB mới tiến hành cắt gọt được.

*Nhiệt luyện : tiến hành tôi và ram để nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn và tính cứng nóng. Nhiệt độ tôi của các loại thép gió nói chung xấp xỉ 1300⁰C với sai số hẹp ($\pm 10^{\circ}\text{C}$). Không nung nóng cao hơn hay thấp hơn vì những lý do sau đây :

-Khi nung thấp hơn austenit chưa bão hoà đủ W để nâng cao tính cứng nóng : khi nung đến A_{C1} ($\approx 850^{\circ}\text{C}$) mới có chuyển biến peclit thành austenit. Tôi ở nhiệt độ 850-900⁰C thép có độ cứng thấp khoảng 45-50HRC, không đủ cắt gọt được. Khi nâng nhiệt độ lên cao hơn

cacbit hợp kim bắt đầu hoà tan càng nhiều vào austenit làm cho nó càng giàu nguyên tố hợp kim. Tới 1000°C đã bão hoà $Cr_{23}C_6$. Fe_3W_3C chỉ bắt đầu hoà tan mạnh ở nhiệt độ 1150°C, đến gần 1300°C austenit cũng chỉ hoà tan được 8%W. Các bit VC hầu như không hoà tan vào austenit. Nguyên lý chung khi chọn nhiệt độ tôi là tận dụng nhiệt độ cao để austenit chứa nhiều vonfram nhất để máctenxit có tính cứng nóng cao nhất, các bit VC chưa hoà tan giữ hạt nhỏ, nâng cao tính chống mài mòn.

-Nếu nung nóng cao hơn quy định các bit hoà tan nhiều, hạt phát triển mạnh làm thép giòn, trong một số trường hợp bị chảy biên giới hạt.

Sau khi tôi tổ chức thép gió gồm máctenxit giàu vonfram, austenit dư (30%) và các bit dư (15-20%) độ cứng 61-63 HRC chưa đạt được cao nhất vì vậy phải tiến hành ram tiếp theo.

Tiến hành ram thép gió ba lần, nhiệt độ 560°C, mỗi lần giữ nhiệt một giờ. Tại nhiệt độ nung nóng cacbit vonfram Fe_3W_3C nhỏ mịn bắt đầu tiết ra làm maõc ten xit nghèo nguyên tố hợp kim, nâng cao điểm M_d lên và làm giảm ứng suất nên austenit dư mới chuyển biến thành mác ten xit ram làm độ cứng tăng lên. Nếu tiến hành gia công lạnh thì chỉ ram một lần. Tổ chức sau khi ram : mác ten xit ram, austenit dư (5%), các bit dư (20%)., độ cứng đạt 63-65 HRC. Để nâng cao độ cứng cho thép gió có thể tiến hành thấm các bon - nitơ độ cứng đạt 70 HRC nhưng hơi bị dòn.

*Các loại thép gió và công dụng : Các mác thép gió thông dụng gồm : 75W18V; 90W9V2; 140W9V5; 90W18V2; 90W18Co5V2; 95W9Co10V2... Công dụng thép gió được sử dụng rộng rãi làm các dụng cụ cắt gọt lớn, hình dáng phức tạp, điều kiện làm việc nặng và có năng suất cao, tuổi thọ lớn như : dao phay, doa, chuốt, xọc, mũi khoan, dao tiện, bào...

2-Thép làm dụng cụ biến dạng nguội (khuôn dập nguội) :

Là loại thép làm dụng cụ biến dạng dẻo kim loại ở nhiệt độ thường. Đây là hình thức gia công rất phổ biến cho năng suất cao.

a-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

Dụng cụ biến dạng nguội mà điển hình là khuôn dập nguội có điều kiện làm việc gần giống dụng cụ cắt nhưng có đặc điểm khác hơn. Ngoài chịu áp lực lớn ra, khuôn dập còn chịu ứng suất uốn, lực va đập và ma sát mạnh. Do diện tích tiếp xúc lớn không tạo phoi nên khuôn dập nguội thường bị nóng lên khoảng 200-250°C khi làm việc. Với điều kiện làm việc như trên vật liệu khuôn phải đạt được các yêu cầu sau :

*Có độ cứng cao : do tiến hành biến dạng kim loại ở trạng thái nguội nên vật liệu có độ cứng lớn. Tuỳ theo vật liệu đem dập độ cứng khuôn từ 58-62 HRC, không nên cao hơn giới hạn này vì làm khuôn bị giòn, dễ nứt mẻ khi làm việc.

*Tính chống mài mòn lớn, đảm bảo hàng vạn, chục vạn sản phẩm mà kích thước khuôn không thay đổi.

*Độ dẻo và độ dai bả đảm : để chịu được tải trọng lớn và va đập. Với các khuôn có kích thước lớn cần thêm yêu cầu độ thấm tôi cao và ít biến dạng khi nhiệt luyện.

b-Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện :

*Thành phần hoá học : để đảm bảo các yêu cầu trên thép làm khuôn dập nguội phải có thành phần hoá học hợp lý.

-Các bon : lượng các bon cao trên dưới 1% đảm bảo độ cứng cao, tính chống mài mòn lớn. Khi chịu va đập mạnh lượng các bon sẽ giảm xuống cỡ 0,40-0,60%. Khi yêu cầu chống mài mòn thật cao lượng các bon đến 1,50-2,00%

-Nguyên tố hợp kim : thành phần hợp kim phụ thuộc vào hình dạng, kích thước tính chống mài mòn và độ thấm tôi. Để nâng cao độ thấm tôi dùng các nguyên tố crôm, mangan, silic, vonfram (khoảng 1% mỗi loại). Để nâng cao tính chống mài mòn phải dùng lượng crôm đến 12%

*Chế độ nhiệt luyện : tôi và ram thấp. Khi tôi chú ý lấy nhiệt độ cao hơn so với dao cắt từ 20-40°C để austenit đồng nhất hơn. Khi ram cũng chọn nhiệt độ cao hơn.

c-Thép làm khuôn dập nguội :

*Thép làm khuôn bé : sử dụng mác thép CD100-CD120 làm các khuôn bé, hình dáng đơn giản, chịu tải trọng nhỏ, độ cứng cao, tính chống mài mòn thấp.

*Thép làm khuôn trung bình : Để làm khuôn trung bình (chiều dày thành khuôn 75-10 mm) hay khuôn bé, hình dáng phức tạp, chịu tải trọng lớn ta dùng các thép hợp kim thấp : 100Cr, 100CrWMn, 10CrWSiMn.

*Thép làm khuôn lớn và chống mài mòn cao : để làm các khuôn lớn (chiều dày thành khuôn 200-300 mm) chịu tải nặng và chịu mài mòn lớn ta dùng loại thép chứa 12%Cr và lượng các bon rất cao (1,50-2,00%) : 200Cr12, 150Cr12Mo, 130Cr12V. Nhóm thép này có đặc điểm :

-Độ thấm tôi lớn : tôi trong dầu chiều sâu tôi đạt 150-200 mm, do đó đảm bảo độ bền, độ cứng cao khi khuôn lớn.

-Có thể áp dụng nhiều chế độ tôi và ram để đạt được yêu cầu khác nhau.

*Thép làm khuôn chịu tải trọng va đập : với các khuôn dập chịu va đập lớn ta dùng loại thép chứa các bon trung bình và lượng hợp kim 3-5% để đảm bảo độ dai. Gồm các mác sau : 40CrW2Si, 50CrW2Si, 60Cr2Si, 40CrSi, 60CrSi.

Hiện tại có xu hướng sử dụng hợp kim cứng làm các khuôn dập nguội có kích thước nhỏ, đạt hiệu quả cao hơn thép.

3-Thép làm dụng cụ biến dạng nóng :

Biến dạng nóng là hình thức gia công chủ yếu để chế tạo bán thành phẩm và phối trong sản xuất cơ khí. Trong cơ khí thường dùng nhất là các loại khuôn rèn, ép ,kéo

a-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

Dụng cụ biến dạng nóng (mà điển hình là khuôn dập) có điều kiện làm việc khác hơn khuôn dập nguội :

-Dụng cụ (khuôn) luôn tiếp xúc với phối nóng tới 1000°C, do vậy chúng bị nung nóng đến 500-700°C nhưng không thường xuyên , liên tục.

-Do được nung nóng đến nhiệt độ cao nên phối thép có tính dẻo cao, do vậy khuôn không cần độ cứng cao nhđụng cụ biến dạng nguội.

-Dụng cụ biến dạng nóng thường có kích thước lớn, chịu tải trọng lớn đến hàng trăm hàng nghìn tấn.

Yêu cầu của dụng cụ biến dạng nóng :

*Độ bền và độ dai cao, độ cứng vừa phải để chịu được tải lớn và va đập, độ cứng khoảng 350-450 HB (35-46 HRC).

*Tính chống mài mòn cao đảm bảo tạo ra hàng nghìn hàng vạn sản phẩm. Do làm việc ở nhiệt độ cao năng suất của dụng cụ biến dạng nóng thấp hơn biến dạng nguội đến khoảng lần.

*Tính chịu nhiệt độ cao và chống mỏi nhiệt lớn.

b-Đặc điểm về thành phần hoá học và chế độ nhiệt luyện:

Để đạt được các yêu cầu trên thép làm dụng cụ biến dạng nóng có các đặc điểm sau :

*Các bon : hàm lượng các bon trung bình trong khoảng từ 0,30-0,50% tùy theo từng loại khuôn.

*Thành phần hợp kim : có hàm lượng phù hợp để đảm bảo tính tôi thấu cơ tính đồng nhất và tính chịu nóng. Để nâng cao độ thấm tôi sử dụng crôm, niken. Nâng cao độ thấm tôi và chịu nóng phải dùng đến 8-10% W.

*Chế độ nhiệt luyện : gồm tôi và ram trung bình để nhận được tổ chức trostit ram có độ cứng, độ bền, độ dai phù hợp với điều kiện làm việc.

c-Thép làm khuôn rèn : Các khuôn rèn thường có kích thước lớn, chịu tải trọng cao và va đập, bị nung nóng ít (950-550°C) do thời gian tiếp xúc với phôi ngắn. Thường dùng các mác sau : 50CrNiMo, 50CrNiW, 50CrNiSiW, 50CrNiTi, 50CrMnMo. Nhóm thép này có đặc điểm :

*Tính thấm tôi cao, tôi thấu trong dầu với kích thước 400 x 300 x 300 mm.

*Tôi và ram từ 500-600°C.

*Độ cứng phần đuôi nên thấp hơn phần làm việc từ 5-10 HRC.

Với búa rèn có trọng lượng > 3 tấn thường dùng 50CrNiMo, các mác còn lại dùng khi trọng lượng búa < 3 tấn.

d-Thép làm khuôn ép chảy (chòn, ép) :

Khác với khuôn rèn, thép làm khuôn chòn, ép nóng (ép chảy) có kích thước bé hơn nhưng lại chịu nhiệt độ cao hơn (do tiếp xúc lâu hơn với phôi), chịu áp suất cao nhưng tải trọng va đập nhỏ. Do nhiệt độ bề mặt khá cao đến 600-700°C nên phải dùng loại thép hợp kim cao (khoảng 10%) bằng crôm và vonfram. Lượng các bon từ 0,30-0,50%. Ngoài ra còn dùng vanadi (1%) để nâng cao tính chống mài mòn và giữ cho hạt nhỏ, molipden (1%) để nâng cao độ thấm tôi. Các mác thép thường dùng là : 30Cr2W8V, 30Cr2W8, 40Cr5W2VSi. Để nâng cao thêm độ cứng và tính chống mài mòn cho bề mặt khuôn ép ta thêm các bon - nitơ ở nhiệt độ 500-600°C (cần lưu ý phải thấm thấp hơn nhiệt độ ram)

4-Thép làm dụng cụ đo :

Trong sản xuất cơ khí thường sử dụng các dụng cụ đo có các cấp chính xác khác nhau : panme, thước cặp, dưỡng, calip, thước đo độ dài ...

a-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

Các dụng cụ đo thường xuyên tiếp xúc, cọ sát với chi tiết gia công nên dễ bị mài mòn, biến dạng làm sai lệch kết quả đo. Do vậy thép làm dụng cụ đo phải có các yêu cầu sau đây :

*Độ cứng và tính chống mài mòn cao 63-65 HRC để đảm bảo không bị hay ít bị mài mòn tại phần làm việc, giữ được độ chính xác trong suốt thời gian làm việc lâu dài.

*Kích thước ổn định : kích thước không thay đổi hay rất ít thay đổi trong suốt thời gian làm việc (hàng chục năm), cần lưu ý hai chỉ tiêu sau :

-Hệ số giãn nở nhiệt nhỏ.

-Sự ổn định của tổ chức ở trạng thái làm việc là lâu dài

*Độ nhẵn bóng bề mặt cao khi mài (đến cấp 14) và ít biến dạng khi nhiệt luyện.

b-Thép làm dụng cụ đo cấp chính xác cao :

Để đạt được độ cứng và tính chống mài mòn cao phải có hàm lượng các bon 1%. Dùng các nguyên tố hợp kim crôm và mangan (khoảng 1% mỗi loại) để nâng cao độ thấm tôi, ít

biến dạng. Mangan có tác dụng làm tăng thêm austenit dư đến mức độ thích hợp để cho kích thước hầu như không thay đổi.

Để ổn định kích thước sau khi tôi tiến hành hoá già (ram ở nhiệt độ thấp hơn 150°C) để nhận được tổ chức mactenxit tôi có độ cứng và tính chống mài mòn cao, đạt độ bóng cao khi mài và hệ số giãn nở nhiệt rất nhỏ $10^{-5} - 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Các mác thép thông dụng : 100Cr, 100CrWMn, 140CrMn...

c-Tháp làm cu đo cấp chính xác thấp :

Các loại dụng cụ đo cấp chính xác thấp chỉ yêu cầu bề mặt làm việc có tính chống mài mòn cao là đủ do vậy ta có thể dùng các oại thép sau đây :

*Thép các bon thấp : $\%C \leq 0,25\%$ qua thấm các bon, tôi và ram thấp : C15, C20, BCT38...

*Thép các bon trung bình : C45, C50, C55 tôi và ram thấp

*Thép 38CrMoAlA : thấm ni tơ.

CHƯƠNG 7 : KIM LOẠI VÀ HỢP KIM MÀU

Trong chương này ta sẽ nghiên cứu các hợp kim không phải trên cơ sở sắt đó là các hợp kim màu. Như đã biết kim loại màu chiếm số lượng lớn trong các nguyên tố kim loại. Tuy nhiên ở đây ta chỉ khảo sát các kim loại màu thông dụng nhất : nhôm, đồng, kẽm, magiê, titan...

7.1.NHÔM VÀ HỢP KIM NHÔM :

Về phương diện sản xuất và sử dụng thì nhôm và hợp kim của nó chiếm vị trí thứ hai sau thép. Vật liệu này có các tính chất rất phù hợp với nhiều công dụng khác nhau, trong một số trường hợp đem lại hiệu quả kinh tế lớn và không thể thay thế được.

7.1.1.Khái niệm và phân loại :

1-Nhôm nguyên chất :

Nhôm là nguyên tố có mạng tinh thể lập phương tâm mặt, có màu sáng bạc. Nhôm có các đặc điểm sau :

*Khối lượng riêng nhỏ ($2,7 \text{ g/cm}^3$) : chỉ bằng khoảng 1/3 thép. Do vậy làm giảm khối lượng kết cấu, chi tiết, được sử dụng rộng rãi trong hàng không, vận tải...

*Có tính chống ăn mòn nhất định trong khí quyển : do luôn có lớp màng ôxyt (Al_2O_3) sít chặt trên bề mặt có tính bảo vệ cao.

*Có tính dẫn điện cao : tính dẫn điện kém hơn vàng, bạc, đồng. Độ dẫn điện bằng 62% Cu nhưng khối lượng riêng chưa đến 1/3 đồng thì khi trong cùng điều kiện làm việc dây nhôm nhẹ bằng một nửa dây đồng và bị nung nóng ít hơn.

*Tính dẻo rất cao : rất dễ biến dạng dẻo khi kéo sợi, dây, dát thành tấm, băng, lá, màng, ép thành các thanh dài có biên dạng phức tạp.

*Nhiệt độ nóng chảy thấp (657°C).

*Độ bền độ cứng thấp.

Các loại nhôm nguyên chất được ký hiệu theo TCVN như sau : đứng đầu là ký hiệu hoá học của nhôm, tiếp sau đó là số chỉ hàm lượng nhôm.

Ví dụ :Al 99,999 chứa 99,999%Al
 Al 99,98 chứa 99,98%Al.

CHƯƠNG 3 : NHIỆT LUYỆN THÉP

Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu sự thay đổi tổ chức và cơ tính của thép khi nung nóng và làm nguội tiếp theo, đó chính là quá trình nhiệt luyện. Thép là vật liệu thông dụng nhất và cũng được nhiệt luyện nhiều nhất. Công nghệ nhiệt luyện rất phổ biến trong ngành cơ khí. Trong chương này chúng ta chỉ nghiên cứu các phương pháp nhiệt luyện thể tích.

3.1.KHÁI NIỆM VỀ NHIỆT LUYỆN THÉP :

3.1.1.Khái niệm về nhiệt luyện :

1-Định nghĩa :

Nhiệt luyện là tập hợp các thao tác gồm có nung nóng kim loại hay hợp kim đến đến nhiệt độ xác định, giữ tại đó một thời gian thích hợp (giữ nhiệt) rồi làm nguội với tốc độ nhất định để làm thay đổi tổ chức do đó nhận được cơ tính và các tính chất khác theo ý muốn.

Đặc điểm của nhiệt luyện :

-Không nung nóng đến chảy lỏng hay chảy lỏng bộ phận, trong quá trình nhiệt luyện kim loại vẫn ở trạng thái rắn.

-Trong quá trình nhiệt luyện hình dáng và kích thước chi tiết không thay đổi (chính xác là có thay đổi nhưng không đáng kể).

-Nhiệt luyện chỉ làm thay đổi tổ chức tế vi bên trong, do đó dẫn đến thay đổi cơ tính cho chi tiết.

2-Các thông số đặc trưng cho nhiệt luyện :

Bất kỳ một quá trình nhiệt luyện nào cũng được đặc trưng bởi các thông số sau đây
a-Nhiệt độ nung nóng (t_n) : là nhiệt độ cao nhất mà quá trình nhiệt luyện phải đạt tới, tính bằng °C.

b-Thời gian giữ nhiệt (τ_{gn}) : là thời gian duy trì chi tiết tại nhiệt độ nung nóng.

c-Tốc độ nguội ($V_{nguội}$) : là tốc độ giảm nhiệt độ theo thời gian sau khi giữ nhiệt.

Ngoài ba thông số trên tốc độ nung nóng cũng có ảnh hưởng đến kết quả nhiệt luyện nhưng không đáng kể nên ta bỏ qua nó. Kết quả của một quá trình nhiệt luyện được đánh giá bằng các chỉ tiêu sau :

-Độ cứng : là yêu cầu quan trọng nhất và dễ dàng xác định được, nó liên quan đến các chỉ tiêu khác như độ bền, độ dẻo, độ dai...Chỉ tiết khi nhiệt luyện đều có yêu cầu đạt giá trị nhất định về độ cứng và phải được kiểm tra theo tỷ lệ quy định.

-Tổ chức tế vi : cấu tạo pha, kích thước hạt, chiều sâu lớp hóa bền ...Chỉ tiêu này thường được kiểm tra theo từng mẻ nhiệt luyện.

-Độ biến dạng, cong vênh : nói chung độ biến dạng, cong vênh khi nhiệt luyện thường rất nhỏ và nằm trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên trong một số trường hợp yêu cầu rất khắt khe, cần phải kiểm tra chúng.

3-Sơ lược về nhiệt luyện thép :

Trong thực tế có những phương pháp nhiệt luyện chủ yếu sau đây :

a-Ủ : là phương pháp nung nóng đến nhiệt độ xác định, giữ nhiệt và làm nguội chậm để nhận được tổ chức gần với trạng thái cân bằng có độ cứng, độ bền thấp nhất, độ dẻo cao nhất.

b-Thường hóa : là phương pháp nung nóng đến tổ chức hoàn toàn austenit, giữ nhiệt và làm nguội ngoài không khí tĩnh để nhận được tổ chức gần với trạng thái cân bằng.

c-Tôi : là phương pháp nung nóng đến cao hơn nhiệt độ tới hạn, làm xuất hiện tổ chức austenit giữ nhiệt và làm nguội nhanh để nhận được tổ chức không cân bằng có độ cứng cao nhất.

d-Ram : là phương pháp nung nóng thép đã tôi đến thấp hơn nhiệt độ tới hạn, giữ nhiệt và làm nguội để điều chỉnh các chỉ tiêu cơ tính (độ bền, độ cứng...) đạt yêu cầu làm việc.

e-Hóa nhiệt luyện : là phương pháp bão hòa vào bề mặt chi tiết các nguyên tố đã cho ở nhiệt độ xác định để làm biến đổi thành phần hóa học, tổ chức và cơ tính.

f-Cơ nhiệt luyện : là phương pháp kết hợp quá trình hóa bền bằng nhiệt luyện và biến dạng dẻo đồng thời trong một nguyên công. Do đó nhận được hóa bền mạnh hơn rất nhiều khi nhiệt luyện đơn thuần.

4-Phân loại nhiệt luyện thép :

Người ta phân các phương pháp nhiệt luyện chủ yếu của thép ra làm hai nhóm lớn : nhiệt luyện sơ bộ và nhiệt luyện kết thúc.

a-Nhiệt luyện sơ bộ : là các phương pháp nhiệt luyện tiến hành trước khi gia công cơ khí, khi chi tiết là bán thành phẩm. Thuộc nhóm này có ủ và thường hóa.

b-Nhiệt luyện kết thúc : là các phương pháp nhiệt luyện được thực hiện sau khi gia công cơ khí, khi chi tiết đã là thành phẩm. Sau khi nhiệt luyện xong không còn gia công cơ khí tiếp theo nữa. (nếu có chỉ là mài tinh). Thuộc nhóm này có : tôi và ram. Đối với thép các bon thấp thì ủ và thường hóa là nhiệt luyện kết thúc.

3.1.2.Tác dụng của nhiệt luyện đối với ngành cơ khí :

Nhiệt luyện là nguyên công quan trọng và không thể thiếu được trong sản xuất cơ khí do nó có tác dụng chủ yếu sau đây.

1-Tăng độ cứng, tính chống mài mòn và độ bền của thép :

Mục tiêu của ngành cơ khí là sản xuất ra các cơ cấu và máy móc bền hơn công suất lớn hơn và có nhiều tính năng tốt hơn. Do đó khi nhiệt luyện thích hợp nâng cao độ cứng, độ bền

và tính chống mài mòn sẽ kéo dài tuổi thọ, tăng sức chịu tải, giảm kích thước cho chi tiết và kết cấu máy. Đây là tác dụng chủ yếu nhất và quan trọng nhất của nhiệt luyện, đến mức có lúc phải đưa vào chỉ tiêu đánh giá trình độ của ngành cơ khí. Chất lượng của máy móc, thiết bị phụ thuộc rất nhiều vào phương pháp sử dụng vật liệu và nhiệt luyện chúng.

2-Cải thiện tính công nghệ :

Để tạo thành chi tiết máy, phôi thép phải qua các dạng gia công như : rèn, dập cán...Sau các dạng gia công này thép thường bị biến cứng khó gia công cơ khí hay biến dạng dẻo tiếp theo làm giảm năng suất. Vì vậy phải tiến hành nhiệt luyện thích hợp để làm giảm độ cứng, tăng độ dẻo dai giúp cho các quá trình gia công tiếp theo dễ dàng hơn năng suất cao hơn.

Ví dụ : sau khi rèn, dập phôi thép bị cứng không thể cắt gọt được. Ta phải tiến hành ủ hay thường hóa để giảm độ cứng, tăng độ dẻo. Do đó các quá trình gia công tiếp sau dễ dàng hơn.

3.2.CÁC TỔ CHỨC ĐẠT ĐƯỢC KHI NUNG NÓNG VÀ LÀM NGUỘI THÉP

Khi tiến hành nhiệt luyện ta phải nung nóng và làm nguội thép có thành phần hóa học xác định. Trong phần này ta sẽ khảo sát xem sau khi nung nóng lên các nhiệt độ khác nhau sẽ xảy ra các chuyển biến pha nào và làm nguội tiếp theo với tốc độ khác nhau tổ chức mới nhận được sẽ biến thành tổ chức gì từ đó sẽ biết được sự thay đổi cơ tính tương ứng. Ta sẽ xem xét từng quá trình một và khảo sát cho loại thép đơn giản nhất là thép các bon cùng tích, vừa 0,80%C.

3.2.1.Các chuyển biến xảy ra khi nung nóng thép :

1-Cơ sở xác định chuyển biến khi nung nóng :

Cơ sở để xác định chuyển biến xảy ra khi nung nóng là giản đồ pha Fe - C. Tùy theo thành phần các bon và nhiệt độ nung nóng, trong thép sẽ xảy ra các chuyển biến khác nhau. Trong tất cả các loại thép ở nhiệt độ thường đều có tổ chức péc lit. Thép trước và sau cùng tích thì ngoài péc lit ra còn có phe rit và xêmentit thứ hai.

a-Thép cùng tích :

-Khi nung nóng thấp hơn Ac_1 ($< 727^\circ C$) trong thép chưa có chuyển biến gì.

-Khi nhiệt độ nung nóng đạt đến Ac_1 ($> 727^\circ C$) sẽ có chuyển biến của tổ chức péc lit thành austenit theo phản ứng sau :



Khi nung nóng cao hơn Ac_1 một ít ta được tổ chức austenit đồng nhất.

b-Thép trước cùng tích :

-Khi nung nóng đến Ac_1 sẽ có chuyển biến péc lit thành austenit giống như trên.

-Khi nung từ nhiệt độ Ac_1 đến Ac_3 sẽ có quá trình hòa tan của phe rit vào austenit.

-Khi nung cao hơn Ac_3 ta được tổ chức austenit đồng nhất.

c-Thép sau cùng tích :

-Khi nung nóng đến Ac_1 có chuyển biến péc lit thành austenit.

-Khi nung từ nhiệt độ Ac_1 đến Ac_{cm} sẽ có quá trình hòa tan của xêmentit hai vào austenit.

-Nhiệt độ nung cao hơn Ac_{cm} ta được tổ chức austenit đồng nhất.

Từ đó ta thấy rằng khi nung nóng cao hơn đường GSE của giản đồ pha Fe -C trong các thép đều nhận được dung dịch rắn austenit, tuy nhiên thành phần các bon của nó phụ thuộc vào thành phần các bon của thép.

2.Đặc điểm của chuyển biến péc lit thành austenit :

a-Nhiệt độ chuyển biến :

Trên giản đồ pha Fe - C nhiệt độ chuyển biến péc lit thành austenit là 727°C , điều này chỉ đúng khi nung nóng vô cùng chậm. Trong thực tế khi nhiệt luyện tốc độ nung nóng tương đối lớn, do đó nhiệt độ chuyển biến sẽ luôn cao hơn 727°C . Tốc độ nung càng cao thì nhiệt độ chuyển biến sẽ càng cao.

Khảo sát giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt péc lit thành austenit của thép cùng tích ta thấy khi nhiệt độ nung càng cao thời gian của chuyển biến càng ngắn.

Trong thực tế nhiệt luyện thép ta thường dùng cách nung nóng liên tục, khi nung với tốc độ V_1 nhiệt độ bắt đầu chuyển biến là a_1 và kết thúc chuyển biến là b_1 . Nếu nung nóng với tốc độ $V_2 > V_1$ thì nhiệt độ bắt đầu và kết thúc chuyển biến sẽ là a_2 và b_2 , các nhiệt độ này cao hơn a_1, b_1 , thời gian chuyển biến cũng ngắn đi. Trong thực tế để hoàn thành chuyển biến khi theo quy định ta phải nung nóng cao hơn nhiệt độ tới hạn tương ứng từ $20-30^{\circ}\text{C}$, có khi hàng trăm độ C.

Kết luận : Tốc độ nung nóng càng cao chuyển biến péc lit thành austenit xảy ra ở nhiệt độ càng cao và trong thời gian càng ngắn.

b-Kích thước hạt austenit :

Trong thực tế không sử dụng thép ở trạng thái tổ chức austenit, nhưng kích thước của nó quyết định rất lớn kích thước hạt thép ở nhiệt độ thường.

Chuyển biến peclit thành austenit là một quá trình kết tinh và khuếch tán. Mầm austenit được tạo ra giữa biên giới hạt phe rit và xêmentit của tổ chức peclit. Biên giới hạt của hai pha này rất lớn nên số mầm kết tinh sinh ra rất nhiều. Vì vậy hạt austenit mới sinh bao giờ cũng rất nhỏ mịn. Do đó chuyển biến peclit thành austenit bao giờ cũng làm nhỏ hạt thép. Hạt austenit sẽ càng nhỏ mịn nếu kích thước của pha xêmentit càng càng nhỏ và tốc độ nung càng lớn. Sau khi tạo thành xong sẽ có quá trình khuếch tán của nguyên tử các bon từ nơi giàu (vị trí xêmentit) sang nơi nghèo (vị trí phe rit) để làm đồng đều thành phần austenit.

Như vậy ta thấy rằng hạt austenit mới sinh ra rất nhỏ mịn nhưng nếu tiếp tục nung nóng hay giữ nhiệt chúng sẽ lớn lên ngay. Tùy theo đặc tính phát triển của hạt austenit khi nung nóng, thép được chia ra làm hai loại : thép bản chất (còn gọi là di truyền) hạt nhỏ và bản chất hạt lớn.

Thép bản chất hạt lớn là loại thép có hạt austenit phát triển nhanh và đều đặn ở mọi nhiệt độ, tức là sau khi hình thành xong nếu tiếp tục nung nóng hạt sẽ phát triển lên ngay. Do vậy làm cho khi làm nguội hạt thép to và có tính giòn cao.

Thép bản chất hạt nhỏ có hạt austenit lúc ban đầu phát triển chậm, chỉ khi vượt quá $930 - 950^{\circ}\text{C}$ sẽ phát triển nhanh chóng và có thể lớn hơn cả thép bản chất hạt lớn. Do vậy trong các dạng nhiệt luyện thông dụng (nhiệt độ $< 930-950^{\circ}\text{C}$) với thép bản chất hạt nhỏ không sợ hạt lớn khi nung nóng. Thép bản chất hạt nhỏ được khử ô xy triệt để bằng nhôm và hợp kim hóa bằng các nguyên tố tạo các bít mạnh : Ti, V, Zr, Nb, W ...sẽ tạo ra $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{AlN}$, các bít hợp kim khó tan, nhỏ mịn, chúng sẽ nằm ở biên giới hạt cản trở sự sát nhập của hạt austenit với nhau thành hạt lớn hơn.

3.2.2. Chuyển biến xảy ra khi giữ nhiệt :

Khi giữ nhiệt không có chuyển biến nào khác với khi nung nóng. Tiến hành giữ nhiệt nhằm các mục đích sau :

-Làm đồng đều nhiệt độ trên toàn tiết diện, để cho lõi cũng có chuyển biến như ở bề mặt.

-Có thời gian để hoàn thành các chuyển biến khi nung nóng.

-Làm đồng đều thành phần hóa học (các bon và hợp kim) của austenit.

Thời gian giữ nhiệt chỉ nên vừa đủ không nên kéo dài quá mức làm cho hạt lớn.

3.2.3. Chuyển biến của austenit khi làm nguội chậm :

Sau khi đã nhận được austenit có hạt nhỏ mịn theo yêu cầu, ta sẽ xem xét chuyển biến của chúng khi làm nguội. Quá trình này được phân ra hai nhóm lớn : làm nguội đẳng nhiệt và làm nguội liên tục. Để đơn giản ta nghiên cứu chuyển biến đẳng nhiệt trong thép các bon cùng tích sau đó suy rộng ra cho các thép khác.

1-Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội của thép cùng tích :

Từ giản đồ pha Fe - C ta biết rằng khi làm nguội austenit sẽ chuyển biến thành peclit tại nhiệt độ 727°C , với điều kiện làm nguội rất chậm không có trong thực tế. Do vậy ta dùng phương pháp làm nguội đẳng nhiệt như sau : làm nguội nhanh austenit xuống dưới nhiệt độ A_1 một khoảng nhỏ, sau đó giữ đẳng nhiệt tại nhiệt độ này và đo thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến của austenit.

a-Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của thép cùng tích :

Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội còn gọi là giản đồ T-T-T (transformation - temperature - time). Ta tiến hành đo như trên cho thép cùng tích tại các nhiệt độ chuyển biến khác nhau, ghi lại thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến ở từng nhiệt độ ùm một. Cuối cùng đem biểu diễn lên hệ trục nhiệt độ và thời gian ta sẽ có giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt austenit quá nguội của thép cùng tích. Giản đồ này có dạng hai đường chữ "C", đường thứ nhất biểu thị sự bắt đầu, đường thứ hai biểu thị sự kết thúc của chuyển biến austenit thành peclit (còn gọi là giản đồ chữ C). Giản đồ này do hai nhà vật liệu học người Mỹ là E.C.Bain và A.I.Davenport xây dựng năm 1930.

b-Các sản phẩm của sự phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội :

Từ giản đồ chữ "C" ta thấy rằng austenit khi bị làm nguội xuống dưới 727°C nó chưa chuyển biến ngay mà còn tồn tại một thời gian nhất định trước khi chuyển biến, phân hóa và được gọi là austenit quá nguội. Austenit quá nguội không ổn định, rất dễ dàng bị phân hóa. Trên giản đồ chữ "C" phân chia ra các khu vực sau :

-Ở trên 727°C là khu vực tồn tại của austenit ổn định.

-Bên trái đường cong chữ "C" thứ nhất là austenit quá nguội.

-Khoảng giữa hai đường chữ "C" là austenit chuyển biến.

-Bên phải đường cong chữ "C" thứ hai là các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội (hỗn hợp phe rit và xêmentit với độ nhỏ mịn khác nhau).

-Dưới đường M_d là máctenxít và austenit dư.

Các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt :

*Khi cho phân hóa ở sát A_1 (trên dưới 700°C), với độ quá nguội nhỏ ΔT khoảng 25°C . Hỗn hợp phe rit - xêmentit tằm tạo thành với kích thước thô to, khoảng cách giữa các tằm khoảng 10^{-3}mm , độ cứng 10-15HRC gọi là péc lit tằm.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn (khoảng 650°C, với độ quá nguội ΔT xấp xỉ 75°C), hỗn hợp phe rit - xêmentit tằm tạo thành nhỏ mịn hơn, khoảng cách giữa các tằm cỡ 0,25 ÷ 0,30 μm , không phân biệt được chúng trên kính hiển vi quang học. Tổ chức này có độ cứng 25 - 35HRC, gọi là xoocbit tôi.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa (khoảng 500 - 600°C, ứng với mũi của đường cong chữ "C" i, hỗn hợp phe rit - xêmentit tằm tạo thành sẽ nhỏ mịn hơn nữa, không phân biệt được trên kính hiển vi quang học, khoảng cách giữa các tằm khoảng 0,10 - 0,15 μm , có độ cứng cao hơn cỡ 40HRC gọi là troxit tôi.

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa, tức là thuộc về nửa dưới của đường cong chữ "C" (khoảng 450 - 250°C), hỗn hợp phe rit - xêmentit tằm nhận được rất nhỏ mịn, có độ cứng cao cỡ 50 - 55HRC gọi là bainit. Tuy nhiên tổ chức bainit có khác với ba tổ chức trên :

- Lượng các bon lớn hơn giới hạn bão hòa một ít khoảng 0,10%C.
- Các bit sắt ở đây không có công thức chính xác là Fe_3C mà là $\text{Fe}_{2,4-3}\text{C}$
- Ngoài hai pha trên còn một ít austenit dư và có ứng suất bên trong.

Sau khi làm nguội đẳng nhiệt tổ chức nhận được đồng nhất trên toàn bộ tiết diện. Như vậy các tổ chức pcec lit tằm, xoocbit, troxit (cả bai nit nữa) là hỗn hợp cơ học của phe rit và xêmentit tằm với kích thước tằm càng ngày càng nhỏ mịn hơn và độ cứng càng cao hơn.

2-Sự phân hóa của austenit khi làm nguội liên tục :

Trong thực tế khi nhiệt luyện thép thường dùng phương pháp làm nguội liên tục, các sản phẩm nhận được cũng tương tự trường hợp đẳng nhiệt nhưng có những đặc điểm khác hơn.

a-Với các tốc độ nguội khác nhau, austenit sẽ bị quá nguội đến các nhiệt độ khác nhau và phân hóa thành các sản phẩm tương ứng với các nhiệt độ đó.

-Làm nguội chậm cùng lò (V_1), vec tơ nguội cắt đường cong chữ "C" ở sát A_1 sản phẩm phân hóa là peclit tằm với độ cứng thấp nhất.

-Làm nguội trong không khí tĩnh (V_2) austenit phân hóa thành xoocbit.

-Làm nguội trong không khí nén (V_3), vec tơ nguội cắt chữ "C" tại phần lồi, austenit phân hóa thành troxit.

-Làm nguội trong dầu (V_4) vec tơ nguội chỉ cắt đường cong chữ "C" thứ nhất tại phần lồi, austenit chỉ có một phần chuyển biến thành troxit phần còn lại thành máctenxit nên sản phẩm là troxit - máctenxit.

-Làm nguội nhanh hơn nữa (trong nước lạnh, ứng với V_5), vec tơ nguội không cắt đường cong chữ "C" nào cả, phần lớn austenit quá nguội chuyển biến thành mactenxit. Không có hỗn hợp phe rit - xêmentit.

b-Tổ chức nhận được thường không đồng nhất trên toàn tiết diện, nhất là trường hợp tiết diện lớn vì bề mặt nguội nhanh hơn lõi.

c-Không nhận được hoàn toàn tổ chức bainit. Trong một số trường hợp thấy tổ chức bainit hình thành cùng troxit và mactenxit.

3-Giản đồ chữ "C" của các thép khác cùng tích :

Với các thép trước cùng tích và sau cùng tích cũng có dạng đường cong chữ "C" tương tự thép cùng tích chỉ khác là có thêm các nhánh phụ.

a-Thép trước cùng tích :

Có thêm nhánh phụ tiết ra phe rit trước trong khoảng nhiệt độ Ar_3 đến Ar_1 sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp phe rit - xêmentit.

b-Thép sau cùng tích :

Có thêm nhánh phụ tiết ra xêmentit hai trước trong khoảng từ Ar_{cm} đến Ar_1 , sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp phe rit - xêmentit.

Tuy nhiên với các thép này nếu làm nguội đẳng nhiệt với độ quá nguội lớn hay tốc độ nguội nhanh thì austenit quá nguội của chúng sẽ phân hóa ngay thành peclit, xooctit trôxtit và bainit nhưng lượng các bon không đúng là 0,80%C. Các sản phẩm đó gọi là cùng tích giả.

3.2.4. Chuyển biến austenit khi làm nguội nhanh (chuyển biến mactenxit) :

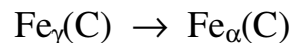
Khi làm nguội nhanh austenit sao cho véc tơ biểu diễn tốc độ nguội của nó không cắt đường cong chữ "C" chỉ có chuyển biến đa hình từ Fe_γ sang Fe_α mà không có sự khuếch tán của các bon. Đó là chuyển biến austenit thành máctenxit. Chuyển biến này xảy ra ở nhiệt độ thấp, khoảng từ $250^\circ C$ trở xuống. Tốc độ nguội nhỏ nhất để chuyển biến này xảy ra là tốc độ ứng với véc tơ tiếp xúc với đường cong chữ "C" thứ nhất tại mũi của nó. Tốc độ nguội này được gọi là tốc độ tối tới hạn V_{th} (còn gọi là tốc độ nguội tới hạn). Như vậy khi làm nguội austenit với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tới hạn sẽ nhân được mactenxit chứ không phải hỗn hợp phe rit - xêmen tit.

1-Bản chất và cấu trúc của mactenxit :

a-Định nghĩa :

Máctenxit là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hòa của các bon trong Fe_α có nồng độ các bon bằng nồng độ của austenit ban đầu.

Khi làm nguội rất nhanh các bon trong austenit không kịp khuếch tán để tạo thành xêmentit. Lúc đạt nhiệt độ tương đối thấp chỉ có sự chuyển mạng từ Fe_γ sang Fe_α . Lượng các bon trong hai tổ chức này bằng nhau.



b-Cấu trúc của mactenxit :

-Máctenxit có kiểu mạng chính phương tâm khối với hai thông số mạng là a và c. Tỷ số c/a gọi là độ chính phương. Thông thường tỷ số $c/a = 1,001 - 1,06$.

-Máctenxit có dạng hình kim, một đầu nhọn, các kim này tạo với nhau góc 120° hay 60° .

-Các nguyên tử các bon chui vào các lỗ hổng trong mạng của Fe_α

c-Tính chất máctenxit :

-Do hàm lượng các bon quá bão hòa nên gây ra xô lệch mạng lớn, do vậy có độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn. Hàm lượng các bon càng lớn độ cứng càng cao.

-Mactenxit có tính giòn cao phụ thuộc vào kích thước hạt của nó và ứng suất bên trong. Hạt càng nhỏ, ứng suất càng thấp tính giòn càng thấp.

2-Đặc điểm của chuyển biến mactenxit :

a-Chỉ xảy ra khi làm nguội nhanh và liên tục austenit với tốc độ lớn hơn hay bằng tốc độ nguội tới hạn. Chuyển biến máctenxit không xảy ra khi làm nguội đẳng nhiệt.

b-Là chuyển biến không khuếch tán : Nguyên tử các bon vẫn giữ nguyên vị trí, chỉ có nguyên tử sắt chuyển dịch để tạo ra kiểu mạng chính phương tâm khối, khoảng cách dịch chuyển không quá một thông số mạng. Giữa hai kiểu mạng của austenit và máctenxit có mối quan hệ định hướng xác định sao cho các mặt và phương dày đặc của chúng song song với nhau.

- c-Là quá trình tạo ra không ngừng các tinh thể mới với tốc độ rất lớn (1000 - 7000m/s).
- d-Chuyển biến chỉ xảy ra trong một khoảng nhiệt độ nhất định từ nhiệt độ bắt đầu chuyển biến (M_d) đến nhiệt độ kết thúc (M_k). Vị trí hai nhiệt độ này không phụ thuộc vào tốc độ làm nguội, chỉ phụ thuộc vào thành phần các bon và nguyên tố hợp kim trong thép.
- e-Chuyển biến xảy ra không hoàn toàn : Khi làm nguội càng gần đến điểm M_k lượng máctenxit sinh ra càng nhiều, nhưng không bao giờ đạt được 100% mà vẫn còn một lượng nhất định austenit chưa chuyển biến, gọi là austenit dư. Nguyên nhân của hiện tượng này là do sự khác nhau về thể tích riêng của chúng. Thể tích riêng $V_M > V_\gamma$