

MỞ ĐẦU

Trong lịch sử phát triển của xã hội loài người chúng ta đã sử dụng rất nhiều loại vật liệu khác nhau, với tính năng sử dụng của chúng càng ngày càng cao hơn. Đầu tiên là thời kỳ đồ đá, sau đó tiến đến thời đại đồ đồng, đồ sắt. v.v. Cho đến ngày nay là một loạt các loại vật liệu mới như : composit, ceramit, pôlyme. v.v. Các loại vật liệu này (đặc biệt là kim loại & hợp kim, cùng với các loại vật liệu mới) đã góp phần thúc đẩy sự phát triển của xã hội loài người một cách nhanh chóng.

Ngày nay trong các lĩnh vực công nghiệp, quốc phòng, đời sống... đòi hỏi vật liệu sử dụng cần phải có rất nhiều tính chất khác nhau. Ví dụ : khi thì cần có tính dẫn điện rất cao để dùng trong ngành điện lực, lúc lại yêu cầu có độ cứng lớn để làm các loại dụng cụ cắt gọt kim loại, khi lại cần có độ bền lớn để làm các cấu kiện xây dựng, hoặc phải có tính dẻo cao để cán, dập, kéo nguội, hay cần độ bền cao nhưng khối lượng riêng nhỏ để dùng trong công nghiệp hàng không... Tất cả các yêu cầu này đều có thể được đáp ứng bởi vật liệu kim loại cũng như các loại vật liệu mới.

Môn vật liệu học sẽ trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản của các loại vật liệu chính : tinh thể, các hợp kim, bán dẫn và ion, cộng hóa trị ... cũng như kiến thức về xử lý nhiệt của chúng. Mục đích của môn học này giúp cho sinh viên hiểu rõ các loại vật liệu khác nhau dựa trên mối quan hệ giữa cấu trúc (liên kết hóa học, kiểu mạng tinh thể) và cơ lý tính, thực hành được các thí nghiệm cơ bản để xác định cơ tính của vật liệu và biết lựa chọn vật liệu phù hợp nhất đáp ứng nhu cầu sử dụng sau này. Khi nghiên cứu một vật liệu bất kỳ chúng ta đều dựa vào bốn cực cơ bản sau đây : Kết cấu của cấu trúc, các tính chất, sự tổng hợp các phương pháp gia công và hiệu quả sử dụng của nó. Một sản phẩm có thể gồm hàng chục loại vật liệu khác nhau tạo nên. Ví dụ ô tô RENAULT CLIO 1,2 RN của Pháp gồm mười một loại vật liệu sau đây tạo nên :

1- Thép tấm 40,9%	2- Thép hình 10,9%
2- Gang 11,3%	4- Hợp kim nhôm 4,2%
5- Các kim loại màu khác 3,9%	
6- Chất dẻo 10,2%	7- Chất dẻo đàn hồi 3,4%
8- Vật liệu hữu cơ khác 3,4%	
9- Thủy tinh 4,2%	10- Sơn 1,7%
11- Chất lỏng 5,9%	

Yêu cầu của người kỹ sư các ngành cơ khí ngoài khả năng hiểu biết về chuyên môn sâu của ngành học, còn phải nắm được những tính chất cơ bản của các loại vật liệu để từ đó có thể sử dụng một cách hợp lý nhất nhằm nâng cao tuổi thọ của máy móc, công trình, hạ giá thành sản phẩm ...

Môn học này kế thừa kiến thức của khá nhiều các lĩnh vực khác nhau : tinh thể học, cơ lượng tử, vật lý tia rơn ghen, ăn mòn và bảo vệ kim loại ... do đó khối lượng kiến thức khá lớn và có nhiều mặt. Vì vậy đòi hỏi người học phải nắm vững các kiến thức cơ bản về vật liệu và thực hành nghiêm túc các thí nghiệm. Khi nghiên cứu môn học này phải nắm chắc mối quan hệ giữa thành phần hóa học, cấu trúc và tính chất của vật liệu. Bất kỳ sự thay đổi nào của thành phần hóa học và cấu trúc sẽ dẫn tới sự biến đổi của tính chất vật liệu.

CHƯƠNG 1 : CẤU TẠO CỦA KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

Trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hoá học của Mendêlêep , hiện tại có hơn 100 nguyên tố thì các nguyên tố kim loại chiếm hơn 3/4 . Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu cấu trúc của mạng tinh thể , sự sắp xếp của các nguyên tử và mật độ của chúng cũng như khoảng cách giữa các mặt tinh thể .

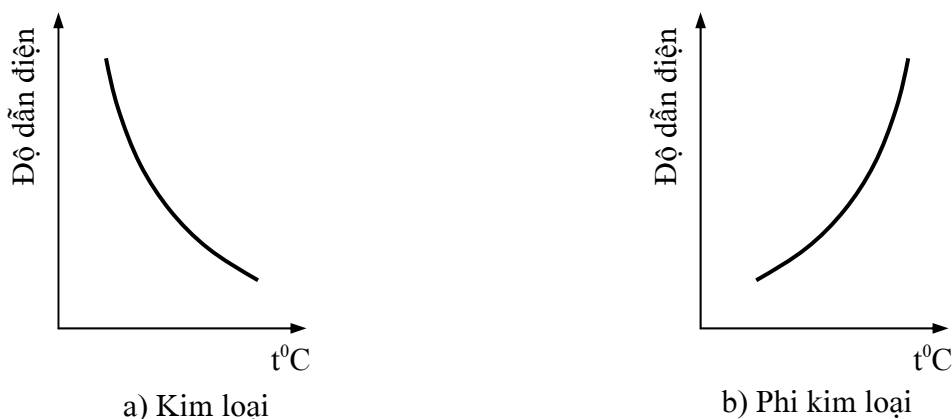
1.1.CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ LÝ TƯỞNG CỦA KIM LOẠI NGUYÊN CHẤT :

1.1.1. Khái niệm và đặc điểm của kim loại :

1- Định nghĩa : Kim loại là vật thể sáng , dẻo , có thể rèn được , có tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao .

Bất cứ kim loại nào bề mặt chưa bị ô xy hoá đều có vẻ lấp lánh sáng ta thường gọi là ánh kim . Hầu hết các kim loại đều dẻo , có thể kéo sợi , dát mỏng dễ dàng , dẫn điện và dẫn nhiệt tốt . Tuy vậy không phải tất cả các kim loại đều thỏa mãn những tính chất trên . Ví dụ : stibi (Sb) rất giòn không thể rèn được , praseodim (Pr) dẫn điện rất kém .

Tiêu chuẩn để phân biệt kim loại và phi kim là hệ số nhiệt độ của điện trở . Kim loại có hệ số nhiệt độ của điện trở dương (khi nhiệt độ tăng thì điện trở tăng) còn với phi kim loại thì hệ số này âm (khi nhiệt độ tăng điện trở giảm).



Hình 1.1- Hệ số nhiệt độ của điện trở.

Ta có thể giải thích các đặc điểm của kim loại dựa vào lý thuyết cổ điển về cấu tạo nguyên tử . Kim loại có ánh kim là do khi có ánh sáng chiếu vào thì điện tử sẽ hấp thụ năng lượng . Do đó nó có năng lượng cao hơn, bị kích thích và nhảy lên phân mức năng lượng trên . Tại mức năng lượng này là không ổn định do đó điện tử chỉ tồn tại một thời gian rất ngắn và sau đó trở về mức năng lượng cũ . Khi đó chúng thải bớt phần năng lượng dưới dạng bức xạ và làm cho kim loại có vẻ lấp lánh sáng . Tính dẫn điện và dẫn nhiệt cũng có thể giải thích tương tự . Còn tính dẻo có thể giải thích dựa vào liên kết kim loại .

2. Phân loại kim loại :

Trong thực tế tồn tại nhiều phương pháp phân loại kim loại, đây là một trong những những phương pháp thường sử dụng nhất .

a- Theo khối lượng riêng: kim loại được chia làm hai nhóm : kim loại nhẹ và kim loại nặng

Kim loại nặng là các kim loại có khối lượng riêng lớn hơn 5 g/cm^3 . Ví dụ như sắt ($\gamma = 7,8$), vàng ($\gamma = 19,5$), thủy ngân ($\gamma = 13,1$) ...

Kim loại nhẹ là các kim loại có khối lượng riêng nhỏ hơn 5 g/cm^3 . Ví dụ như nhôm ($\gamma = 2,7$), ti tan ($\gamma = 4,5$), man gan ($\gamma = 1,73$) ...

b - Theo nhiệt độ nóng chảy : kim loại được chia làm hai nhóm

Kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao : sắt (1539°C), vonphram (3410°C), titan (1668°C), đồng (1085°C)

Kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp : chì (327°C), nhôm (657°C), stibi (631°C) ...

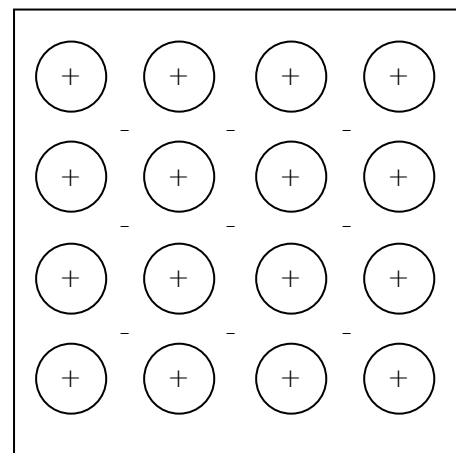
c - Theo tính chất hoạt động :

Kim loại kiềm : natri, kali, liti ...

Kim loại chuyển tiếp : sắt, crôm, mangan, vanadi ...

1.1.2. Liên kết kim loại :

Trong kim loại phần lớn các nguyên tử nhường bớt điện tử để trở thành ion dương còn các điện tử trở thành điện tử tự do. Các điện tử này không bị chi phối bởi một nguyên tử nào cả. Giữa các ion dương với nhau và các điện tử với nhau sẽ tồn tại lực đẩy, giữa ion và điện tử sinh ra lực hút. Sự cân bằng giữa các lực này là cơ sở của liên kết kim loại. Đây là dạng liên kết quan trọng của kim loại, nhờ mối liên kết này mà kim loại có tính dẻo rất cao.



Hình 1.2- Liên kết kim loại.

1.1.3. Các tính chất của kim loại :

Trong phần này ta chỉ nghiên cứu các tính chất được sử dụng trong cơ khí là chủ yếu. Ngoài ra còn xem xét thêm một vài tính chất khác.

1-Cơ tính : Nhiều kim loại có cơ tính tổng hợp tốt thỏa mãn các yêu cầu chế tạo trong cơ khí. Nhưng trong thực tế hầu như không sử dụng kim loại nguyên chất mà chủ yếu là dùng hợp kim. Cơ tính của kim loại và hợp kim được đánh giá bằng những chỉ tiêu sau đây :

*Độ bền tĩnh : xác định bằng giới hạn bền σ_b , giới hạn chảy σ_c và giới hạn đàn hồi σ_{dh} . Đơn vị đo theo hệ SI là N/m^2 , nhưng đơn vị này quá nhỏ nên thường dùng MN/m^2 hay MPa (trong thực tế hay dùng KG/mm^2)

*Độ cứng : được xác định bằng các loại độ cứng Brinen (HB), Rockwell (HRA, HRC) và Vicker (HV)

*Độ dẻo : xác định bằng độ giãn dài tương đối $\delta \%$ và độ thắt tỷ đối $\Psi \%$

*Độ dai : xác định bằng công phá hủy một đơn vị tiết diện mẫu, thường ký hiệu a_k , đơn vị đo kJ/m^2 .

Bảng 1.2. Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học và mạng tinh thể của chúng

[illegible]

2-Lý tính : các tính chất vật lý của kim loại cũng được ứng dụng rất phổ biến : làm dây dẫn điện ,nam châm , vật liệu dẫn nhiệt ...

3- Hóa tính : các kim loại thường tác dụng mạnh với các nguyên tố phi kim loại và bị phá hủy trong không khí ẩm.

4-Tính công nghệ : là khả năng chịu các dạng gia công : đúc , rèn dập , cán, cắt gọt... Một kim loại không thể đồng thời có tất cả các tính công nghệ đều tốt. Ví dụ : nếu đúc tốt thì dập sẽ kém ... Kim loại dù rất quý nhưng nếu tính công nghệ xấu thì không thể sử dụng trong lĩnh vực cơ khí .

1.1.4. Cấu tạo mạng tinh thể của kim loại nguyên chất :

1- Các khái niệm cơ bản

a-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 .

b-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.

c-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 $1kx = 1,00202A^{\circ} = 1,00202.10^{-8} \text{ cm}$. Theo thông số mạng ta có thể tính được đường kính nguyên tử kim loại . Thông số mạng thường ký hiệu là a .

2- Các loại mạng tinh thể thường gặp của kim loại :

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

a-Lập phương tâm khối (thể tâm A_2) : 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 của khối lập phương 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 :

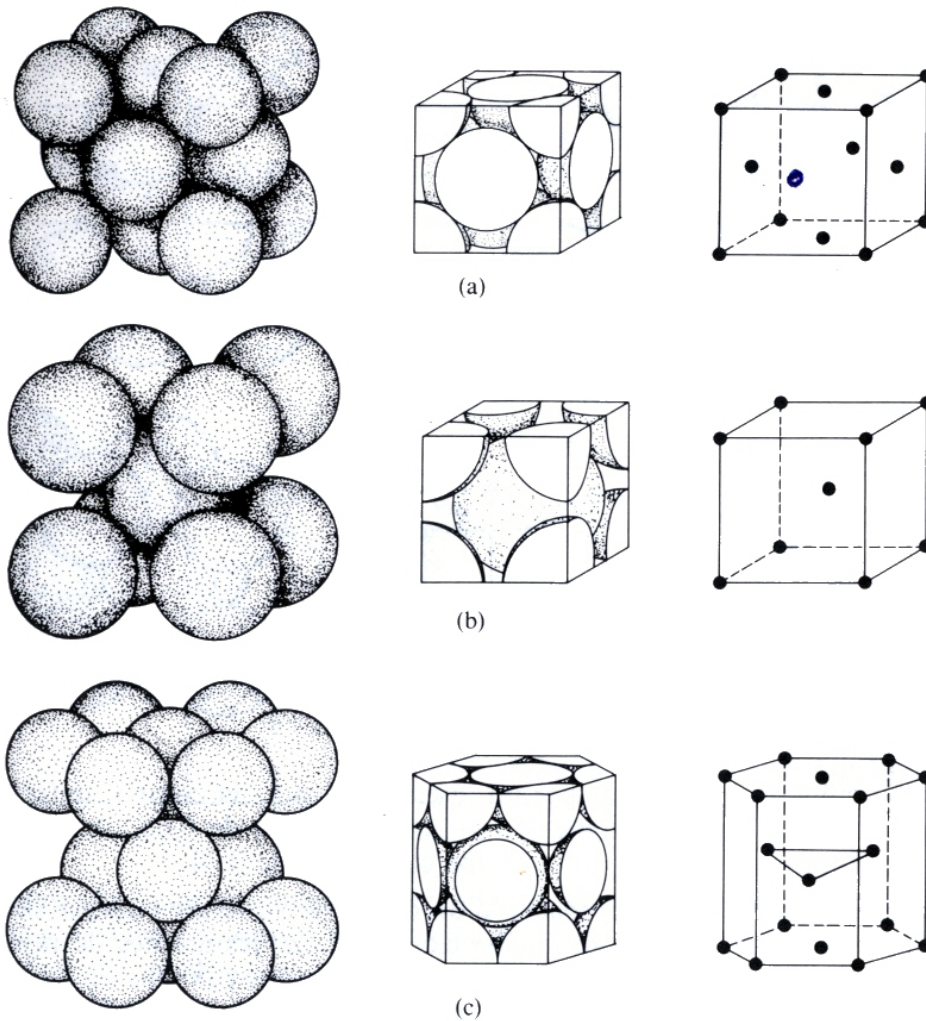
$$d = \frac{a\sqrt{3}}{2} \text{ và } r = \frac{a\sqrt{3}}{4} . \text{ Kiểu mạng này có một thông số mạng là } a .$$

b - Lập phương tâm mặt (diện tâm A_1) : Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và tâm của các mặt bên khối lập phương. 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

$$d = \frac{a\sqrt{2}}{2} \text{ và } r = \frac{a\sqrt{2}}{4} . \text{ kiểu mạng này chỉ có một thông số mạng là } a . \text{ Thường gặp}$$

trong các kim loại Fe_{γ} , Cu, Ni, Al, Pb...

c-Sáu phương xếp chặt (lục giác xếp chặt A_3) : 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. Mạng sáu phương xếp chặt có hai thông số mạng là a và c , tỷ số c/a gọi là hệ số xếp chặt.



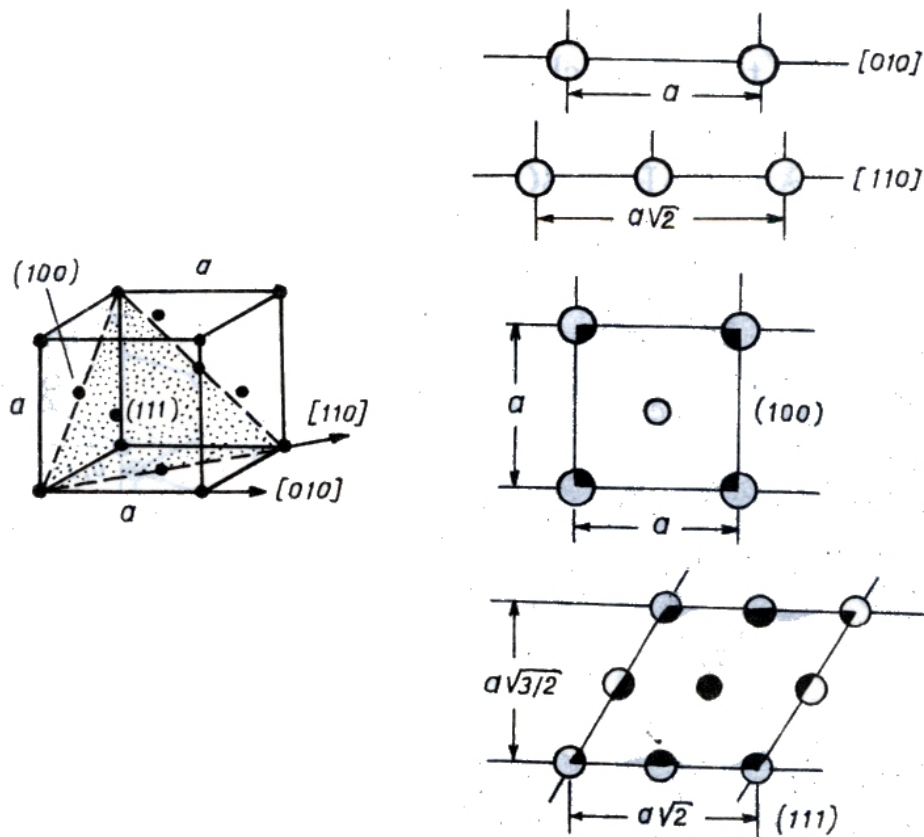
Hình 1.3- Mô hình và cách sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở.

- a) Lập phương tâm mặt
- b) Lập phương tâm khối
- c) Sáu phương 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_α, Mg, Ti, Ru...

d-Chính phương tâm khối (thể tâm): Trong tổ chức của thép sau khi tôi (mactenxit) 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.



Hình 1.5- Xác định mật độ sắp xếp M_p , M_s của khối cơ sở mạng tinh thể.

- Loại thứ hai : nằm trong khối bốn mặt , có tâm nằm ở 1/4 đoạn thẳng nối điểm giữa các mặt bên, kích thước là $0,221d$ và có tất cả 12 lỗ hổng. Mạng lập phương tâm khối có nhiều lỗ hổng hơn nhưng kích thước các lỗ hổng nhỏ hơn .

Mạng lập phương tâm mặt :

- Loại thứ nhất : nằm trong khối tám mặt có tâm nằm ở trung tâm khối cơ sở và đỉnh ở điểm giữa các mặt bên, kích thước $0,41d$. Có tất cả bốn lỗ hổng như vậy .

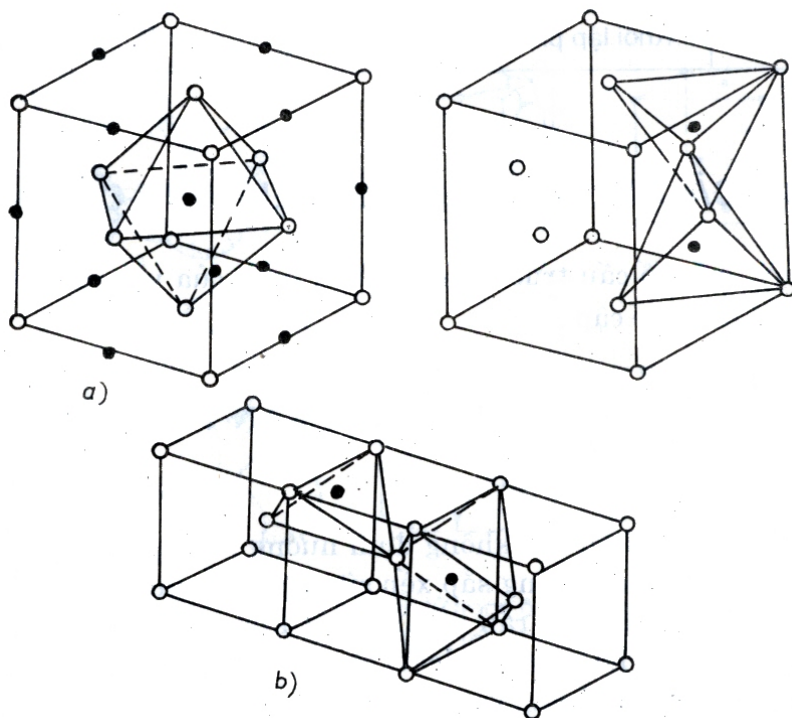
- Loại thứ hai : nằm trong khối bốn mặt, tâm nằm ở khoảng 1/4 các đường chéo khối $\{111\}$, kích thước $0,225d$, có tất cả tám lỗ hổng như vậy. Mạng lập phương tâm mặt có số lỗ hổng ít hơn nhưng kích thước lớn hơn .

1.1.6. Tính đa hình của kim loại (thù hình) :

1-Khái niệm và ví dụ :

Khá nhiều kim loại có nhiều kiểu mạng tinh thể khác nhau ở các khoảng nhiệt độ và áp suất khác nhau, tính chất đó gọi là tính đa hình .

Nhiệt độ mà tại đó kim loại chuyển từ kiểu mạng này sang kiểu mạng khác gọi là nhiệt độ tới hạn của chuyển biến đa hình . Nhiệt độ này còn phụ thuộc vào tốc độ nung nóng, tốc độ làm nguội và trạng thái ban đầu của kim loại . Các dạng đa hình khác nhau của một nguyên tố được ký hiệu bằng các chữ Hy Lạp cổ : α , β , γ ... Trong đó α là ký hiệu cho dạng đa hình ở nhiệt độ thấp nhất, các chữ còn lại ký hiệu lần lượt ở các nhiệt độ cao hơn.



Hình 1.6- Các loại lỗ hổng trong mạng lập phương tâm mặt (a) và lập phương tâm khối. (b)

Ví dụ : Sắt là kim loại có tính đa hình , ở nhiệt độ $< 911^{\circ}\text{C}$ và từ 1392°C đến 1539°C có kiểu mạng lập phương tâm khối gọi là Fe_{α} .Trong khoảng từ 911°C đến 1392°C có mạng lập phương tâm mặt gọi là Fe_{γ} .

Thiếc ở nhiệt độ thường có màu sáng bạc, có thể hàn, dát mỏng và kéo sợi được, đó là Sn_{β} . Nhưng khi làm nguội xuống -30°C thì trở thành Sn_{α} có màu xám ở dạng bột.

2-Sự thay đổi tính chất khi có chuyển biến đa hình :

Khi có chuyển biến đa hình các kim loại đều có sự thay đổi các tính chất của chúng.

-Thể tích riêng thay đổi :

Từ Fe_{α} sang Fe_{β} thể tích của nó có giảm đi khoảng 1% . Từ Sn_{β} sang Sn_{α} thể tích tăng lên 25%

-Thay đổi về cơ tính : từ Sn_{β} sang Sn_{α} độ bền không còn nữa

-Thay đổi về lý tính : do sự sắp xếp của nguyên tử có thay đổi nên nhiệt dung , điện trở ... đều biến đổi đi.

Sự thay đổi tính chất của kim loại khi chuyển biến đa hình được nghiên cứu kỹ lưỡng để tận dụng các tính chất có lợi và ngăn ngừa các mặt bất lợi .Tính đa hình của sắt được sử dụng rất nhiều trong nhiệt luyện .

1.1.7.Đơn tinh thể và đa tinh thể :

1-Tính có hướng của tinh thể : Mạng tinh thể luôn luôn thể hiện tính có hướng (định hướng) của nó nghĩa là theo các hướng khác nhau tính chất của mạng (cơ ,lý , hóa tính...) khác nhau .Tính có hướng là do cấu tạo mạng tinh thể, các phương và mặt khác nhau có mật độ nguyên tử không giống nhau.Theo phương có mật độ nguyên tử lớn liên kết bền hơn nên có độ bền lớn hơn các phương có mật độ nguyên tử bé .

Ví dụ : Tinh thể đồng theo các phương khác nhau có độ bền kéo thay đổi từ 140 đến 250MN/m². Tinh thể ma giê (mạng sáu phương xếp chặt) có điện trở : theo trục a có $\rho = 4,53.10^{-6}\Omega\text{cm}$, theo trục c có $\rho = 3,78.10^{-6}\Omega\text{cm}$.

2-Đơn tinh thể và đa tinh thể :

Đơn tinh thể : Nếu vật tinh thể có mạng thống nhất và phương không thay đổi trong toàn bộ thể tích thì gọi là đơn tinh thể.

Để hình dung về đơn tinh thể ta lấy một khối cơ sở và tịnh tiến nó theo ba trục tọa độ với đoạn bằng chu kỳ tuần hoàn mạng (thông số mạng) sẽ được đơn tinh thể.

Trong thực tế một số khoáng vật có thể tồn tại các đơn tinh thể tự nhiên. Với kim loại để có được tinh thể phải áp dụng công nghệ đặc biệt "nuôi" đơn tinh thể. Ngày nay người ta mới chế tạo được các đơn tinh thể kim loại có kích thước nhỏ, dài khoảng 3,5 cm.

Một số đơn tinh thể, đặc biệt là khoáng vật, có bề mặt ngoài khá nhẵn, hình dáng xác định, đó là những mặt phẳng nguyên tử giới hạn (thường là các mặt có mật độ nguyên tử lớn nhất).

Tính chất tiêu biểu của đơn tinh thể là tính có hướng (định hướng) do theo các hướng khác nhau có mật độ nguyên tử khác nhau.

Đơn tinh thể chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp bán dẫn và vật liệu kỹ thuật điện.

Đa tinh thể : là kim loại có cấu tạo gồm nhiều tinh thể. Mỗi tinh thể trong đó gọi là hạt.

Đa tinh thể có các đặc điểm sau :

- Do sự định hướng mạng tinh thể của mỗi hạt là ngẫu nhiên nên phương mạng giữa các hạt luôn lệch nhau một góc nào đó.

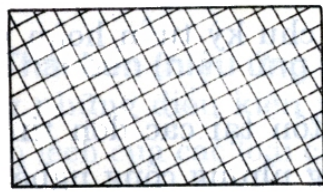
- Tại vùng biên giới hạt mạng tinh thể bị xô lệch .

- Đa tinh thể có tính đẳng hướng

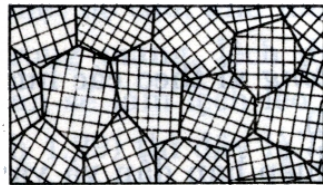
Do đó trong thực tế các kim loại thường gặp đều có cơ tính đồng nhất theo mọi phương. Nếu đem kéo, cán kim loại với mức độ biến dạng lớn thì kim loại lại thể hiện tính có hướng của nó. Ví dụ : dây thép khi kéo nguội với độ biến dạng rất lớn (làm các dây cáp cần cầu, cáp treo, dây phanh xe đạp ...) độ bền theo phương dọc sợi lớn hơn rất nhiều so với phương ngang sợi.

1.1.8.Cấu tạo mạng tinh thể thực tế của kim loại :

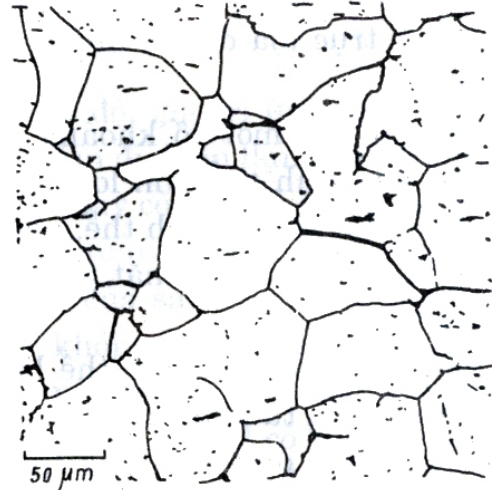
Trong kim loại thực tế các nguyên tử không hoàn toàn nằm ở các vị trí một cách trật tự như đã nói ở trên mà luôn luôn có một số ít nguyên tử nằm sai vị trí gây nên sai lệch mạng. Trong thực tế không có kim loại nguyên chất tuyệt đối . Do vậy trong kim loại bao giờ cũng có các tạp chất .Kích thước các nguyên tử lạ này luôn khác nguyên tử kim loại nên gây ra sai lệch trong mạng tinh thể. Sai lệch mạng tinh thể chiếm số lượng rất thấp (1-2% thể tích mạng) nhưng ảnh hưởng rất lớn đến cơ tính của kim loại.



a)



b)



c)

Hình 1.7- Mô hình đơn tinh thể (a) và đa tinh thể (b) và ảnh tế vi mẫu đa tinh thể sau tấm thực.

1-Phân loại các sai lệch trong mạng tinh thể :

Theo kích thước của sự sắp xếp không trật tự ta phân chia sai lệch ra làm ba loại : sai lệch điểm, sai lệch đường và sai lệch mặt.

a.Các sai lệch điểm :

là các sai lệch có kích thước bé theo ba chiều đo (vài thông số mạng), có dạng điểm hay bao quanh một điểm. Gồm các loại sau đây;

- Nút trống : là các nút mạng không có nguyên tử chiếm chỗ .
- Các nguyên tử nằm xen giữa các nút mạng
- Các nguyên tử lạ nằm trên các nút mạng hay xen giữa các nút mạng.

Do có các sai lệch mạng nên nguyên tử nằm xung quanh sai lệch nằm không đúng vị trí quy định . Ví dụ : nút trống làm các nguyên tử xung quanh nó có xu hướng xích lại gần nhau, nguyên tử xen giữa nút mạng làm các nguyên tử xung quanh có xu hướng bị dồn ép lại.

Số lượng các nút trống và nguyên tử xen giữa nút mạng có xu hướng phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ càng tăng số lượng của chúng càng nhiều, tuy nhiên không vượt quá 1-2% . Kim loại càng bền thì khả năng nguyên tử lạ chui vào mạng tinh thể càng nhiều và do đó số lượng sai lệch điểm tăng.

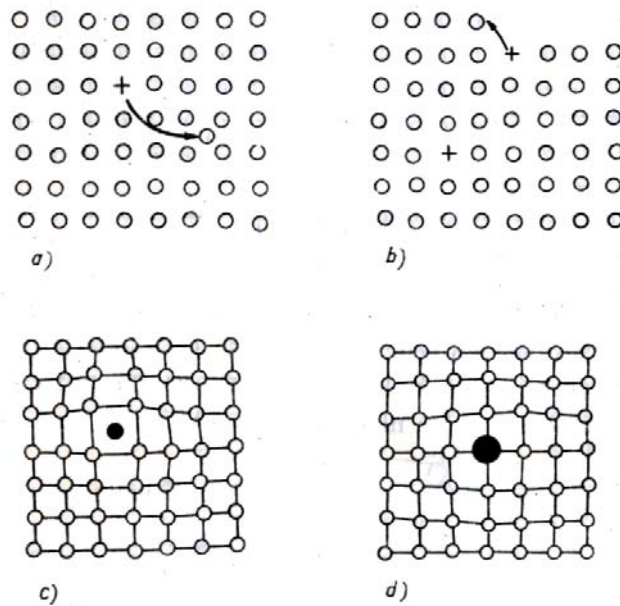
b.Các sai lệch đường :

là các sai lệch có kích thước lớn theo một chiều đo và bé theo hai chiều đo còn lại. Nó có dạng đường thẳng, đường cong, đường xoắn ốc. Bao gồm các loại sau:

- Một dãy các nút trống hay các sai lệch điểm khác
- Lệch : là dạng sai lệch đường quan trọng nhất và có tính ổn định cao.

c.Các sai lệch mặt :

là các sai lệch có kích thước lớn theo hai chiều đo và bé theo chiều đo còn lại. Nó có dạng mặt cong, mặt phẳng. Gồm các loại sau : biên giới giữa các hạt, các mặt trượt, các mặt song tinh, mặt ngoài tinh thể.



Hình 1.8- Sai lệch điểm trong mạng tinh thể.

a) Nút trống Frenkel. b) Nút trống Schottky
c, d) Nguyên tử xen kẽ và thay thế

2-Lệch và tác dụng của lệch trong tinh thể :

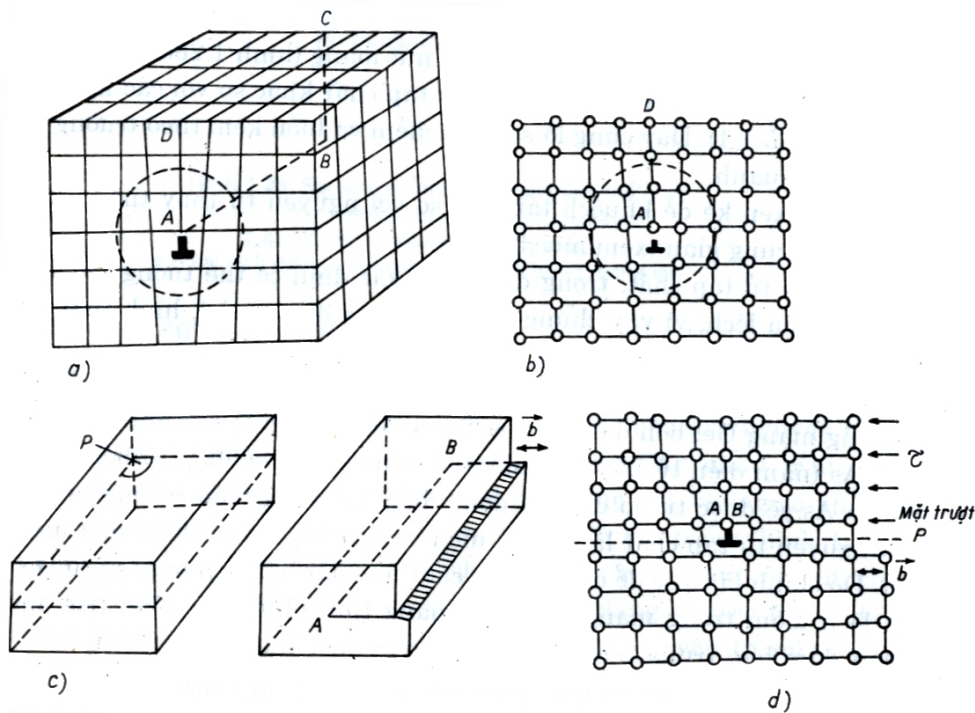
a.Lệch :

Nhờ sự phát triển của lý thuyết lệch cho phép giải thích được nhiều vấn đề như cơ cấu trượt, sự sai khác nhau giữa độ bền lý thuyết và độ bền thực tế, sự kết tinh ... Theo hình dáng hình học lệch được phân ra làm ba loại : lệch đường, lệch xoắn và lệch hỗn hợp.

-Lệch đường (lệch thẳng, lệch biên)

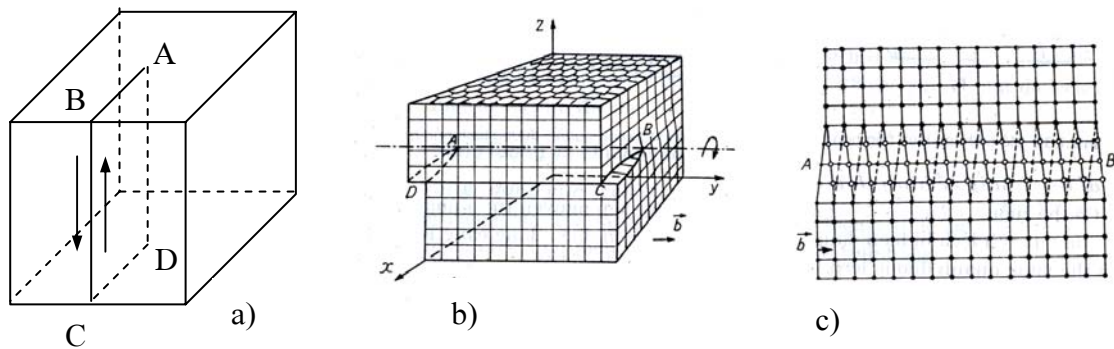
Ta có thể hình dung lệch đường như sau : ta có một mạng tinh thể hoàn chỉnh gồm nhiều mặt tinh thể song song và cách đều nhau hợp thành. Giả sử rằng ta gài vào đó thêm một bán mặt tinh thể ABCD, phần trên của mạng tinh thể như bị nén lại còn phần dưới của nó như bị kéo ra tương đối. Vùng xung quanh AB (mép của bán mặt) mạng tinh thể bị xô lệch nhiều nhất và do đó sai lệch có dạng đường. AB gọi là trục của lệch đường, nó có thể dài đến hàng nghìn hàng vạn thông số mạng. Trong khi tiết diện của sự xô lệch chỉ khoảng vài thông số mạng. Nếu bán mặt được gài từ trên xuống gọi là lệch đường dương (ký hiệu $\perp$), gài từ dưới lên gọi là lệch đường âm (ký hiệu T).

-Lệch xoắn : Ta có thể hình dung lệch xoắn như sau : cắt mạng tinh thể hoàn chỉnh bằng bán mặt ABCD. Sau đó xé dịch hai phần của mạng tương đối với nhau theo mặt cắt đi một thông số mạng (các nguyên tử nằm trong vùng từ B $\rightarrow$ A dịch đi một khoảng nhỏ hơn một thông số mạng, tại A dịch chuyển bằng không). Lúc này mạng tinh thể không phải gồm nhiều mặt song song và cách đều nhau nữa mà như gồm bởi một mặt cong quán quanh trục AD có dạng mặt vít và ta có lệch xoắn. AD gọi là trục của lệch xoắn có thể dài đến hàng nghìn hàng vạn thông số mạng, còn tiết diện của sự xô lệch chỉ vài thông số mạng.



Hình 1.9- Mô hình tạo lệch đường trong mạng tinh thể.

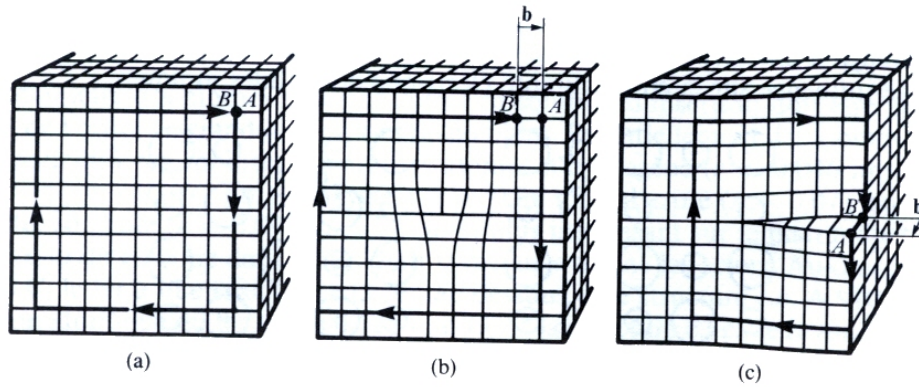
*Lệch hỗn hợp : là loại lệch có dạng tổng hợp của hai loại lệch trên, có dạng hình học rất phức tạp .



Hình 1.10- Lệch xoắn: mô hình tạo thành (a), mô hình không gian (b) và sự sắp xếp nguyên tử trong vùng lệch (c)

b.Tác dụng của lệch :

Lệch có vai trò rất lớn trong tinh thể, nó ảnh hưởng rất nhiều đến quá trình chuyển biến pha, quá trình trượt của kim loại. Sự có mặt của lệch làm cho kim loại dễ trượt, làm cho độ bền thực tế của nó giảm đi rất nhiều so với tính toán. Ví dụ : sắt có $\sigma_{b,lt} = 13000 \text{ MN/m}^2$, trong khi đó $\sigma_{b,tt} = 250 \text{ MN/m}^2$.



Hình 1.11- Cách xác định vectơ trượt (Burgers)

- a) Trong tinh thể hoàn chỉnh
- b) trong lệch đường
- c) Trong lệch xoắn

1.1.9. Các phương pháp nghiên cứu kim loại và hợp kim :

1- Các phương pháp nghiên cứu tổ chức :

a. Mặt gãy :

Đây là phương pháp đơn giản nhất . Ta quan sát bề mặt kim loại tại nơi gãy vỡ có thể phát hiện được các vết nứt lớn, xác định được độ hạt các lần xỉ lớn ... Từ đó có thể sơ bộ kết luận được chất lượng của kim loại .

b. Tổ chức thô đại :

Bề gãy mẫu kim loại rồi mài phẳng trên giấy mài. Trên bề mặt của nó có thể phát hiện được : bọt khí, rỗ nứt, lẫn xỉ . Nếu cho ăn mòn nhẹ bằng các hóa chất thích hợp có thể thấy được tổ chức thớ, nhánh cây, hạt lớn, sự phân bố của photpho, lưu huỳnh trong thép. Thường dùng để phát hiện tổ chức thớ trong vật cán rèn, sự phân bố của các vùng tinh thể trong thổi đúc .

c. Tổ chức tế vi :

Là phương pháp nghiên cứu tổ chức kim loại dưới kính hiển vi . Kính hiển vi vật liệu học thông dụng có độ phóng đại từ 50 đến 2000 lần. Mẫu để quan sát tổ chức tế vi chế tạo khá công phu. Phương pháp này cho biết được :

- Các thành phần tổ chức, độ lớn, hình dáng và sự sắp xếp của chúng.
- Sự phân bố của tạp chất.
- Sự thoát các bon ở bề mặt .
- Các vết nứt tế vi .
- Các lớp bảo hòa các bon, nhôm, ni tơ ...

2- Nghiên cứu cấu trúc bằng tia rơn ghen :

Là phương pháp nghiên cứu sự sắp xếp của các nguyên tử trong kim loại bằng tia rơn ghen . Căn cứ vào ảnh nhiễu xạ của tia rơn ghen trên mẫu kim loại ta có thể biết được sự sắp xếp của các nguyên tử và khoảng cách giữa các mặt tinh thể .

3- Phân tích hóa học và quang phổ quang phổ :

a- Phân tích hóa học :

Lấy phoi của kim loại cần phân tích mang hoà tan vào các axit thích hợp. Sau đó dùng các dung dịch chuẩn để định phân dung dịch cần nghiên cứu. Từ đó có thể biết được sự có mặt và lượng chứa của các nguyên tố trong mẫu phân tích. Độ chính xác của phân tích hóa học từ 0,1 - 0,01% trọng lượng.

b-Phân tích quang phổ :

Dem so sánh vạch quang phổ của mẫu nghiên cứu với các bản mẫu có sẵn sẽ biết được thành phần và lượng chứa của các nguyên tố có trong đó. Vị trí và màu sắc của vạch cho biết kết quả về định tính, độ đen của vạch cho biết kết quả định lượng. Phương pháp quang phổ có ưu điểm là : độ nhạy cao 0,001-0,0001% trọng lượng , cho kết quả nhanh và rẻ tiền .

4-Xác định thành phần các bon bằng tia lửa khi mài :

Các bon là thành phần quan trọng nhất trong thép, sự biến đổi của nó làm thay đổi tính chất của thép . Có thể xác định một cách gần đúng thành phần các bon bằng tia lửa khi mài thép. Với thép các bon thấp tia lửa khi mài ít, tia lửa hẹp và dài. Khi lượng các bon càng tăng lên tia lửa càng rộng ra và ngắn lại. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi trong sản xuất. Độ chính xác từ 0,1-0,2%C phụ thuộc vào khả năng quan sát của người công nhân.

5-Các phương pháp đo cơ lý tính của kim loại :

Cơ lý tính của kim loại là các chỉ tiêu quan trọng cần phải xác định để sử dụng vật liệu hợp lý . Các phương pháp này được xác định trên các máy móc của phòng thí nghiệm.

6-Các phương pháp vật lý kiểm tra tật hổng trong kim loại :

Các tật hổng như nứt, rỗ, bọt khí, lẫn xỉ... nằm trong kim loại rất nguy hiểm . Cần phải phát hiện chúng bằng các phương pháp không phá hủy kim loại. Trong kỹ thuật ta dùng các tia đâm xuyên như rơn ghen, gam ma... Có thể dùng siêu âm và nhiễm từ để phát hiện các khuyết tật này. Tia rơn ghen có khả năng phát hiện được tật hổng trong chi tiết thép dày 20 cm. Tia gam ma kiểm tra được vật có chiều dày lớn hơn.

1.2.CẤU TẠO CỦA KIM LOẠI LỎNG VÀ ĐIỀU KIỆN KẾT TINH :

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 .

1.2.1.Cấu tạo của kim loại lỏng :

Trong kim loại lỏng các nguyên tử không sắp xếp hỗn loạn như ở trạng thái khí. Song cũng không sắp xếp trật tự như ở trạng thái rắn. Nếu xem xét biểu hiện bên ngoài thì kim loại lỏng gần với kim loại rắn hơn so với trạng thái khí.

Cấu tạo của kim loại lỏng có những đặc điểm sau :

- Liên kết vẫn là liên kết kim loại như ở trạng thái rắn nhưng có yếu hơn .
- Các nguyên tử luôn có xu hướng sắp xếp trật tự, tức là mỗi nguyên tử luôn giữ khoảng cách nhất định với các nguyên tử bên cạnh và luôn có một số nguyên tử nhất định bao quanh nó.

-Chuyển động nhiệt của nguyên tử ở trạng thái lỏng rất lớn, do đó xu hướng sắp xếp có trật tự luôn bị phá hủy và thay bằng sự sắp xếp có trật tự mới.

-Trong kim loại lỏng có điện tử tự do.

Tính chất của kim loại lỏng :

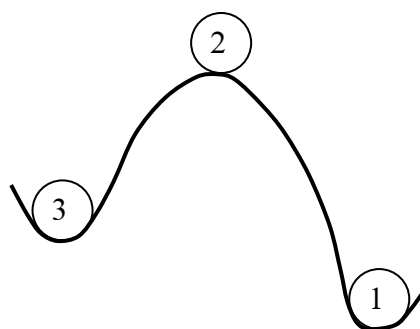
-Thể tích của kim loại lỏng và rắn khác nhau không nhiều lắm, phần lớn kim loại khi nóng chảy thể tích tăng lên từ 2-6%, trừ Ga và Bi thể tích giảm 30%.

-Nhiệt nóng chảy bé, chỉ bằng 5-10% nhiệt hóa hơi.

-Gần điểm nóng chảy nhiệt dung kim loại lỏng chỉ khác kim loại rắn 10% trong khi đó kim loại rắn và khí khác nhau 25%.

1.2.2. 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.



Hình 1.12- Sơ đồ biểu thị vị trí ổn định (1), không ổn định (2) và giả ổn định (3)

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

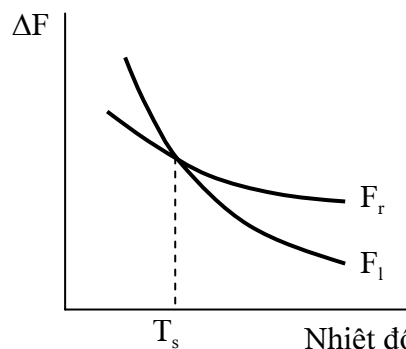
$-S$ là entropi

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

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.



Hình 1.13- Sơ đồ biến đổi năng lượng tự do ΔF của trạng thái lỏng và rắn theo nhiệt độ

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 $T < T_s$, để $F_r < F_l$ 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 $\Delta T_{nhỏ}$, khoảng từ $2 \div 5^{\circ}\text{C}$. 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.

1.2.3. 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, chúng là những mầm mống 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 $n s \sigma$. 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:

$$\Delta F = - n v \Delta F_v + n s \sigma$$

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 :

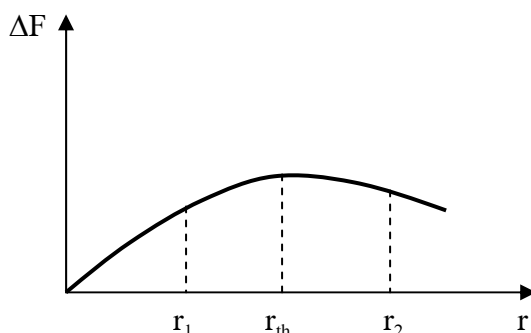
-Nếu nhóm nguyên tử trật tự có $r_1 < r_{th}$ thì khi nó phát triển lên làm cho năng lượng của hệ thống tăng lên, không phù hợp với tự nhiên nên sẽ tan đi.

-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 tối hạn nào đó mới trở thành mầm thật sự, còn những nhóm khác tan đi.

Ta có thể tính bán kính tối 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 .



Hình 1.14 - Quan hệ giữa bán kính mầm và ΔF

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 có 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 không tự sinh bao gồm :

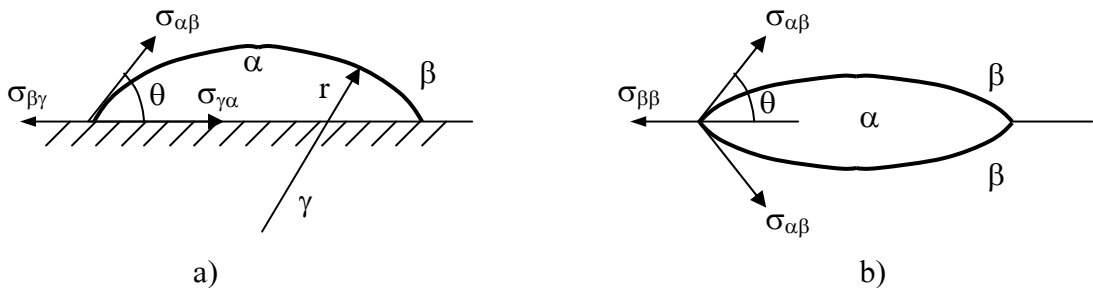
-Các phần tử vật lẫn lộn không tan rất nhỏ như ôxyt, bụi tường lò, nitrit, hydrit... có kiểu mạng và kích thước không sai khác nhiều với kim loại kết tinh.

-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.



Hình 1.15- Mầm ký sinh dạng chỏm cầu (a) và dạng thấu kính (b).

1.2.4. Sự tạo thành hạt tinh thể và hình dáng hạt kim loại đúc :

1-Sự tạo thành hạt tinh thể :

Sự kết tinh bao gồm quá trình tạo mầm và sau đó các mầm phát triển lên. Khi các mầm sinh ra đầu tiên phát triển lên, trong kim loại lỏng vẫn tiếp tục sinh ra các mầm mới. Quá trình cứ tiếp tục như vậy cho đến khi toàn bộ kim loại lỏng kết tinh hết. Chúng ta có thể hình dung sự tạo thành hạt tinh thể như sau. Giả sử rằng trong một đơn vị thể tích kim loại lỏng nào đó trong một giây sinh ra ba mầm. Ở giây thứ hai ba mầm sinh ra ở giây thứ nhất phát triển lên và sinh ra ba mầm mới. Quá trình như vậy cứ tiếp tục xảy ra cho đến khi toàn bộ khối kim loại lỏng kết tinh ở giây thứ n . Do sự định hướng của mầm trong không gian là ngẫu nhiên nên phương mạng giữa các hạt lệch nhau. Các hạt tạo thành có kích thước không đồng đều, những hạt do mầm sinh ra trước sẽ lớn hơn vì có điều kiện phát triển. Những hạt do các mầm càng sinh ra sau cùng càng ít có điều kiện phát triển nên có thể nhỏ hơn.

2-Hình dáng của hạt kim loại đúc:

Hạt kim loại nhận được sau khi đúc có thể có nhiều hình dáng rất khác nhau. Trong thực tế có thể gặp các hình dáng sau đây :

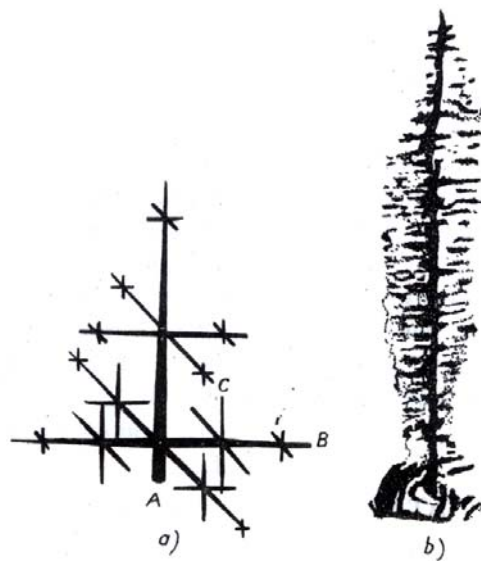
- Hạt dạng cầu : do mầm kết tinh phát triển đều theo mọi phương.
- Hạt dạng tấm : do mầm phát triển mạnh theo một mặt đã cho.
- Hạt dạng kim : nhận được khi làm nguội rất nhanh.
- Hạt dạng đa cạnh : do các hạt phát triển lên chèn ép lẫn nhau. Đây là dạng hạt thường gặp nhất.

1.2.5. Sự kết tinh hình nhánh cây, kích thước hạt kim loại :

a-Sự kết tinh hình nhánh cây :

Sự phát triển của tinh thể cũng có tính dị hướng, tức là theo các phương và mặt có mật độ lớn mầm phát triển mạnh hơn các phương và mặt có mật độ bé. Mặt khác tinh thể còn phát triển mạnh theo phương tản nhiệt, nên ban đầu của sự kết tinh, tinh thể có dạng hình nhánh cây. Quan sát kỹ quá trình kết tinh ta nhận thấy : đầu tiên mầm phát triển theo phương có lợi nhất tạo nên trục thứ nhất. Sau đó từ trục thứ nhất tạo ra trục thứ hai làm với trục thứ nhất một góc nào đó. Rồi từ trục hai phát triển ra trục ba...

Kết quả là ban đầu tạo ra tinh thể hình nhánh cây. Sau đó kim loại lỏng giữa các nhánh cây sẽ kết tinh và hạt tinh thể không còn dạng nhánh cây nữa. Nếu vì lý do nào đó sau khi tạo ra nhánh cây xong, kim loại lỏng hết thì hạt tinh thể chỉ là dạng nhánh cây. Nhánh cây thường thấy ở lõi co của vật đúc. Nhánh cây lớn nhất do nhà vật liệu học Nga là Ternop tìm ra dài 39 cm trong lõi co thép đúc nặng 100 tấn. Nhánh cây này trưng bày tại viện bảo tàng pháo binh Nga.



Hình 1.16- Sơ đồ kết tinh dạng nhánh cây (a) và ảnh chụp tinh thể nhánh cây (b)

b-Kích thước hạt kim loại :

Kích thước hạt kim loại là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng kim loại (chủ yếu là cơ tính). Do không thể tách rời từng hạt kim loại ra để đo đạc nên phải quy định ra các quy ước để đánh giá độ lớn của chúng. Thông thường xác định độ lớn hạt trên tổ chức tế vi theo các phương pháp sau :

- Đo diện tích S của hạt trên mặt cắt (cách này khá phức tạp nên ít dùng).
- Đo đường kính d trung bình của hạt (chiều ngang).
- So sánh với bảng chuẩn có độ phóng đại X100 lần (thường dùng nhất).

Sau khi xác định kích thước theo một trong ba cách trên ta sắp xếp chúng vào một bảng cấp hạt. Cấp hạt kim loại từ -3, -2.... 11, 12. Thông dụng nhất là từ cấp 1-8, cấp một là hạt lớn nhất, cấp tám là hạt bé nhất.

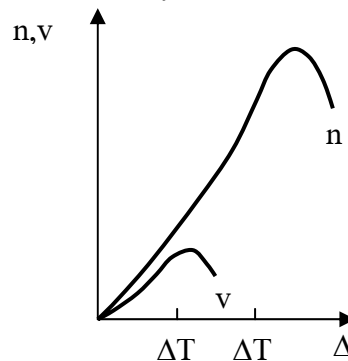
1.2.6. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ lớn hạt, các phương pháp làm nhỏ hạt:

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 :

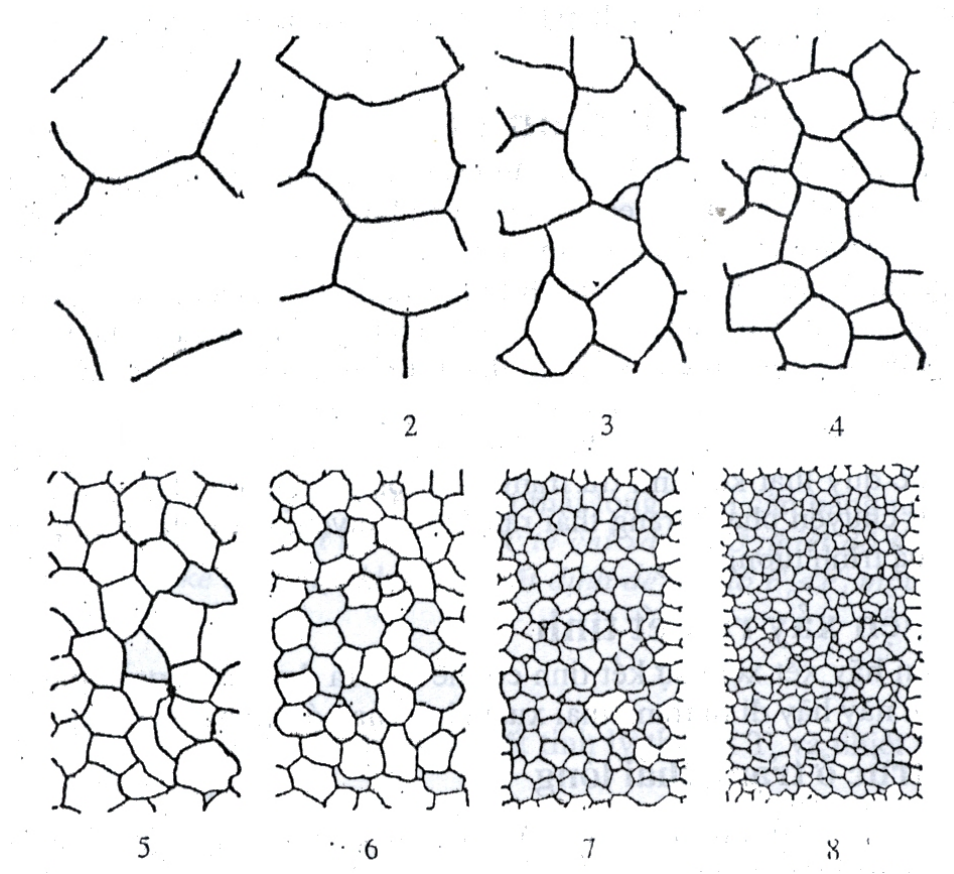
Trong thực tế có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ lớn của hạt kim loại nhưng ảnh hưởng mạnh nhất là độ quá nguội ΔT . Để đánh giá ảnh hưởng của độ quá nguội đến độ lớn hạt ta sử dụng hai đại lượng sau :

- Tốc độ sinh mầm : là số lượng tâm mầm sinh ra trong một đơn vị thể tích và



Hình 1.17- Ảnh hưởng của độ quá nguội ΔT đến n, v

trong một đơn vị thời gian, ký hiệu n , đơn vị đo $1/\text{mm}^3 \cdot \text{s}$



Hình 1.18- Ảnh cấp hạt chuẩn ứng với độ phóng đại 100 lần.

- 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 ($\frac{2}{3} NaCl$, $\frac{1}{3} NaF$) với tỷ lệ 0,05-0,08%, chúng hòa tan vào và hạn chế sự phát triển của tinh thể si lic. Do vậy làm cho hạt nhỏ.

* Ngoài ra chất biến tính còn 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 chất biến tính sẽ nổi lên và đi vào xỉ. Nếu quá muộn thì không kịp phản ứng.

1.2.7. Cấu tạo của vật đúc :

Kim loại lỏng sau khi nấu luyện xong được đúc thành sản phẩm hay bán thành phẩm. Các sản phẩm đúc rất đa dạng, nhiều vật đúc có hình dáng rất phức tạp. Vì vậy không thể có quy luật chung về cấu tạo tinh thể của chúng. Ở đây chúng ta nghiên cứu vật đúc đơn giản nhất, đó là các thỏi đúc thép trong khuôn kim loại. Từ đó suy rộng ra cho các vật đúc phức tạp và đúc trong các loại khuôn khác.

1-Cấu tạo tinh thể vật đúc :

Thông thường vật đúc có ba vùng tinh thể sau đây :

a-Vùng ngoài cùng :

Vùng này có các hạt đẳng trục và kích thước nhỏ mịn (vùng 1). Do đầu tiên kim loại lỏng tiếp xúc với thành khuôn nguội lạnh nên bị nguội đột ngột và kết tinh với độ quá nguội ΔT lớn, cùng với tác dụng tạo mầm của thành khuôn nên hạt tạo thành có kích thước nhỏ mịn. Mặt khác do sự lỗi lổm của thành khuôn (chất sơn khuôn) nên mầm phát triển theo mọi phương và hạt có dạng đẳng trục.

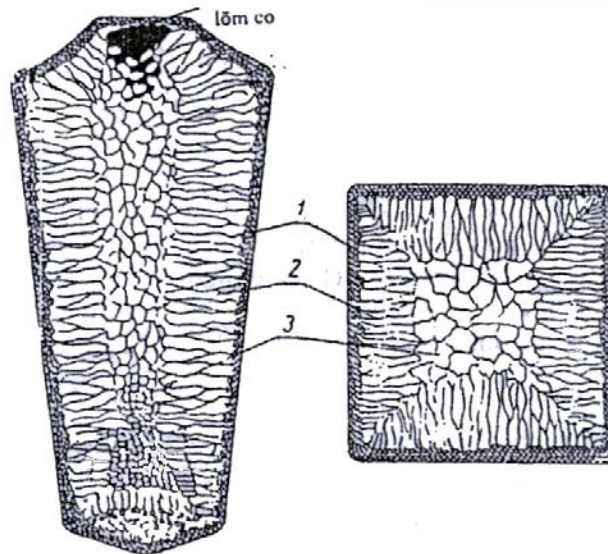
b-Vùng trung gian :

Vùng này gồm các hạt hình trụ, tức là các hạt dài và vuông góc với thành khuôn (vùng 2). Sau khi đã tạo ra vùng 1 thì thành khuôn đã khá nóng, do vậy kim loại lỏng kết tinh với độ quá nguội ΔT nhỏ, vì vậy hạt nhận được có xu hướng lớn dần lên. Lúc này ảnh hưởng chủ yếu đến hình dáng hạt là phương thoát nhiệt. Phương thoát nhiệt vuông góc với thành khuôn nên hạt phát triển mạnh theo hướng ngược lại. Kết quả là tạo ra các hạt hình trụ vuông góc với thành khuôn.

c-Vùng trung tâm :

Vùng này có hạt lớn và đẳng trục (vùng 3). Khi vùng này kết tinh thì thành khuôn đã rất nóng nên kim loại kết tinh với độ quá nguội ΔT bé, do vậy có kích thước lớn. Sự thoát nhiệt theo mọi phương là như nhau nên hạt có dạng đẳng trục.

Trong ba vùng tinh thể trên thì vùng ngoài cùng luôn luôn tồn tại và có chiều dày nhỏ. Còn hai vùng trong có thể tồn tại hay không phụ thuộc vào điều kiện làm nguội khuôn. Khi khuôn được làm nguội mãnh liệt thì vùng 2 lấn át hẳn vùng 3 và có thể làm mất vùng 3. Lúc này vùng 2 phát triển đến tâm của vật đúc. Cấu tạo của vật đúc như là chỉ gồm các hạt hình trụ vuông góc với thành khuôn và gọi là tổ chức xuyên tinh. Tổ chức xuyên tinh chỉ có lợi khi yêu cầu vật đúc có mật độ lớn và không qua biến dạng dẻo (cán, rèn). Nếu làm nguội khuôn rất chậm thì vùng 3 lấn át hẳn vùng 2, vật đúc có mật độ nhỏ và dễ dàng biến dạng dẻo.



Hình 1.19- Tổ chức 3 vùng của thỏi đúc.

- 1) Vùng ngoài cùng; 2) Vùng tinh thể hình trụ (trung gian)
3) Vùng hạt to (trung tâm)

2-Các tật hỏng của vật đúc :

Các tật hỏng làm xấu chất lượng của vật đúc. Vì vậy ta phải nghiên cứu để tìm biện pháp hạn chế hoặc loại bỏ chúng. Trong vật đúc thường gặp các tật hỏng sau đây :

1-Rỗ co (rỗ xốp, rỗ tế vi):

Do quá trình kết tinh dạng nhánh cây nên dòng kim loại lỏng không thể điền đầy hết tất cả những khe hở giữa các nhánh cây đó. Khi kết tinh thể tích kim loại bị giảm đi sẽ tạo nên các lỗ hổng tại đó. Hiện tượng này gọi là rỗ co. Rỗ co phân bố khắp vật đúc và làm giảm mật độ của vật đúc nên làm xấu cơ tính của nó. Có thể khắc phục rỗ co bằng cách biến dạng nóng, lúc này rỗ co được hàn kín lại (bề mặt rỗ co chưa bị ô xy hóa). Rỗ co ảnh hưởng không đáng kể đến cơ tính của vật đúc.

2-Lỗ co:

Do khi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn thể tích kim loại bị giảm đi nên ở trên cùng và tại phần dày nhất của vật đúc tạo ra một lỗ hổng gọi là lỗ co. Lỗ co làm mất sự lạnh lặn của vật đúc và phải cắt bỏ đi. Do vậy phần thể tích vật đúc sử dụng chỉ còn khoảng từ 85%-95%. Khắc phục lỗ co bằng đập ngót để đưa nó ra ngoài vật đúc.

Rỗ co và lõm co đều có chung một nguyên nhân hình thành đó là sự giảm thể tích của kim loại khi kết tinh. Với một kim loại hay hợp kim thì tỷ lệ co khi kết tinh là hằng số. Vì vậy tăng lõm co sẽ làm giảm được rỗ co và ngược lại chứ không thể làm mất hai tật hồng này.

3-Rỗ khí :

Trong điều kiện nấu luyện thông thường kim loại lỏng hòa tan khá nhiều các loại khí. Sau khi kết tinh độ hòa tan của khí trong kim loại giảm đi đột ngột, khí thoát ra bị kẹt lại và hình thành các bọt khí gọi là rỗ khí. Rỗ khí rất nguy hiểm vì nó làm mất tính liên tục của vật đúc và là nơi tập trung ứng suất làm giảm cơ tính. Nếu rỗ khí nằm ngay dưới lớp vỏ của vật đúc sẽ gây ra tróc và nứt cho chi tiết. Có thể khắc phục rỗ khí bằng cách biến dạng nóng, chúng sẽ bẹp đi. (Trừ trường hợp nằm sát ngoài, dưới vỏ vật đúc). Biện pháp khắc phục tốt nhất là khử khí triệt để trước khi rót khuôn hay đúc trong chân không.

4-Thiên tích :

Thiên tích là sự không đồng nhất về thành phần hóa học và tổ chức trong bản thân vật đúc. Do đó dẫn tới sự khác nhau về tính chất giữa các vùng của vật đúc. Thiên tích có nhiều loại : thiên tích theo trọng lượng, thiên tích nhánh cây.

1.3.CẤU TẠO CỦA HỢP KIM :

Trong kỹ thuật, đặc biệt là trong chế tạo cơ khí không dùng kim loại nguyên chất mà thường dùng tổ hợp của kim loại và các chất khác. Tổ hợp các chất này được chế tạo bằng cách nấu chảy rồi pha trộn với nhau theo tỷ lệ đã định, sau đó đem đúc thành sản phẩm. Tổ hợp đó gọi là hợp kim. Hợp kim có tính chất khác hẳn mà kim loại nguyên chất không thể có được.

1.3.1.Khái niệm về hợp kim :

1-Định nghĩa :

Hợp kim là vật thể của nhiều nguyên tố và mang tính kim loại (dẫn điện, dẫn nhiệt cao, dẻo, dễ biến dạng, có ánh kim ...).

Nguyên tố chủ yếu trong hợp kim là nguyên tố kim loại. Hợp kim có thể được tạo nên giữa các nguyên tố kim loại với nhau, hay giữa nguyên tố kim loại và phi kim loại. Ví dụ : -Thép các bon là hợp kim của nguyên tố kim loại và phi kim loại ($\text{Fe} + \text{C}$)

- La tông là hợp kim của hai nguyên tố kim loại ($\text{Cu} + \text{Zn}$)

Thành phần của các nguyên tố trong hợp kim được biểu thị theo phần trăm khối lượng mỗi nguyên tố. Tổng các thành phần trong hợp kim luôn luôn bằng 100%. Đôi khi người ta còn dùng tỷ lệ phần trăm nguyên tử.

2-Các ưu việt của hợp kim :

Sở dĩ hợp kim được sử dụng rộng rãi trong chế tạo cơ khí vì nó có những đặc tính ưu việt hơn hẳn kim loại nguyên chất và giá thành thấp hơn.

a - Hợp kim có cơ tính tổng hợp tốt hơn kim loại nguyên chất : hợp kim có độ bền cao hơn nhiều so với kim loại nguyên chất, độ dẻo thấp hơn nhưng cơ tính chung của nó đảm bảo thỏa mãn đầy đủ các yêu cầu của chế tạo cơ khí.

b - Hợp kim có tính công nghệ đa dạng và phù hợp : đảm bảo tính gia công cắt gọt, biến dạng dẻo, có độ thấm tôi lớn... Một số hợp kim đặc biệt có những tính chất quý :

không rỉ, có diện trở lớn, giãn nở đặc biệt, chống mài mòn lớn, chịu nhiệt độ cao... mà kim loại nguyên chất không thể có được.

c - Trong nhiều trường hợp hợp kim dễ chế tạo đơn giản và rẻ tiền hơn : luyện thép có nhiệt độ chảy thấp hơn luyện sắt, la tông bền và rẻ hơn đồng ...

3-Một số khái niệm cơ bản :

Khi nghiên cứu hợp kim ta có thêm một số khái niệm mới cần phải đưa thêm vào so với kim loại nguyên chất.

a - Cấu tử (còn gọi là nguyên): là các nguyên tố (hay hợp chất hóa học bền vững) cấu tạo nên hợp kim. Chúng là các thành phần độc lập.

b - Hệ (đôi khi còn gọi là hệ thống) : là một tập hợp vật thể riêng biệt của hợp kim trong điều kiện xác định.

c - Pha : là tổ phần đồng nhất của hệ (hợp kim) có cấu trúc và các tính chất cơ, lý, hóa 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).

d - Trạng thái 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.

e - Trạng thái 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.

f - Trạng thái 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.

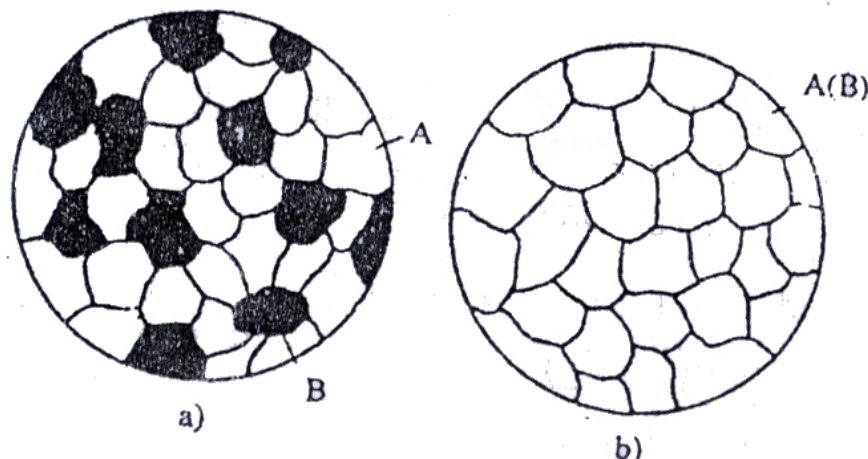
4-Các dạng cấu tạo của hợp kim

Trong thực tế hợp kim thường có các dạng cấu tạo sau đây :

a - Hợp kim có cấu tạo một pha là dung dịch rắn

b - Hợp kim có cấu tạo một pha là hợp chất hóa học (hay pha trung gian).

c - Hợp kim có cấu tạo bởi hai hay nhiều pha.



Hình 1.20-Hối hợp cơ học (a) và dung dịch rắn (b)

1.3.2. Dung dịch rắn

1-Khái niệm và phân loại :

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 :

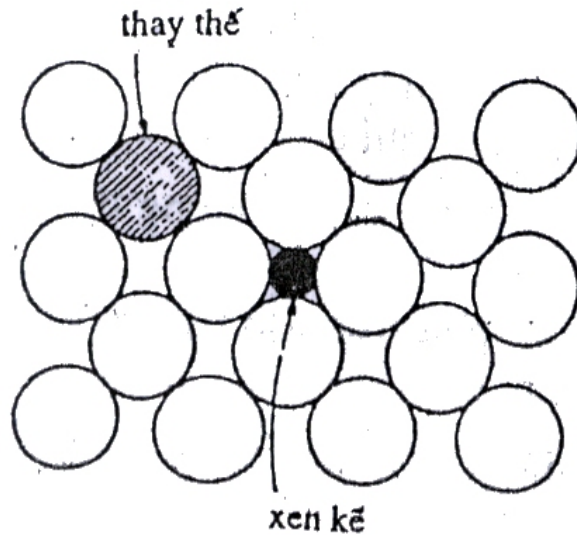
là loại dung dịch rắn mà trong đó nguyên tử của cấu tử hòa tan thay thế vào vị trí trên nút mạng của cấu tử dung môi (nguyên tố chủ).

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 của hai cấu 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.

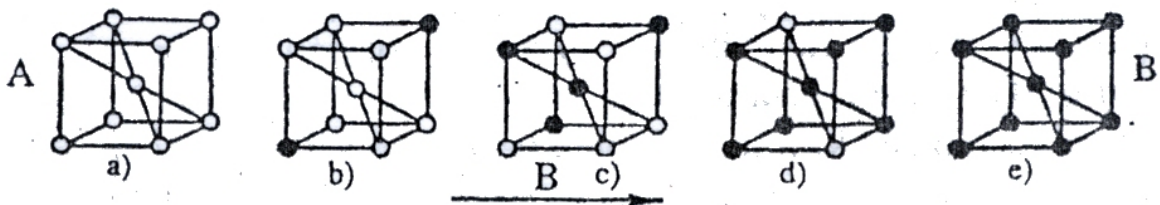
a - Dung dịch rắn thay thế hòa tan vô hạn :

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.



Hình1.21-Sơ đồ tạo thành dung dịch rắn thay thế và xen kẽ



Hình1.22 -Sơ đồ tạo thành dung dịch rắn thay thế hoà tan vô hạn

- 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, lớn hơn 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 :

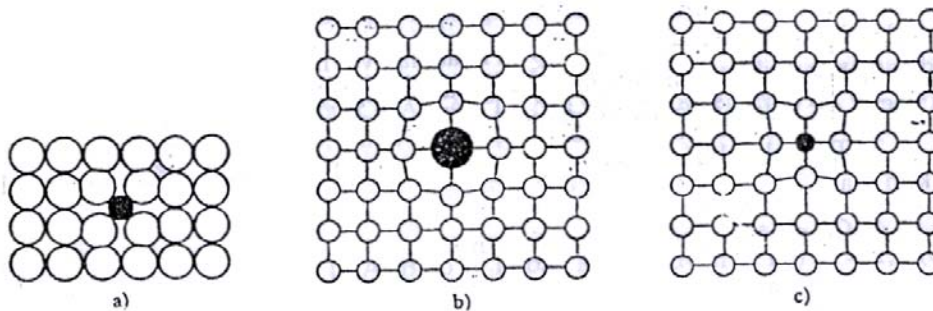
Là loại dung dịch rắn trong đó nguyên tử hòa tan nằm xen giữa các nguyên tử của kim loại dung môi, chúng chui vào lỗ hổng trong mạng dung môi. Như vậy ta thấy rằng số nguyên tử trong khối cơ sở tăng lên.

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. Đường 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 sát 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 (đường kính nguyên tử hòa tan luôn lớn hơn lỗ hổng).
- 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.



Hình 1.23 - Sự xô lệch mạng trong dung dịch rắn

- a) Trong dung dịch rắn xen kẽ b) Trong dung dịch rắn thay thế khi $r_{ht} > r_{dm}$
c) Trong dung dịch rắn thay thế khi $r_{ht} < r_{dm}$

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 kẽm)

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%.

1.3.3. 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 của các dung dịch rắn ở hai đầu mút.

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 được 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 La ves, 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 phi kim loại (H, N, C...) có đường kính nguyên tử bé. Kiểu mạng của pha xen kẽ được xác định theo quan hệ giữa đường kính nguyên tử kim loại và phi kim loại :

- Nếu $d_A/d_K < 0,59$ (d_A - đường kính nguyên tử phi kim loại, d_K - đường kính nguyên tử kim loại) thì pha xen kẽ có các kiểu mạng đơn giản : tâm khối, tâm mặt, sáu phương xếp chặt... Các nguyên tử phi kim loại 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 (TiH_2). Với K là kim loại, A là phi kim loại.

- 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 $> 3000^{\circ}C$) và có độ cứng lớn ($2000 \div 5000$ 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 ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$).

- $N = 7/4$ 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 trở làm tăng độ bền, độ cứng.

1.3.4.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 pha trung gian... 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.

1.4.GIẢI ĐỒ PHA CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ :

1.4.1.Các khái niệm cơ sở :

1-Khái niệm về giản đồ pha :

Ta biết rằng khi thay đổi thành phần và nhiệt độ thì cấu tạo pha của hệ hợp kim cũng thay đổi theo. Để xác định sự thay đổi này ta dùng giản đồ pha.

Định nghĩa : Giản đồ pha là giản đồ biểu thị sự biến đổi tổ chức pha theo nhiệt độ và thành phần của hệ ở trạng thái cân bằng.

Cần chú ý là sự biến đổi này chỉ hoàn toàn đúng và phù hợp với hợp kim ở trạng thái cân bằng (làm nguội vô cùng chậm), trong trường hợp làm nguội thông thường nó sẽ có một số sai khác. Tuy vậy giản đồ pha vẫn là cơ sở để xác định cấu trúc của hợp kim.

2-Quy tắc pha và công dụng (định luật Gibbs) :

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 và 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.

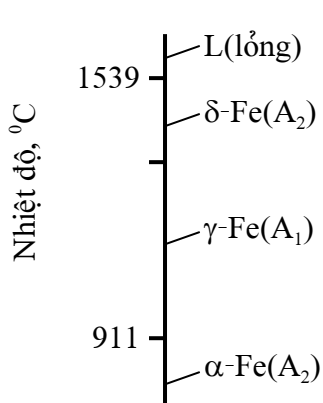
1.4.2. Cấu tạo của giản đồ pha và công dụng :

1-Cấu tạo của giản đồ pha :

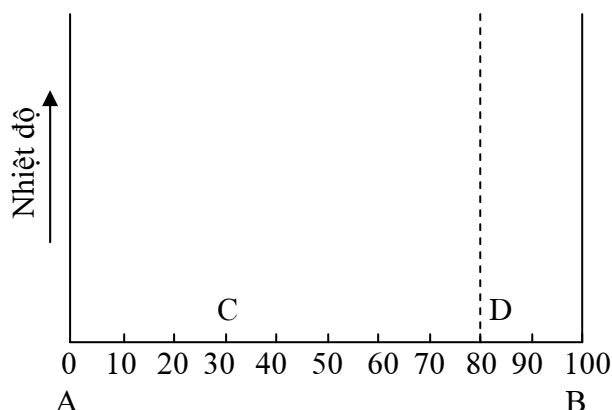
Giản đồ pha của một hệ hợp kim (còn gọi là giản đồ trạng thái, cân bằng) biểu thị mối quan hệ giữa nhiệt độ, thành phần và số lượng pha ở trạng thái cân bằng. Các hệ hợp kim khác nhau có giản đồ pha khác nhau. Giản đồ pha được xây dựng bằng thực nghiệm. Hiện tại người ta đã xây dựng hầu hết giản đồ pha hai cấu tử, ba cấu tử của các hệ thường gặp.

a - Giản đồ pha một cấu tử :

Hệ một cấu tử không có sự biến đổi về thành phần hóa học nên chỉ có một trục, trên đó người ta ghi các nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ chuyển biến pha.



Hình 1.24- Giản đồ pha của sắt



Hình 1.25- Hệ trục của giản đồ pha 2 cấu tử

b - Giản đồ pha hai cấu tử :

Giản đồ pha của hệ hai cấu tử gồm hai trục : trục tung biểu diễn nhiệt độ, trục hoành biểu diễn thành phần hóa học (thường theo % khối lượng). Trong hệ trục đó người ta vẽ các đường phân chia giản đồ thành các khu vực có tổ chức và pha giống nhau.

Các điểm trên đường nằm ngang biểu thị cho các hợp kim có thành phần khác nhau nhưng ở cùng một nhiệt độ. Đi từ trái qua phải tỷ lệ cấu tử B tăng dần lên, cấu tử A giảm đi và ngược lại.

Các điểm nằm trên đường thẳng đứng biểu thị cho một hợp kim có thành phần xác định nhưng ở các nhiệt độ khác nhau.

Nếu hợp kim có hai pha thì điểm biểu diễn của chúng phải nằm về hai phía đối diện với điểm biểu diễn hợp kim.

2-Công dụng của giản đồ pha :

Giản đồ pha của hợp kim hai cấu tử có công dụng rất lớn trong thực tế. Từ giản đồ pha có thể xác định được :

- Cấu tạo pha của hệ hợp kim tại các nhiệt độ và thành phần khác nhau. Từ cấu tạo pha ta có thể suy đoán tính chất của từng hợp kim cụ thể.

- Thành phần và tỷ lệ các pha của hợp kim bằng quy tắc đòn bẩy : Từ ba điểm biểu diễn hợp kim (thành phần và hai pha) tạo ra hai đoạn thẳng mà độ dài mà độ dài của mỗi đoạn biểu thị tỷ lệ của pha đối diện trong hợp kim. Cụ thể như sau :

Lượng pha trái Độ dài đoạn thẳng phải

----- = -----

Lượng pha phải Độ dài đoạn thẳng trái

- Nhiệt độ chảy, nhiệt độ chuyển biến pha của các hợp kim, từ đó xác định được nhiệt độ rèn, cán, đúc...

- Các chuyển biến pha, dự đoán được các tổ chức tạo thành ở trạng thái không cân bằng...

1.4.3. Giản đồ pha hợp kim hai cấu tử không có đa hình :

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 lỏng 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 :

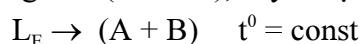
- Ở cao hơn nhiệt độ ứng với điểm 0 : hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng (L).

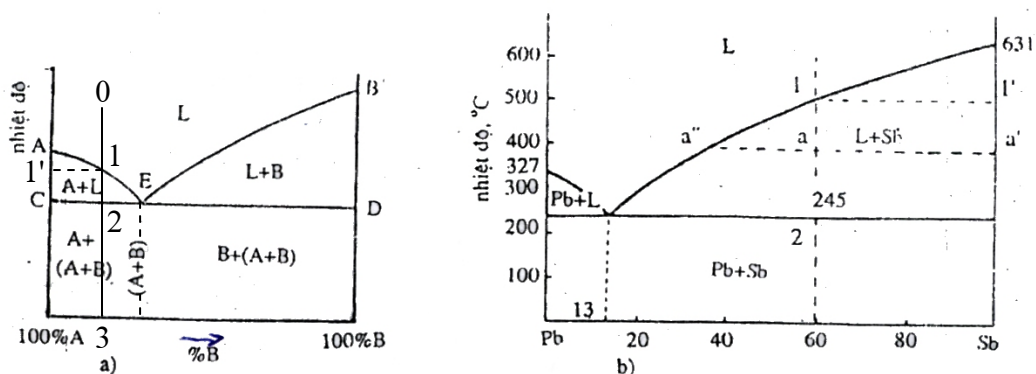
- Làm nguội từ 0 đến 1: đây là quá trình nguội của hợp kim lỏng (L↓).

- Tại nhiệt độ ứng với điểm 1: từ hợp kim lỏng kết tinh ra tinh thể A (thành phần tại 1')

- 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.





Hình 1.26 -Giản đồ pha loại 1, dạng tổng quát (a), hệ Pb-Sb (b)

- 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 :

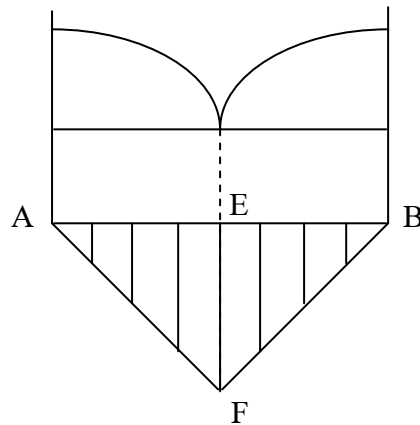
Trong các hệ hợp kim có giản đồ loại 1 ta vẽ thêm một tam giác phụ để xác định tỷ lệ của tổ chức cùng tinh cũng như các cấu tử nguyên chất một cách dễ dàng ứng với các thành phần khác nhau. Tam giác này gọi là tam giác Tam - man (do Tam - man người Đức đưa ra). Tại điểm E tổ chức cùng tinh chiếm 100%. 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 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.



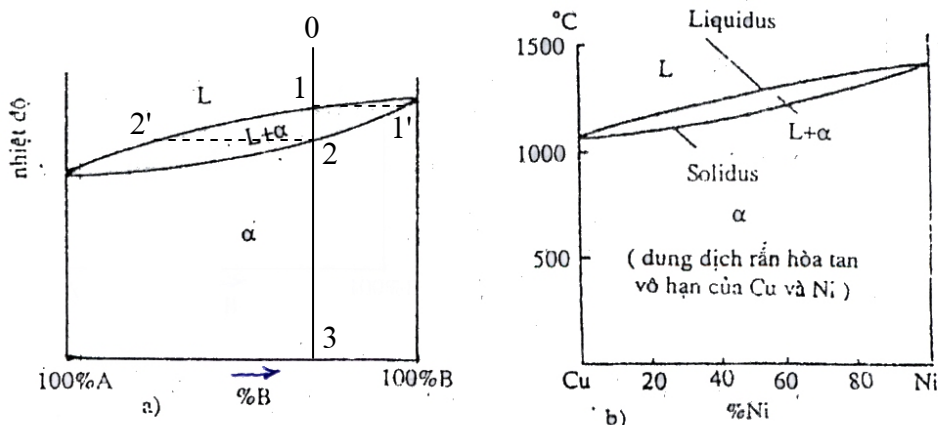
Hình 1.27 - Tam giác Tamman

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.



Hình 1.28-Giản đồ pha loại 2, dạng tổng quát (a), hệ Cu-Ni (b)

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 nhanh) 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)

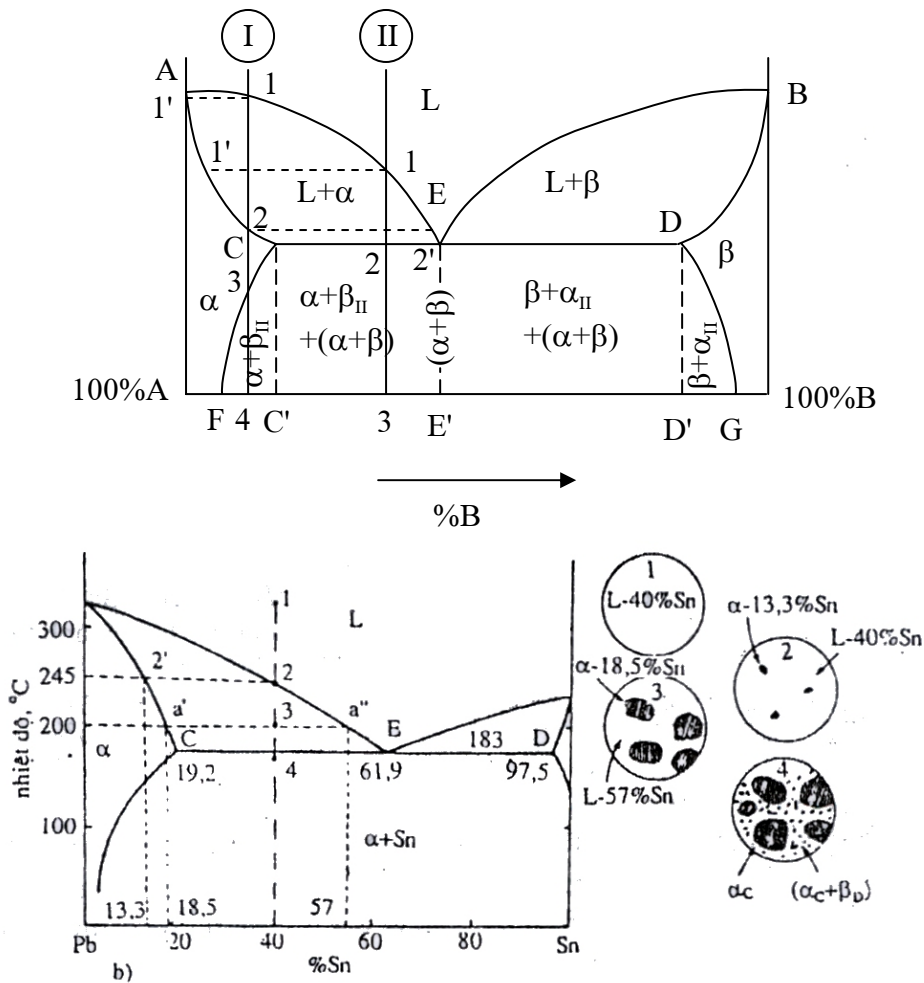
β - dung dịch rắn của A hòa tan có hạn trong cấu tử B, B(A)

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 đã được 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 :

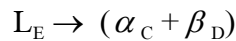


Hình 1.29-Giản đồ pha loại 3 dạng tổng quát (a), hệ Pb-Sn (b)

- 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 β_{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 hay β), 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.



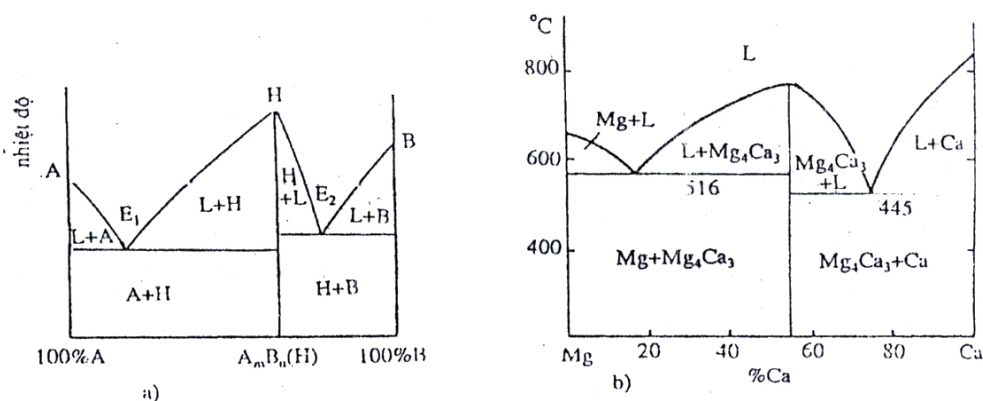
- Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 2 đến 3 do lượng cấu tử hòa tan là quá bão hòa nên có quá trình tiết ra β_{II} từ α và α_{II} từ β . Tuy nhiên α_{II} được tiết ra từ β trong cùng tinh, nằm lẫn lộn với α_c nên không nhìn thấy được. Do vậy tổ chức nhận được ở nhiệt độ thường là $\alpha + \beta_{II}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

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_mB_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)



Hình 1.30 -Giản đồ pha loại 4, dạng tổng quát (a), hệ Mg-Cu (b)

5-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 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 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.

1.4.4. Giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe₃C) :

Thép và gang là các vật liệu chủ yếu sử dụng trong ngành cơ khí. Cổ sở để nghiên cứu và nhiệt luyện chúng là giản đồ pha Fe - C. Vì vậy ta cần phải nghiên cứu kỹ càng giản đồ này.

1-Cấu tử sắt :

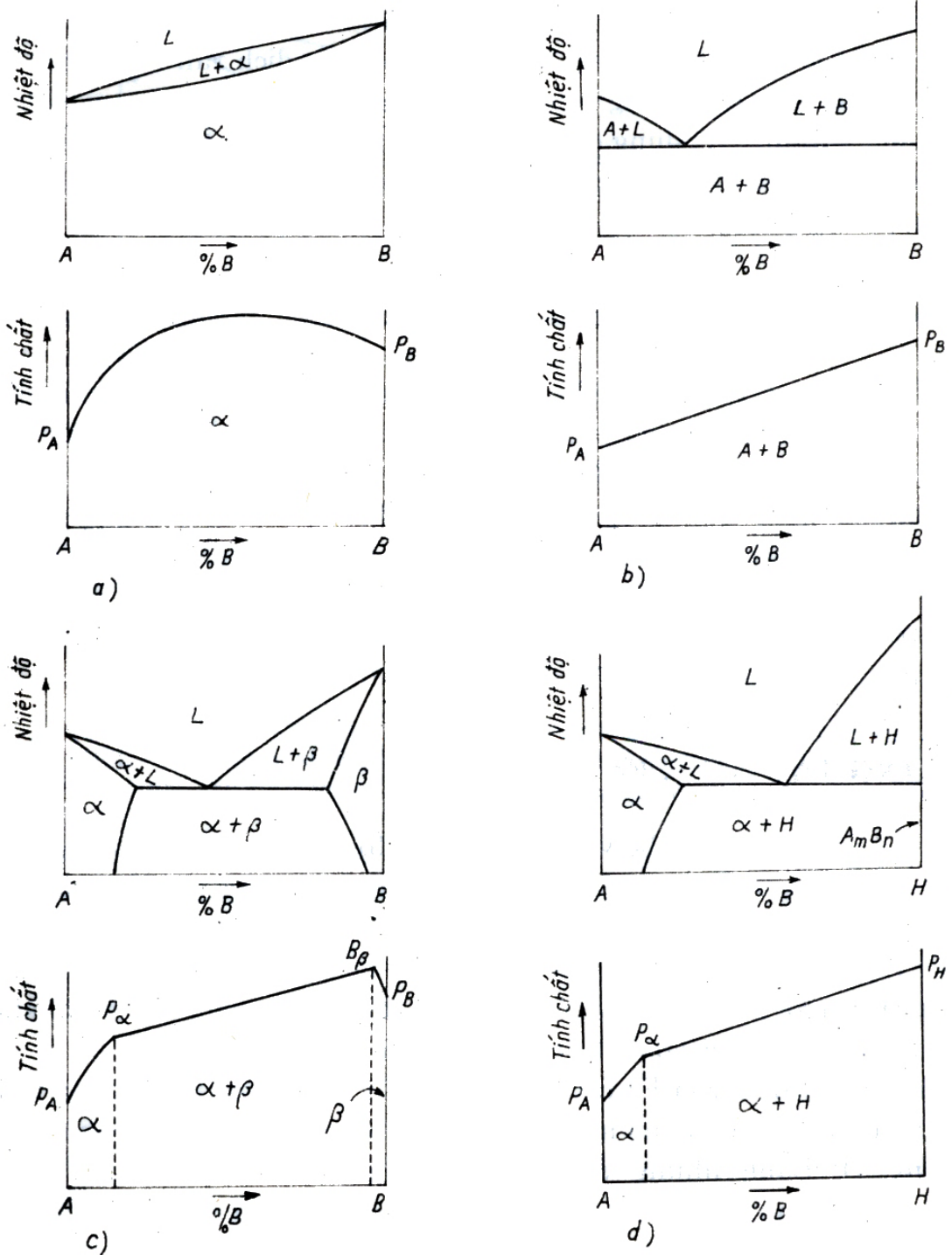
Sắt là nguyên tố có khá nhiều trong tự nhiên. Hiện tại người ta đã luyện được sắt với độ sạch 99,99999% Fe. Trong thực tế sản xuất người ta thường nghiên cứu với sắt có lượng chứa 99,8 - 99,9%. Sắt này gọi là sắt nguyên chất kỹ thuật (sắt am khô)

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

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

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

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



Hình 1.31-Tính chất của vật liệu và giản đồ pha.

- Độ thất 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 từ tính. 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 $0,10\% \text{C}$ 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 graphit (có cấu tạo mạng tinh thể). Trong hợp kim Fe - C các bon chỉ tồn tại tự do ở dạng graphit (trong các loại gang có graphit).

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 khoảng 800 HB . Ở nhiệt độ nhỏ hơn 217°C có từ tính. Lớn hơn nhiệt độ này mất từ tính. 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).

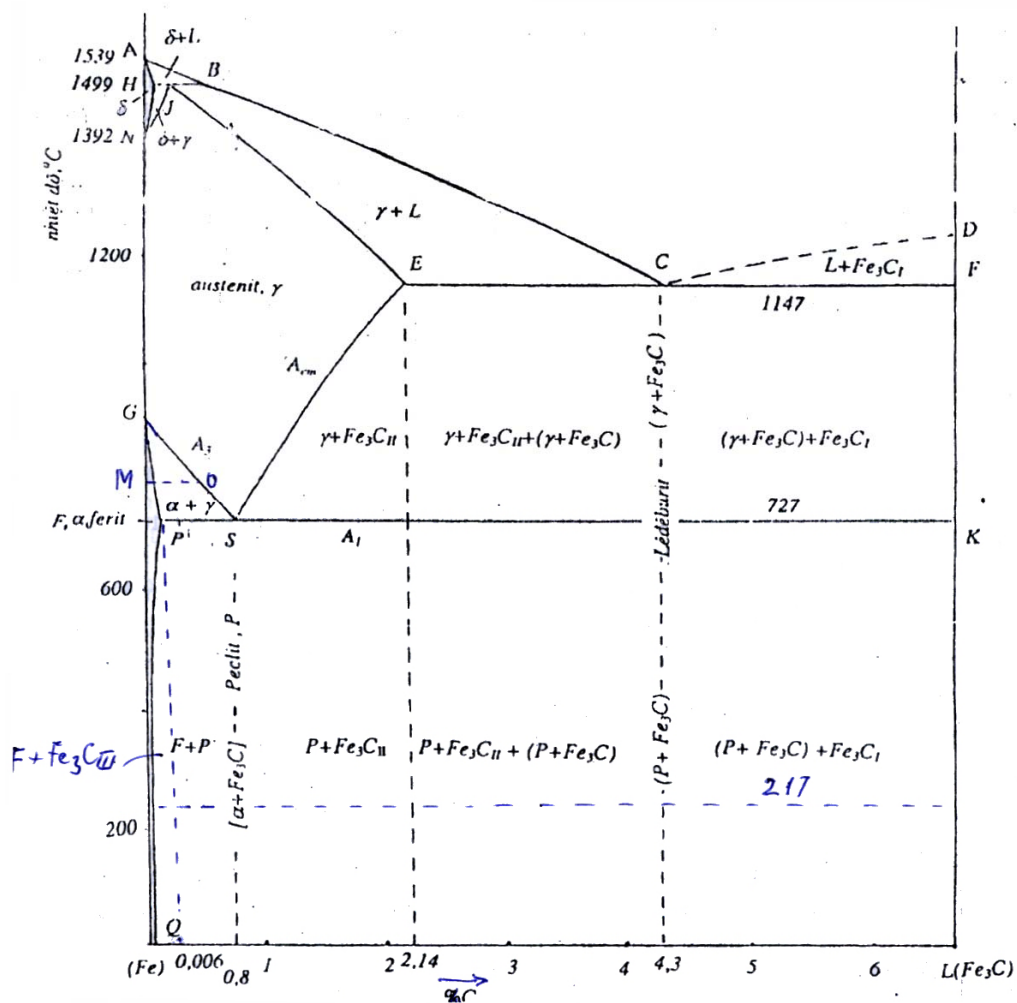
3-Giản đồ pha Fe - C ($\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$) :

a - 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 thoát 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 :

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 (eutectic)
- 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.



Hình 1.32 -Giản đồ pha Fe-C (Fe-Fe₃C)

Điểm	%C	Nhiệt độ °C	Điểm	%C	Nhiệt độ °C
A	0	1539	B	0,50	1499
C	4,30	1147	D	6,67	1250
E	2,14	1147	F	6,67	1147
G	0	911	H	0,10	1499
J	0,16	1499	K	6,67	727
L	6,67	0	N	0	1392
P	0,02	727	Q	0,006	0
S	0,80	727			

b - 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 lớn hơn 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).

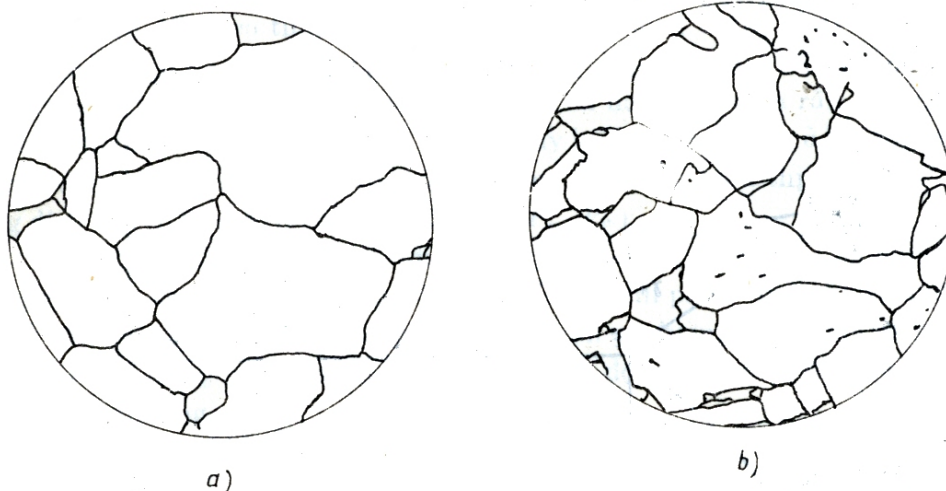


- Sự tiết ra pha Fe_3C dư ra khỏi dung dịch rắn : Xảy ra trong dung dịch rắn Fe_γ theo đường ES và trong Fe_α theo đường PQ.

c - Các tổ chức của hợp kim Fe - Fe_3C :

- Tổ chức một pha :

* Pherit (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 nhỏ hơn 768°C có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất từ tính. Khi hòa tan thêm các nguyên tố hợp kim Mn, Si, Ni... độ bền của nó tăng lên, độ dẻo dai giảm đi và gọi là phe rit hợp kim. Pherit là pha tồn tại ở nhiệt độ thường, chiếm tỷ lệ khá lớn (khoảng $\geq 90\%$) nên ảnh 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.



Hình 1.33-Tổ chức tế vi của ferit (a) và austenit (b).

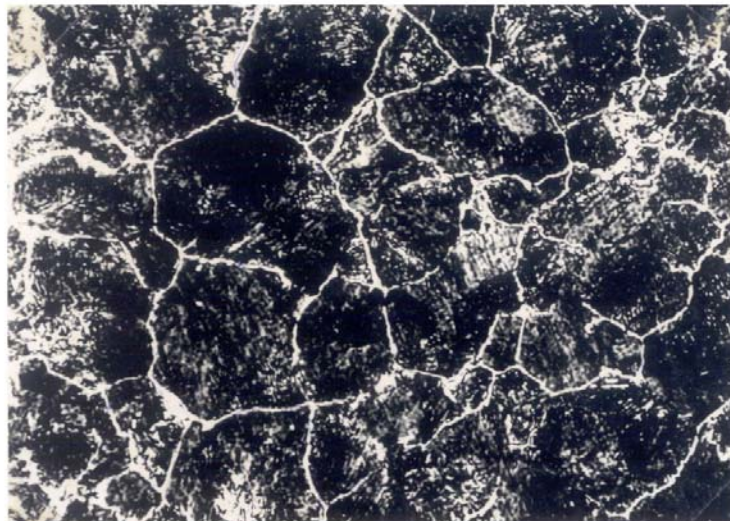
*Austenit [ký hiệu γ , A_s, $Fe_\gamma(C)$] : là dung dịch rắn xen kẽ của các bon trong Fe_γ có mạng lập phương tâm mặt. Là pha rất dẻo và dai, độ cứng thấp. Nó không có từ tính và không tồn tại ở nhiệt độ thấp hơn 727°C trong hợp kim sắt các bon nguyên chất, chỉ tồn tại ở dưới nhiệt độ này trong các 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

nhật 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 Xê, 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 từ tính. Cùng với ferit, nó tạo nên các tổ chức khác nhau của hợp kim Fe - C. Xêmentit xuất phát từ tên gọi cément có nghĩa là cứng. Ta phân biệt ra bốn loại xêmentit :

+ *Xêmentit thứ nhất* : (Xê_I , Fe_3C_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 thẳng, thô to.

+ *Xêmentit thứ hai* : (Xê_{II} , Fe_3C_{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 $2,14\%\text{C}$. 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).



Hình 1.34 - Tổ chức xêmentit 2 dạng lưới ở thép sau cùng tích

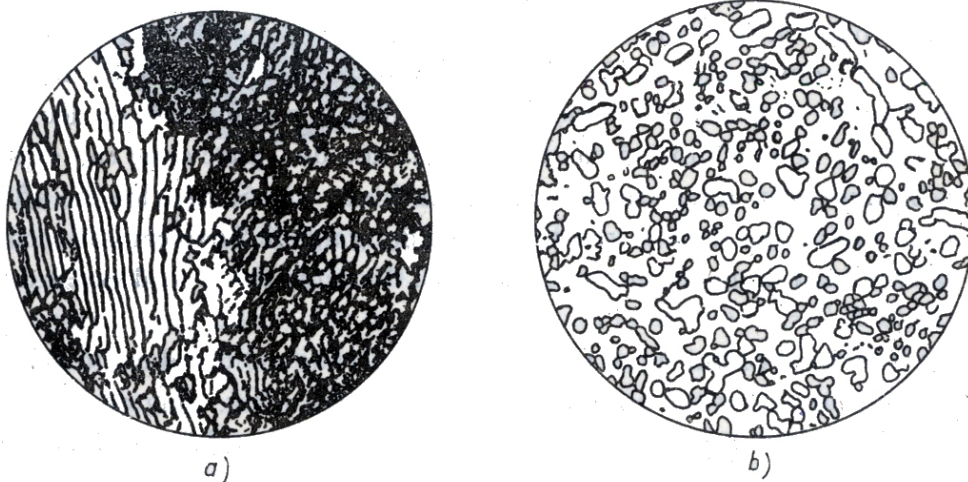
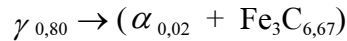
+ *Xêmentit thứ ba* : (Xê_{III} , $\text{Fe}_3\text{C}_{III}$) : được tạo thành khi giảm nồng độ các bon trong ferit theo đường PQ khi hạ nhiệt độ từ 727°C , thấy rõ nhất trong các hợp kim nhỏ hơn $0,02\%\text{C}$. Do tạo thành ở nhiệt độ rất thấp nên kích thước rất nhỏ mịn, số lượng không đáng kể, trong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

- Các tổ chức hai pha :

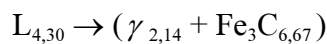
*Pec-lít [ký hiệu P hay ($\text{Fe}_\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$)] : là hỗn hợp cơ học cùng tích của phe rít và xêmentit được tạo ra từ chuyển biến cùng tích của austenit tại 727°C . Trong péc lít có 88% F và 12% Xê. Péc lít khá bền và cứng nhưng cũng đủ độ dẻo dai đáp ứng được các yêu cầu của vật liệu 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, kém ổn định. Péc lít hạt ít gặp trong thực tế, chỉ nhận được trong các điều kiện cụ thể (ủ cầu hóa). Péc lít hạt có tính ổn định cao hơn péc lít tấm. Tên gọi péc lít xuất phát từ pearđ có nghĩa là vằn hay màu xà cừ.



Hình 1.35- Tổ chức tế vi của peclit tấm (a) và peclit hạt (b).

*Lêđêburit [Lê hay ($\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$), ($\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}$)] : là hỗn hợp cơ học cùng tinh của austenit và xêmentit được tạo thành từ hợp kim lỏng chứa 4,30%C tại 1147°C. Khi làm nguội dưới 727°C do chuyển biến $\gamma \rightarrow \text{P}$ nên tổ chức của lêđêburit gồm ($\text{P} + \text{Fe}_3\text{C}$).



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.

d-Một số quy ước :

-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 ít các 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 ít các 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 0,80%C, tổ chức cân bằng gồm phe rit và péc lít.

+Thép cùng tích : là loại thép có hàm lượng các bon bằng 0,80%C, tổ chức cân bằng là péc lít.

+Thép sau cùng tích : là loại thép có hàm lượng các bon lớn hơn 0,80%C, tổ chức cân bằng gồm pec lit và xêmentit thứ hai.



Hình 1.36- Tổ chức tế vi của thép trước cùng tích.

Gang trắng được chia ra làm ba loại :

+Gang trắng trước cùng tinh : là loại gang có hàm lượng các bon nhỏ hơn 4,30%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 4,30%C, tổ chức cân bằng là lêđêburit.

+Gang trắng sau cùng tinh : là loại gang có hàm lượng các bon lớn hơn 4,30%C, tổ chức cân bằng gồm xêmentit thứ nhất và lêđêburit.

-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 :

* A_0 - (217°C) là nhiệt độ chuyển biến từ của xêmentit, thấp hơn nhiệt độ này xêmentit có từ tính, cao hơn nhiệt độ này xêmentit mất từ tính.

* A_1 - (727°C) ứng với đường PSK là nhiệt độ chuyển biến austenit $\leftrightarrow$ peclit có trong tất cả các loại thép.

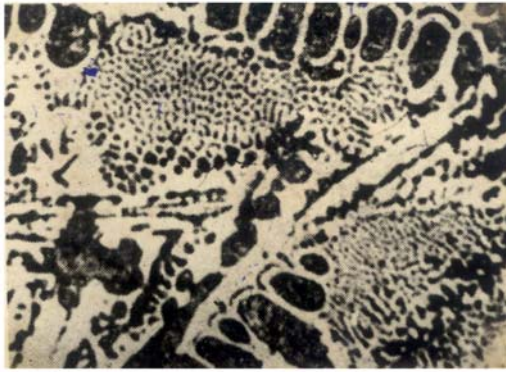
* A_2 - (768°C) còn gọi là điểm Curi, ứng với đường MO, là điểm chuyển biến từ của phe rit, thấp hơn nhiệt độ này phe rit có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất từ tính .

* A_3 - ứng với đường GS (911°C ÷ 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.

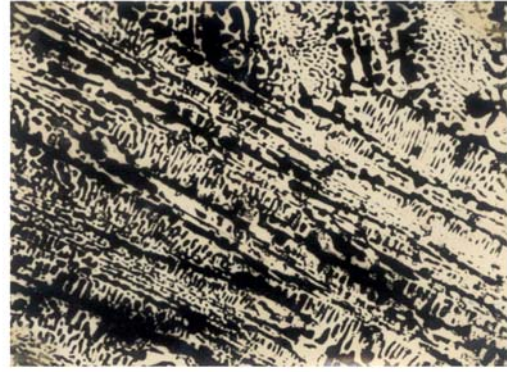
* A_{cm} - ứng với đường ES (1147°C ÷ 727°C) là đường bắt đầu tiết ra xêmentit từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan xêmentit vào austenit khi nung nóng, có trong thép sau cùng tích và gang.

* A_4 - ứng với đường NJ (1499 ÷ 1392°C) ứng với chuyển biến $\delta \leftrightarrow \gamma$

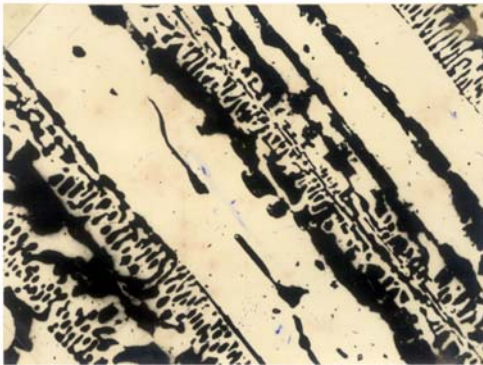
Trong tất cả các điểm tới hạn trên thì các điểm A_1 , A_3 và A_{cm} được sử dụng nhiều nhất và chủ yếu khi nhiệt luyện thép. Tuy nhiên các giá trị về nhiệt độ nêu trên chỉ đúng



a)



b)



c)

Hình 1.36 - Tổ chức tế vi của gang trắng

a) Gang trắng trước cùng tinh

b) Gang trắng cùng tinh

c) gang trắng sau cùng tinh

trong trạng thái cân bằng (nung nóng hay làm nguội vô cùng chậm, tốc độ nung nóng hay làm nguội $\rightarrow 0$). 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 2 : BIẾN DẠNG ĐẸO VÀ CƠ TÍNH

Trong chương này ta nghiên cứu các hiện tượng xảy ra trong kim loại dưới tác dụng của ngoại lực, đó là quá trình biến dạng dẻo và các đặc trưng của nó. Qua đó rút ra được các nguyên lý làm biến đổi cơ tính của vật liệu theo mong muốn. Với vật liệu kim loại các loại bán thành phẩm dạng dây, ống, thanh, hình, tấm, lá, băng ...đều được chế tạo bằng phương pháp biến dạng dẻo được sử dụng rất tiện lợi trong thực tế. Trong các nhà máy cơ khí vật liệu kim loại thường tạo phôi bằng rèn, dập trước khi cắt gọt. Do vậy việc nghiên cứu các quá trình xảy ra khi biến dạng dẻo giúp ta nắm được bản chất của các đặc trưng cơ tính và các biện pháp nâng cao cơ tính cũng như khắc phục các hiện tượng không có lợi.

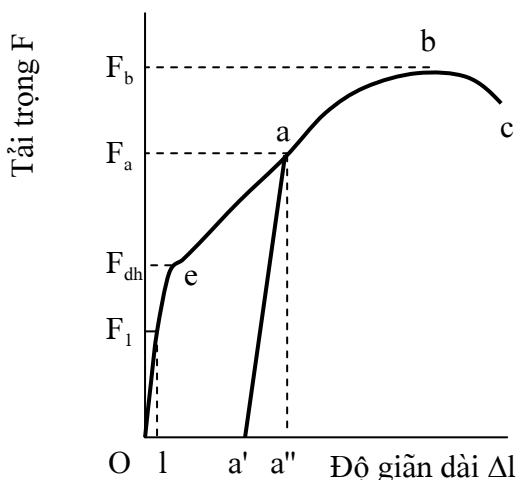
2.1.BIẾN DẠNG ĐẸO VÀ BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI :

Khảo sát biểu đồ kéo theo chiều trục của mẫu kim loại hình trụ cho ta khái niệm về các loại biến dạng và phá hủy.

2.1.1.Biến dạng đàn hồi :

1-Khái niệm : là biến dạng bị mất đi khi bỏ tải trọng tác dụng, nó xảy ra khi tải trọng nhỏ hơn một giá trị xác định gọi là giới hạn đàn hồi.

Trên biểu đồ kéo nó ứng với giá trị lực kéo nhỏ hơn F_{dh} , độ biến dạng tỷ lệ bậc nhất với tải trọng. Nếu bỏ tải trọng thì biến dạng không còn nữa.

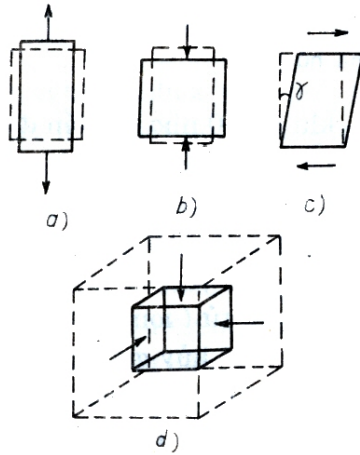


Hình 2.1- Sơ đồ biểu đồ tải trọng- biến dạng điển hình của kim loại

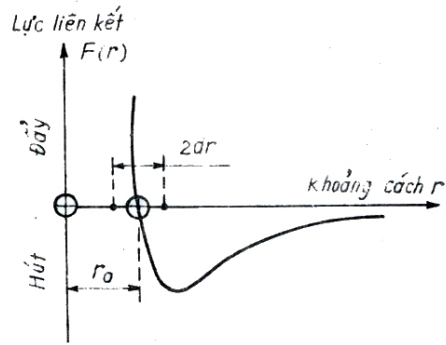
2-Ví dụ : - Với tải trọng F_1 mẫu bị kéo dài ra một đoạn Ol , nhưng nếu bỏ tải trọng mẫu trở về kích ban đầu.

- Kéo một lò xo với lực nhỏ, khi thả tay ra lập tức nó co về kích thước cũ.

Biến dạng đàn hồi có thể gây ra bởi ứng suất pháp lẫn ứng suất tiếp. Lúc này các nguyên tử dịch chuyển đi một khoảng cách nhỏ (nhỏ hơn một thông số mạng). Thông số mạng tăng lên một lượng là $a + \Delta a$, chưa đạt đến vị trí cân bằng mới. Do vậy khi bỏ tải trọng



Hình 2.2- Biến dạng đàn hồi do:
a) Ứng suất kéo; b) Ứng suất nén
c) Xê dịch; d) Ép ba chiều



Hình 2.3- Lực liên kết giữa
2 nguyên tử lân cận

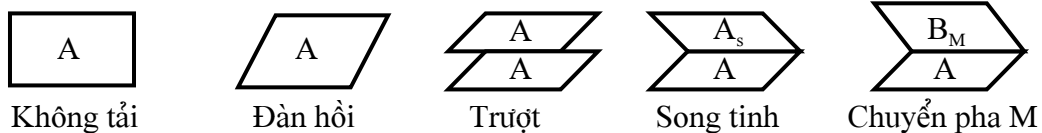
tác dụng, chúng trở về vị trí ban đầu. Dưới tác dụng của ứng suất pháp mạng tinh thể bị kéo dài ra, dưới tác dụng của ứng suất tiếp mạng tinh thể như bị xô nghiêng đi một góc nhỏ nào đó.

2.1.2. Biến dạng dẻo :

1- Khái niệm : là biến dạng vẫn tồn tại khi bỏ tải trọng tác dụng, nó xảy ra khi tải trọng lớn hơn giới hạn đàn hồi.

2- Ví dụ : - Khi đặt tải trọng F_{ch} (lớn hơn giá trị F_{dh}), mẫu bị kéo dài theo đường $0ea$, tức là biến dạng một đoạn $0a''$. Khi bỏ tải trọng tác dụng mẫu bị co lại theo đường aa' song song với $0e$. Như vậy mẫu đã bị dài thêm một đoạn $0a'$.

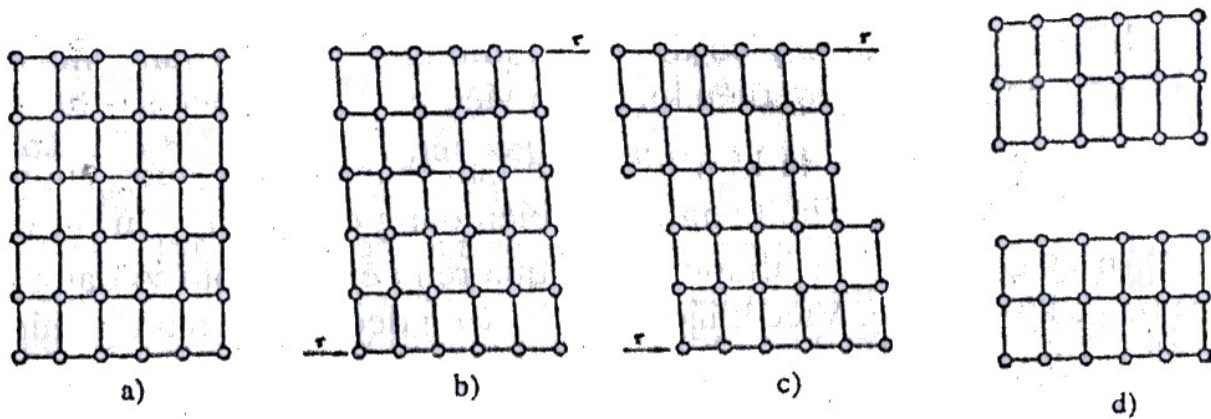
- Khi ta bẻ một que sắt với một lực lớn, nó bị gập cong lại mà không trở về vị trí ban đầu được nữa.



Hình 2.4- Sơ đồ biến dạng trong vật liệu (A, B- các cấu trúc khác nhau)

Biến dạng dẻo chỉ gây ra bởi ứng suất tiếp, lúc này các nguyên tử dịch chuyển đi một khoảng cách khá lớn (lớn hơn một thông số mạng). Do vậy khi bỏ tải trọng chúng chiếm vị trí cân bằng mới. Biến dạng dẻo thường xảy ra bằng cách trượt là chủ yếu, đôi khi xảy ra bằng song tinh.

Trong quá trình biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo lực liên kết giữa các nguyên tử vẫn được bảo toàn. Trong quá trình phá hủy thì mối liên kết này không còn nữa. Chúng ta sẽ khảo sát quá trình trượt của đơn tinh thể, là dạng đơn giản nhất (nhưng hầu như không gặp trong thực tế) để từ đó khảo sát các hình thức khác phức tạp hơn.



Hình 2.5- Sơ đồ biến đổi mạng tinh thể khi tăng tải trọng

a) Ban đầu; b) Biến dạng đàn hồi; c) Biến dạng dẻo; d) Phá huỷ

2.1.3. Sự trượt của đơn tinh thể :

1-Khái niệm : Trượt là sự chuyển dời tương đối với nhau giữa các phần của tinh thể theo những mặt và phương nhất định gọi là mặt trượt và phương trượt.

Trượt là hình thức biến dạng dẻo chủ yếu trong thực tế. Đôi khi ta cũng gặp một hình thức khác của biến dạng dẻo là song tinh, tuy nhiên song tinh xảy ra khó khăn hơn nhiều so với trượt.

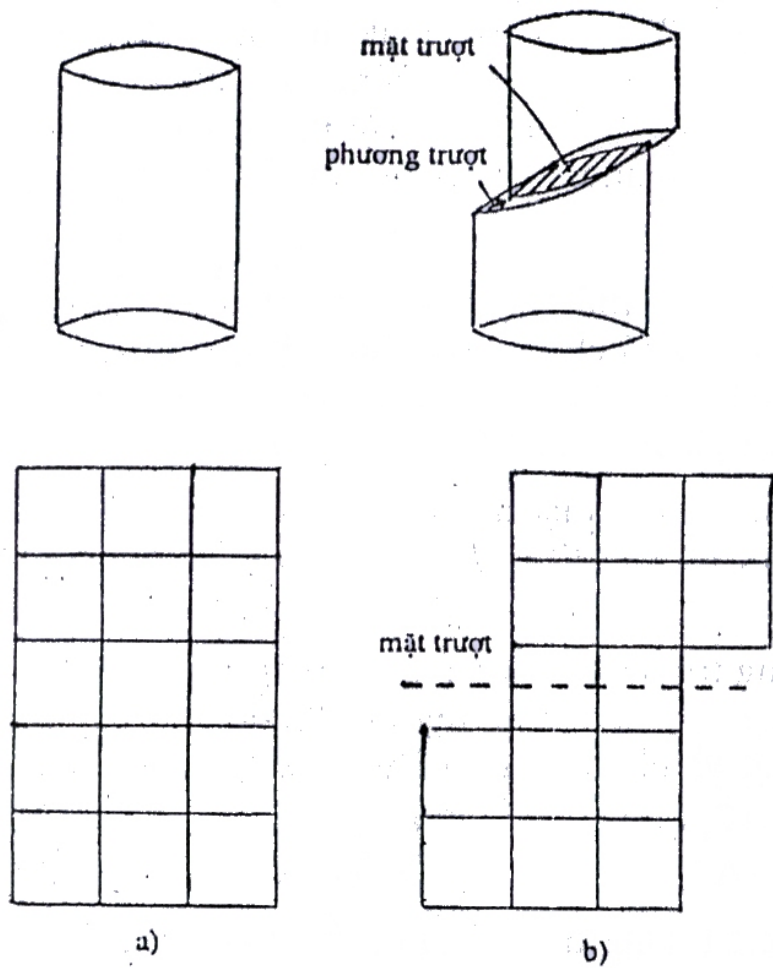
2-Các mặt trượt và phương trượt :

Trong quá trình trượt hai mặt nguyên tử dịch chuyển tương đối với nhau, liên kết giữa các nguyên tử đối diện nhau bị đứt rời, nhưng mỗi liên kết giữa hai nguyên tử lân cận nhau trong mỗi mặt vẫn được bảo toàn. Mặt trượt và phương trượt là các mặt và phương có mật độ nguyên tử lớn nhất. Khoảng cách giữa hai mặt có mật độ nguyên tử lớn nhất sẽ xa nhất nên liên kết giữa chúng yếu hơn, do đó chúng có thể dịch chuyển tương đối với nhau dễ dàng hơn. Các phương có mật độ nguyên tử lớn nhất sẽ có liên kết nguyên tử theo phương đó mạnh nhất. Do vậy khi trượt mỗi liên kết nguyên tử trên phương đó vẫn bảo toàn. Trong các kiểu mạng tinh thể thường gặp các mặt và phương dày đặc nhất chính là các mặt trượt và phương trượt cơ bản.

Trong mạng lập phương tâm khối (A2) các mặt có mật độ dày đặc nhất là các mặt đi qua nguyên tử trung tâm khối lập phương, kiểu (110) có tất cả sáu mặt như vậy. Trên mỗi mặt có hai phương dày đặc nhất kiểu [111]. Như vậy cách trượt của kiểu mạng A2 là : 6 mặt x 2 phương = 12. Mạng A2 có 12 hệ trượt chính khác nhau. Sự trượt bao giờ cũng xảy ra bằng sự kết hợp giữa một mặt trượt và một phương trượt trên đó gọi là hệ trượt.

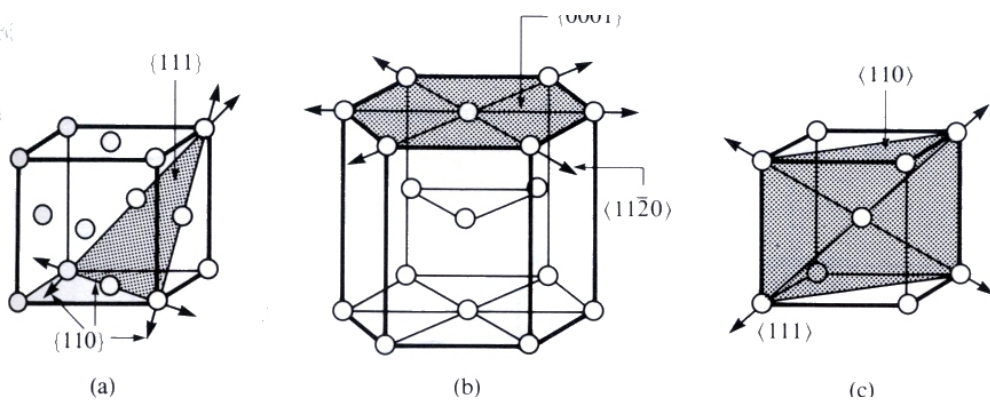
Trong mạng lập phương tâm mặt (A1) các mặt có mật độ dày đặc nhất là các mặt kiểu (111) được tạo ra bởi ba đường chéo của ba mặt bên có chung một đỉnh. Có bốn mặt kiểu như vậy. Trên mỗi mặt có ba phương là đường chéo của mặt bên có mật độ dày đặc nhất. Như vậy cách trượt của mạng (A1) là : 4 mặt x 3 phương = 12. Do đó mạng A1 cũng có 12 hệ trượt chính khác nhau.

Trong mạng sáu phương xếp chặt (A3) chỉ có một mặt dày đặc nhất đó là mặt đáy, trên đó có ba phương dày đặc nhất chính là các đường chéo của lục giác. Do vậy mạng A3 có ba hệ trượt chính.



Hình 2.6 - Sơ đồ biểu diễn sự trượt

- a) Hình dạng đơn tinh thể và mạng trước khi trượt.
b) Hình dạng đơn tinh thể và mạng sau khi trượt.



Hình 2.7- Các hệ trượt trong các kiểu mạng thường gặp:

- a) Lập phương tâm mặt; b) Sáu phương xếp chặt
c) Lập phương tâm khối

Khả năng biến dạng dẻo của kim loại tỷ lệ thuận với số hệ trượt chính. Kim loại có cùng số lượng hệ trượt chính thì kim loại có số phương trượt trong một mặt trượt lớn

Bảng 2- Hệ trượt trong một số loại vật liệu

Mạng Bravais	Mặt trượt	Phương trượt	Số hệ trượt	Kiểu cấu trúc (vật liệu)	Mô tả
A1, lập phương tâm mặt	{111}	$\langle 110 \rangle$	$4 \times 3 = 12$	A1 (γ -Fe, Ag, Al, Cu), A4 (C, Ge, Si), B1 (NaCl, TiC), B3 (InSb, ZnS), C15 (Cu_2Mg)	
A2, lập phương tâm khối	{110}	$\langle 111 \rangle$	$6 \times 2 = 12$	A2 (α -Fe, Fe-Si, Mo, Nb, W)	
	{112}		$12 \times 1 = 12$		
	{123}		$24 \times 1 = 24$		
A3, sáu phương xếp chặt	{0001}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	$1 \times 3 = 3$	A3 (Be, Cd, Re, Zn, Zr), A9 (H_2O đá, C), B4 (AgJ), C14 (MgZn_2)	
	{1010}		$3 \times 1 = 3$	A3 (Be, Mg, Re, Ti, Zr), B _h (WC), L ₃ (Mo_2C)	
	{1011}		$6 \times 1 = 6$	A3 (Be, Mg, Ti)	

hơn sẽ có tính dẻo cao hơn. Ví dụ :

-Sắt, nhôm, bạc, đồng, vàng (mạng lập phương tâm khối và tâm mặt) dẻo hơn rất nhiều so với kẽm (mạng sáu phương xếp chặt).

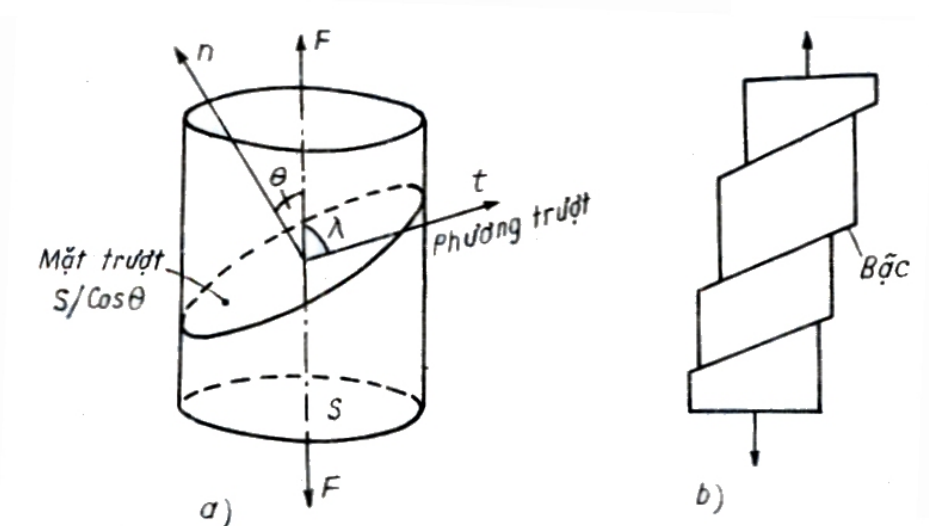
-Kiểu mạng lập phương tâm khối và tâm mặt có cùng số hệ trượt chính, nhưng mạng tâm mặt có số phương trượt trong một mặt lớn hơn nên dẻo hơn. Ở nhiệt độ thường đồng, vàng dẻo hơn sắt.

3-Ứng suất gây ra trượt :

Như đã nói ở trên chỉ có ứng suất tiếp trên mặt trượt và theo phương trượt mới gây ra quá trình trượt. Ta tính toán ứng suất này. Giả sử rằng tiến hành kéo đúng tâm một phân tử đơn tinh thể hình trụ bằng lực F . Lực kéo F tạo với pháp tuyến mặt trượt đã cho góc θ và phương trượt góc λ . Gọi tiết diện ngang của tinh thể là S_0 thì diện tích mặt trượt là $S_0 / \cos \chi$. Ứng suất tiếp trên phương trượt là :

$$\tau = (F / S) \cos \theta = (F / S_0) \cos \theta \cos \lambda$$

Trong đó F / S_0 là ứng suất chính σ_0 có giá trị không đổi trên tiết diện ngang của mẫu. Do đó ứng suất tiếp gây ra trượt là : $\tau = \sigma_0 \cos \theta \cos \lambda$. Đây chính là biểu thức của định luật Schmid, $\cos \theta \cos \lambda$ gọi là thừa số Schmid.



Hình 2.8- Trượt trong đơn tinh thể:

a) Sự định hướng của hệ trượt với ngoại lực.

b) Xê dịch tạo ra các bậc nhỏ.

Như vậy khi τ có độ lớn vượt quá một giá trị tối hạn nhất định (tùy theo từng kim loại) thì quá trình trượt mới xảy ra. Ứng suất τ phụ thuộc vào $\cos \theta \cos \lambda$ (thừa số Schmid). Trong trường hợp $\theta = 90^\circ$ hay $\lambda = 90^\circ$ giá trị của $\tau = 0$, trong trường hợp này ngoại lực song song với mặt trượt hay vuông góc với phương trượt do đó tinh thể bị phá hủy mà không gây ra biến dạng dẻo. Ứng suất tiếp cực đại $\tau_{\max} = 0,5\sigma_0$ khi $\theta = \lambda = 45^\circ$. Như vậy ứng suất tiếp trên các hệ trượt khác nhau cũng khác nhau, tùy thuộc vào góc tạo bởi hệ trượt với phương của ngoại lực. Khi giá trị của τ lớn hơn một giá trị τ_{th} nào đó (gọi là ứng suất trượt tối hạn, có giá trị không đổi với mỗi kim loại) thì sự trượt sẽ xảy ra. Định luật Schmid quy định hệ trượt nào trượt trước tiên khi đặt tải trọng, đó là hệ trượt thuận lợi nhất có các yếu tố định hướng thuận lợi nhất tức là θ, λ gần tới 45° nhất,

tại đây giá trị ứng suất tiếp tối hạn đạt được sớm nhất. Do đó hệ trượt thuận lợi nhất sẽ trượt trước, tiếp đó khi tải trọng tăng lên đến lượt các hệ trượt ít thuận lợi hơn tham gia trượt.

4-Hình thái trượt :

Quá trình trượt trong đơn tinh thể xảy ra theo trình tự sau :

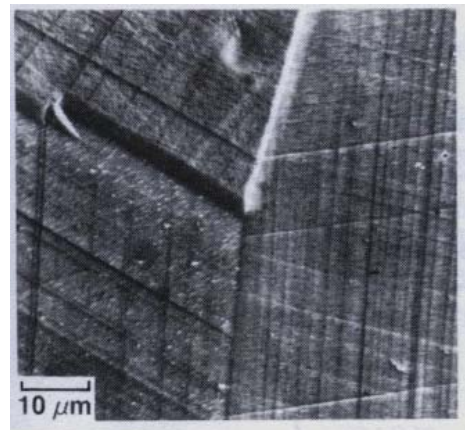
-Đầu tiên sự trượt sẽ xảy ra ở hệ trượt có ứng suất tiếp lớn nhất, đó là hệ trượt chính. Các mặt này có góc nghiêng gần 45° nhất so với phương tải trọng. Các mặt dịch chuyển đi tương đối với nhau một khoảng nhất định rồi dừng lại. Các mặt trượt cách nhau một khoảng cách nhất định.

-Mạng tinh thể ở xung quanh mặt trượt bị xô lệch nên cản trở quá trình trượt tiếp tục.

-Tiếp tục tăng tải trọng tác dụng, trên một số hệ khác cũng có giá trị ứng suất tiếp lớn hơn giá trị tối hạn và tham gia trượt. Đó chính là hệ trượt thực tế.

-Ngoài việc tạo ra các hệ trượt, còn có quá trình quay của mặt và phương trượt để thu hẹp các góc θ và λ gần đến 45° .

Quá trình này tạo các bậc trên đơn tinh thể. Sau khi trượt sẽ tạo ra biến dạng dư, nó được xem là tổng của các bậc đó khi thoát ra bề mặt tinh thể. Sau khi kết thúc quá trình trượt trên mặt ngoài tinh thể xuất hiện các bậc nhỏ song song nhau gọi là đường trượt. Nhiều đường trượt gần nhau tạo thành dải trượt, trong một số trường hợp giống như chuỗi xu xếp nghiêng.



Hình 2.9- Ảnh chụp dải trượt trên kính hiển vi điện tử

5-Cơ chế trượt :

Khi nghiên cứu quá trình trượt ta thấy nó có thể xảy ra theo hai cơ chế sau : cơ chế đồng thời và nối tiếp.

a-Cơ chế đồng thời (sự trượt cứng) : theo cơ chế này tất cả các nguyên tử ở hai bên mặt trượt trong một thời điểm đồng thời dịch chuyển đi một khoảng cách như nhau. Quá trình đó gọi là sự trượt cứng. Quá trình này cần phải tác dụng một lực rất lớn để tách rời mối liên kết của các nguyên tử ở hai bên mặt trượt cùng một lúc. Trong khi đó ứng suất thực tế gây ra trượt lại khá nhỏ so với giá trị này. Do đó sự trượt cứng là không có trong thực tế.

b-Cơ chế nối tiếp (sự trượt khi có lệch) : trong mạng tinh thể thực tế luôn có lệch sự trượt sẽ xảy ra với ứng suất nhỏ hơn rất nhiều lần và sự trượt tiến hành bằng chuyển động của lệch. Giả sử trong mạng tinh thể chứa lệch đường lúc này các nguyên tử ở hai bên bán mặt bị xô lệch dần hồi đối xứng, ứng suất hai bên cân bằng nhau nên bán mặt này rất dễ dàng dịch chuyển đi một khoảng cách nhỏ (nhỏ hơn hoặc bằng một thông số mạng) khi có lực bên ngoài tác dụng vào. Giả thiết rằng ứng suất tiếp tác dụng vào từ

bên trái bán mặt sẽ dịch chuyển sang phải một khoảng cách nhỏ và liên kết với nửa hàng dọc nguyên tử bên dưới thành mặt tinh thể mới, bán mặt dịch chuyển dần qua phải. Quá trình cứ tiếp tục như vậy cho đến khi bán mặt đi ra khỏi bề mặt tinh thể và tạo ra bậc nhỏ tại đó. Như vậy ở mỗi thời điểm chỉ có một số nguyên tử hạn chế tham gia trượt, quá trình truyền chuyển động giống như hiện tượng chạy tiếp sức, do đó chỉ cần một giá trị ứng suất tiếp nhỏ.

6-Độ bền lý thuyết và độ bền thực tế :

Trong mạng tinh thể lý tưởng (không chứa lệch) khi trượt tất cả các nguyên tử hai bên mặt trượt bắt buộc phải dịch chuyển đồng thời, đòi hỏi một giá trị ứng suất tiếp rất lớn : $\tau_{th} = \frac{G}{2\pi}$. Với G là mô đun trượt. Giá trị này gọi là độ bền lý thuyết.

Trong thực tế, mạng tinh thể luôn chứa lệch, do vậy nói chung các kim loại có giá trị τ_{th} rất nhỏ nên kim loại rất dễ trượt và dễ dàng biến dạng dẻo. Do đó kim loại có độ bền thấp. Theo tính toán giá trị này khoảng $\frac{G}{8.10^3} \div \frac{G}{8.10^4}$. Từ đó ta thấy rằng độ bền thực tế nhỏ hơn độ bền lý thuyết từ 100 đến 1000 lần. Do vậy ta chưa khai thác hết khả năng làm việc của vật liệu do tồn tại lệch và các khuyết tật khác.

2.1.4.Sự trượt của đa tinh thể :

Trong thực tế ta sử dụng vật liệu có cấu tạo đa tinh thể, do vậy quá trình biến dạng dẻo luôn tiến hành trong đa tinh thể. Do vậy có nhiều điểm khác biệt so với quá trình biến dạng dẻo đơn tinh thể.

1-Các đặc điểm của sự trượt đa tinh thể :

a-Các hạt bị biến dạng không đều : Trong mạng tinh thể kim loại sự định hướng mặt và phương khác nhau nên sẽ trượt khác nhau. Hạt nào có định hướng thuận lợi sẽ trượt trước, với ứng suất bé và ngược lại. Thậm chí có hạt không thể trượt được. Do vậy trong quá trình biến dạng dẻo có hạt biến dạng nhiều, hạt biến dạng ít, có hạt chỉ biến dạng đàn hồi.

b-Có tính đẳng hướng : Do sự định hướng phương và mặt của các hạt là ngẫu nhiên cho nên dù lực tác bên ngoài như thế nào đi nữa cũng cho một kết quả chung như nhau, tức là có tính chất đẳng hướng. Tính chất nhận được là kết quả thử tổng hợp theo mọi phương của mẫu.

c-Có độ bền cao hơn : Các hạt tồn tại không rời rạc mà gắn bó với nhau qua biên giới hạt. Trong thực tế sự trượt của một hạt đều bị sự cản trở của hạt bên cạnh. Vùng biên giới hạt sắp xếp không trật tự, có nhiều xô lệch mạng, do vậy khó tạo nên mặt trượt. Vì thế chúng như một lớp vỏ cứng cản trở quá trình trượt. Do có sự cản trở này phải tác dụng lực lớn hơn một ít mới gây ra biến dạng dẻo. Điều đó chứng tỏ rằng độ bền của đa tinh thể cao hơn đơn tinh thể.

d-Hạt càng nhỏ độ bền và độ dẻo càng cao : Với kích thước hạt càng nhỏ thì tổng diện tích biên giới hạt càng lớn. Do đó chúng sẽ cản trở trượt càng mạnh hơn nên làm tăng độ bền. Mối quan hệ giữa giới hạn chảy $\sigma_{0.2}$ và kích thước d của biên giới hạt được biểu diễn như sau : $\sigma_{0.2} = \sigma_0 + kd^{1/2}$ - Biểu thức Hall - Petch.

Trong đó : - σ_0 là ứng suất cần thiết để lệch chuyển động khi $d \rightarrow \infty$ (ứng với trong trường hợp đơn tinh thể).

-k là hằng số biểu thị cấu trúc của biên giới hạt.

Mặt khác khi kích thước hạt nhỏ, số lượng hạt trong một đơn vị thể tích sẽ tăng lên, do vậy số hạt có phương thích ứng với sự trượt theo phương bất kỳ cũng tăng lên tương ứng. Tức là sự trượt được tiến hành trên nhiều hạt hơn và lượng biến dạng dư tăng lên, do đó tính dẻo tăng lên. Như vậy việc tạo ra hạt nhỏ đồng thời làm tăng cả độ bền lẫn độ dẻo nên làm tăng mạnh độ dai. Trong chế tạo cơ khí luôn có xu hướng sử dụng vật liệu có kích thước hạt nhỏ mịn.

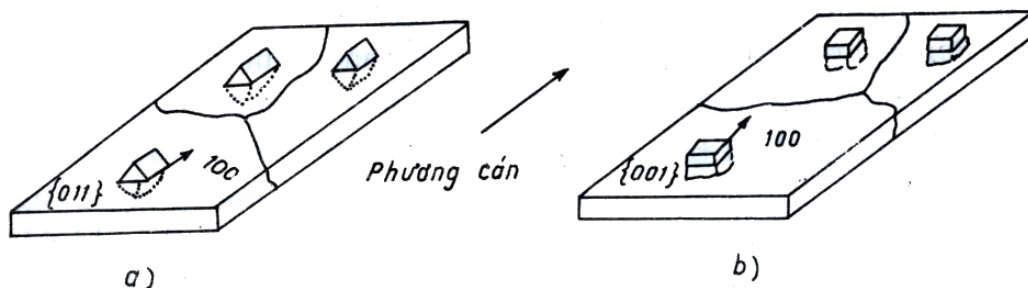
2-Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến tổ chức và tính chất kim loại :

a-Trong quá trình biến dạng dẻo hình dạng và kích thước hạt thay đổi rất nhiều. Khi bị kéo hạt sẽ dài ra theo phương của lực tác dụng. Khi bị nén hạt bị bẹp đi. Mạng tinh thể xung quanh mặt trượt bị xô lệch và biến dạng không đều.

Với mức độ biến dạng lớn ($\varepsilon = 40 \div 50\%$) hạt sẽ bị phân nhỏ ra, các tạp chất và pha thứ hai sẽ bị nhỏ vụn ra và kéo dài ra, tạo nên tổ chức thớ. (Độ biến dạng tính theo công thức $\varepsilon = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100\%$). Tổ chức thớ có cơ tính rất khác nhau theo phương dọc

và ngang thớ, theo phương dọc thớ độ bền rất lớn và ngược lại.

Khi với mức độ biến dạng rất lớn ($70 \div 90\%$) các hạt sẽ bị quay đến mức độ các mặt và phương có chỉ số giống nhau (cùng ký hiệu) sẽ song song với nhau và lúc này vật liệu lại thể hiện tính có hướng. Hiện tượng đó gọi là biến dạng chọn hướng hay biến dạng tễxtuya. Biến dạng tễxtuya được ứng dụng khá rộng rãi trong thép kỹ thuật điện để làm giảm tổn thất từ cho máy biến thế.



Hình 2.10- Hai dạng tễxtuya trong biến dạng vật liệu từ:

a) Fe-Si, tễxtuya $\{011\}<100>$; b) Fe-Ni, tễxtuya $\{001\}<100>$

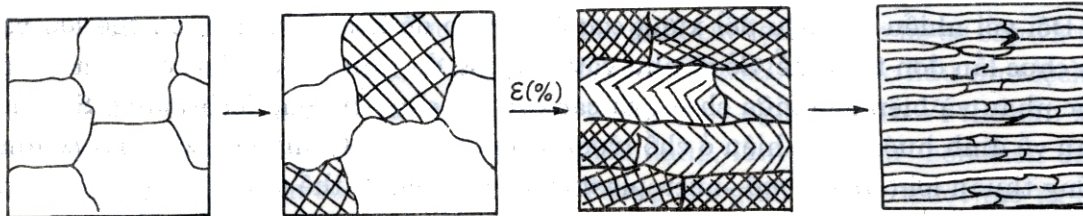
b-Sau biến dạng dẻo trong kim loại tồn tại khá nhiều ứng suất dư do xô lệch mạng, do biến dạng không đều giữa các hạt và trên toàn tiết diện. Ứng suất dư làm giảm cơ tính của vật liệu. Trong trường hợp cần nâng cao giới hạn mỏi thì ứng suất nén dư sẽ có lợi. Tạo ra lớp ứng suất nén dư này bằng cách : tôi bề mặt, lăn bi, phun bi...

c-Sau biến dạng dẻo do mạng tinh thể bị xô lệch nên cơ tính kim loại thay đổi rất nhiều

- Tăng độ cứng
- Tăng độ bền (cả giới hạn bền, đàn hồi và chảy)
- Giảm độ dẻo và độ dai.

Hiện tượng này gọi là hóa bền hay biến cứng. Trong thực tế biến cứng là không có lợi khi cần gia công cắt gọt tiếp theo. Tuy nhiên ta có thể sử dụng biến cứng để làm tăng độ bền độ cứng của một số chi tiết như : xích xe tăng, máy kéo, lá chắn súng máy, đại bác, mũ sắt ...

d-Biến dạng dẻo cũng làm thay đổi đáng kể tính chất lý, hóa của vật liệu : làm tăng điện trở, tăng từ kháng làm giảm tính chống ăn mòn điện hóa...



Hình 2.11- Sơ đồ tổ chức tế vi điển hình của vật liệu bị biến dạng

2.1.5. Phá hủy :

Trên biểu đồ kéo ta thấy nếu tiếp tục tăng lực kéo lên nữa sẽ dẫn tới hiện tượng kim loại bị đứt rời hay gãy vỡ đó là quá trình phá hủy. Đây là dạng hư hỏng rất nguy hiểm gây tổn thất lớn về kinh tế và tính mạng con người, do vậy phải được nghiên cứu kỹ lưỡng để ngăn ngừa quá trình phá hủy xảy ra.

Khái niệm : Phá hủy là kết quả của sự hình thành và phát triển của vết nứt trong lòng kim loại dẫn tới việc tách rời kim loại thành những phần riêng lẻ.

Ta sẽ tiến hành nghiên cứu quá trình phá hủy trong các điều kiện tải trọng khác nhau : tải trọng tĩnh, tải trọng thay đổi có chu kỳ...

1-Phá hủy trong điều kiện tải trọng tĩnh :

Tùy thuộc vào mức độ biến dạng dẻo trước khi phá hủy người ta phân ra làm hai loại : phá hủy dẻo và phá hủy giòn.

a-Phá hủy dẻo :

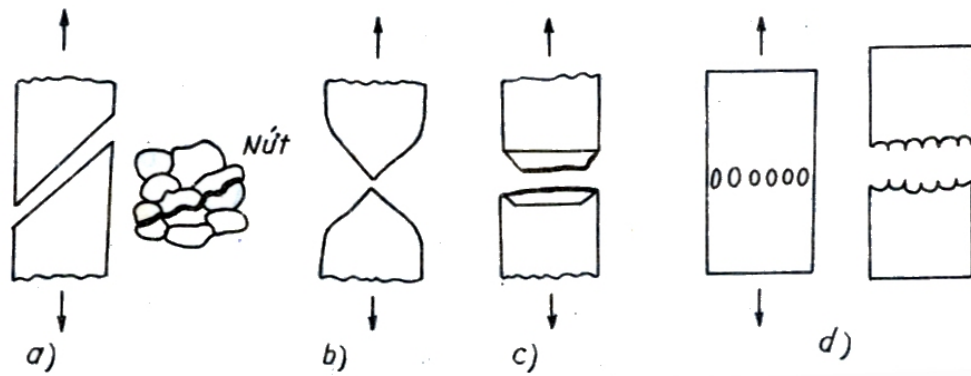
Là phá hủy kèm theo mức độ biến dạng dẻo khá lớn, vùng gãy vỡ bao giờ cũng có sự co thắt về tiết diện. Mặt gãy tại vùng phá hủy có dạng chén - đĩa gồm hai phần : phần đáy vuông góc với phương lực kéo, mặt bên có dạng côn nghiêng một góc khoảng 45° với trục mẫu. Nếu vật liệu có chứa tạp chất phi kim loại mặt gãy sẽ có dạng tổ ong.

Phá hủy dẻo xảy ra với tốc độ nhỏ, cần nhiều năng lượng và luôn có dấu hiệu báo trước nên ít nguy hiểm. Phá hủy thường trải qua ba giai đoạn điển hình :

- Sự hình thành các lỗ trống siêu tế vi riêng biệt tạo ra cổ ngỗng (quá trình này kéo dài và quan trọng nhất).
- Quá trình liên hợp các lỗ trống tạo ra vết nứt tế vi khi biến dạng tăng.
- Quá trình phát triển của vết nứt theo phương trục kéo cho đến khi gặp mặt ngoài tinh thể và gây ra phá hủy.

b-Phá hủy giòn :

Là phá hủy xảy ra hầu như không kèm theo biến dạng dẻo mặt gãy có dạng phẳng và vuông góc với phương có ứng suất pháp lớn nhất. Về phương diện vi mô thì mặt gãy có thể theo biên giới hạt hay mặt dòn trong bản thân hạt.

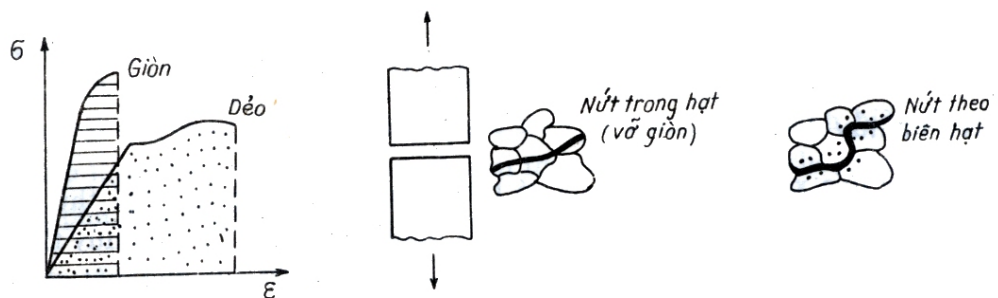


Hình 2.12- Các dạng đứt khi phá hủy dẻo:

- a) Xê dịch thuần túy; b) Thắt cổ ngỗng
c) Kiểu "chén-đĩa"; d) Dạng "tổ ong"

Phá hủy dòn xảy ra tức thời với tốc độ rất nhanh (với thép đến 1000m/s), chỉ cần một năng lượng nhỏ và không có báo trước nên rất nguy hiểm. Do vậy trong thực tế bao giờ ta cũng mong muốn xảy ra phá hủy dẻo.

Phá hủy ở dạng nào chủ yếu phụ thuộc vào loại vật liệu : vật liệu dẻo thường bị phá hủy dẻo, vật liệu dòn thường bị phá hủy dòn. Ngoài ra còn phụ thuộc vào tốc độ đặt tải trọng và nhiệt độ biến dạng



Hình 2.12- Đường cong thử kéo và các dạng đứt khi phá hủy

c- Nguyên nhân của sự phá hủy :

Nguyên nhân chính của sự phá hủy là do sự hình thành các vết nứt và sau đó vết nứt phát triển lớn lên. Phá hủy xảy ra do thành phần ứng suất pháp làm phá vỡ mối liên kết nguyên tử ở hai bên của một mặt nào đó. Khi thành phần ứng suất này đủ lớn để tách đứt hai mặt nguyên tử rời nhau sẽ xảy ra phá hủy. Giá trị này gọi là giới hạn tách đứt (ký hiệu σ_{td}). Như vậy ta thấy :

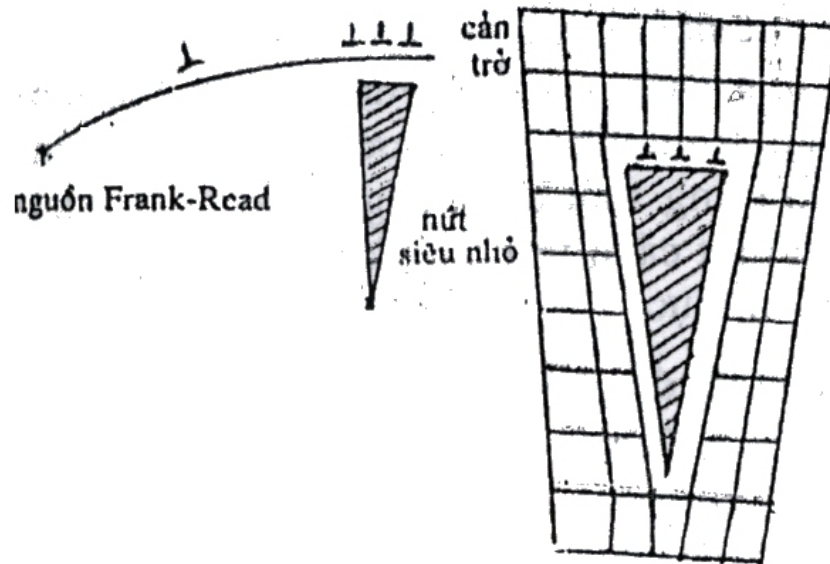
- Nếu $\sigma_c < \sigma_{td}$ sẽ xảy ra phá hủy dẻo.
- Nếu $\sigma_c > \sigma_{td}$ sẽ xảy ra phá hủy dòn

Ta hãy xét sự tạo thành các vết nứt đầu tiên khi phá hủy.

- Trong vật liệu luôn có sẵn các vết nứt : các rỗ khí, rỗ xốp... Trong gang xám tổ chức graphit có độ bền quá thấp được xem như vết nứt.

- Với vật liệu chứa pha thứ hai có độ cứng cao thì vết nứt luôn sinh ra tại biên giới hạt hay ngay trong bản thân hạt của pha này.

-Với vật liệu đồng nhất (chỉ có một pha) : Việc xuất hiện vết nứt là do sự tích tụ của các lệch trong biến dạng dẻo theo mô hình của Strô - Môt. Khi biến dạng dẻo sinh ra các lệch, chúng chuyển động trên mặt trượt theo phương của ứng suất tác dụng. Khi bị dừng lại trước các cản trở như biên giới hạt, pha thứ hai thì các lệch sát gần cản trở sẽ chịu một áp lực rất lớn bởi các lệch phía sau. Chúng sẽ liên kết lại và tạo thành vết nứt siêu bé.



Hình 2.13 - Sự chuyển động và tích tụ lệch trước cản trở.

Sau khi đã hình thành vết nứt thì sự phá hủy hoàn toàn phụ thuộc vào khả năng phát triển của nó. Nếu vết nứt không phát triển thì không xảy ra phá hủy. Theo A.A. Griffith thì vết nứt chỉ phát triển được khi giá trị ứng suất lớn hơn giá trị ứng suất tối hạn :

$$\sigma_G = \left(\frac{2E\gamma_s}{\pi a} \right)^{1/2} \quad (2.1)$$

Trong đó : $-\sigma_G$: ứng suất tối hạn Griffith

$-E$: mô đun đàn hồi

$-a$: nửa chiều dài vết nứt dạng elip

$-\gamma_s$: sức căng bề mặt

Mặt khác nếu khi phát triển vết nứt còn nhỏ hơn kích thước tối hạn thì cũng chưa thực sự nguy hiểm. Sự phát triển vết nứt xảy ra do ứng suất tập trung theo hiệu ứng góc nhọn ở đỉnh nứt, đỉnh nứt có góc càng nhọn thì sự tập trung càng mạnh. Với vết nứt hình elip có chiều dài vuông góc với phương lực tác dụng thì ứng suất cực đại ở đầu nhọn vết nứt sẽ là :

$$\sigma_m = 2\sigma_o (a/\rho_t)^{1/2} \quad (2.2)$$

Trong đó : $-\sigma_o$: ứng suất kéo danh nghĩa (lực kéo chia cho tiết diện mẫu)

$-a$: nửa chiều dài vết nứt

$-\rho_t$: bán kính cong của đỉnh vết nứt.

Từ đó thấy rằng nếu vết nứt càng dài và càng nhọn thì giá trị $(a/\rho_t)^{1/2}$ càng lớn tức là sự tập trung ứng suất càng nhiều. Giá trị $K_t = \sigma_m / \sigma_o$ gọi là hệ số tập trung ứng

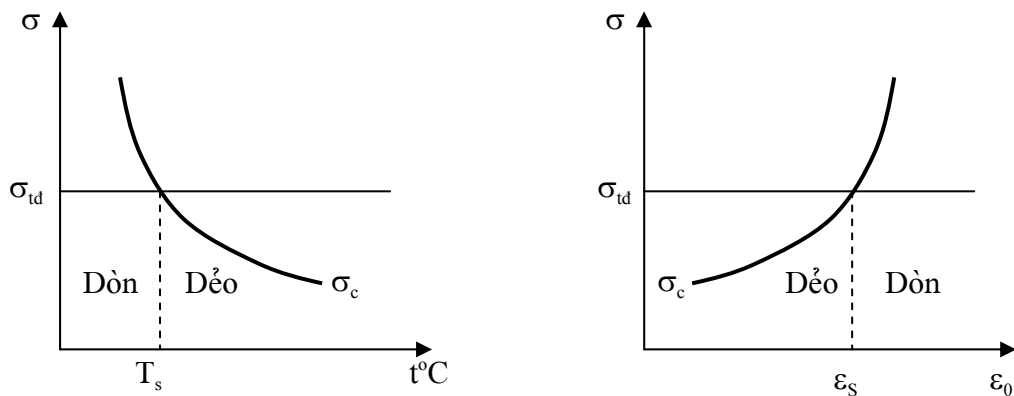
suất. Trong đó vật liệu dòn có hệ số tập trung ứng suất cao hơn so với vật liệu dẻo, bởi vì trong vật liệu dẻo khi ứng suất vượt quá giới hạn chảy sẽ gây ra biến dạng dẻo trước, làm cho sự phân bố ứng suất tương đối đồng đều hơn.

d-Các yếu tố ảnh hưởng tới sự phá hủy :

-Nhiệt độ : khi nhiệt độ tăng lên giới hạn chảy sẽ giảm đi, trong khi giới hạn tách đứt hầu như không thay đổi. Do đó ở nhiệt độ thấp (nhỏ hơn T_s) kim loại có xu hướng phá hủy dòn và ngược lại.

-Tốc độ biến dạng : tốc độ biến dạng càng cao sự trượt càng khó xảy ra hơn, do đó giới hạn chảy sẽ càng cao, trong khi giới hạn tách đứt hầu như không đổi. Vì vậy khi tốc độ biến dạng tăng (lớn hơn ϵ_s) kim loại có xu hướng phá hủy dòn.

-Các yếu tố tập trung ứng suất : các vết khía, nứt, sự thay đổi đột biến về tiết diện đều làm ứng suất cục bộ vượt quá giới hạn tách đứt trong khi ứng suất trung bình vẫn nhỏ hơn σ_0 vì vậy kim loại sẽ dễ dàng bị phá hủy.



Hình 2.14 - Ảnh hưởng của nhiệt độ và tốc độ biến dạng

2-Phá hủy trong điều kiện tải trọng thay đổi có chu kỳ :

a-Khái niệm : Trong thực tế rất nhiều loại chi tiết và kết cấu máy : trục, bánh răng, cầu... chịu tác dụng của ứng suất không lớn hơn giới hạn bền kéo (thậm chí $< \sigma_{0,2}$) nhưng thay đổi theo chu kỳ có thể bị phá hủy sau một thời gian dài hay tương đối dài. Phá hủy như vậy gọi là phá hủy mỏi. Tải trọng mỏi là tải trọng thay đổi theo thời gian, gây ra ứng suất biến dạng kiểu hình sin :

$$\sigma = \sigma_a \sin(\omega t) \quad \text{hay} \quad \epsilon = \epsilon_a \sin(\omega t) \quad (2.3)$$

Trong đó σ_a , ϵ_a là các giá trị biên độ. Mỗi dao động có chu kỳ T và số lượng chu kỳ được lặp lại gọi là số chu trình N. Từ đường cong mỏi Wohler ta có thể chọn được tải trọng cho phép vật liệu có thể chịu đựng được một số lượng chu trình tối thiểu mà không bị phá hủy mỏi gọi là số chu trình giới hạn N_G .

b-Đặc điểm của phá hủy mỏi :

-Giá trị và dấu của ứng suất thay đổi theo chu kỳ.

-Sự phá hủy mỏi chỉ xảy ra sau một thời gian làm việc khá lớn (10^7 - 10^8 chu trình). Vượt quá giới hạn này chi tiết hầu như không bị phá hủy mỏi.

-Ứng suất gây ra phá hủy mỏi thường khá thấp (nhỏ hơn giới hạn bền, một số trường hợp nhỏ hơn giới hạn chảy).

-Mặt gãy không có hiện tượng biến dạng và chia ra hai vùng rõ rệt : vùng phá hủy từ từ theo thời gian có dạng nhẵn và mịn, vùng phá hủy tức thời có dạng thô và hơi gồ ghề.

c-Sự tạo thành vết nứt mỗi đầu tiên :

Các vết nứt mỗi đầu tiên thường xuất hiện trên bề mặt chi tiết là nơi chịu ứng suất kéo lớn nhất, sau đó phát triển đi sâu vào trong. Các vết nứt tế vi đầu tiên có thể gồm có:

-Các vết nứt có sẵn : rỗ khí, rỗ xốp, xước, tạp chất hay sự lỗi lôm trên bề mặt.

-Vết nứt sinh ra trong quá trình làm việc : Giả sử trong nửa chu kỳ đầu dưới tác dụng của ngoại lực sinh ra các lệch chuyển động trên mặt trượt theo chiều của ứng suất và một trong các lệch đó đi ra mặt ngoài chi tiết tạo ra một bậc cấp nhỏ a. Đến nửa chu kỳ sau ứng tác động theo chiều ngược lại và lệch cũng chuyển động theo chiều ngược lại nhưng bậc cấp nhỏ a không được hàn kín mà để lại một lõm sâu có kích thước bằng một thông số mạng. Đây chính là mầm móng của vết nứt mỗi đầu tiên.

2.2-Các đặc trưng cơ tính :

Cơ tính của vật liệu được biểu thị bởi các đặc trưng cơ học, chúng cho biết khả năng chịu tải của vật liệu trong từng điều kiện cụ thể, là cơ sở để tính toán độ bền khi sử dụng và khi so sánh các vật liệu với nhau. Các chỉ tiêu này được xác định bằng các phương pháp thử nghiệm trên các mẫu có kích thước theo tiêu chuẩn nhất định.

2.2.1-Độ bền :

Các giá trị của độ bền và độ dẻo được xác định bằng phương pháp thử kéo, nếu bằng các phương pháp khác thì phải ghi chú kèm theo. Đơn vị đo độ bền theo tiêu chuẩn Việt nam quy định là MN/m² nhưng hiện nay vẫn quen dùng đơn vị cũ là kG/mm². Ngoài ra còn sử dụng các đơn vị MPa, Pa...Cần lưu ý mối quan hệ giữa các đơn vị đo : 1kG/mm² = 10MPa.

1-Các chỉ tiêu về độ bền :

a-Giới hạn đàn hồi (σ_{dh}) : là ứng suất lớn nhất tác dụng lên mẫu mà khi bỏ tải trọng, hình dáng và kích thước của nó không bị thay đổi. Tuy nhiên việc xác định giá trị này một cách chính xác rất khó khăn. Do vậy thường quy ước ứng suất ứng với khi mẫu bị biến dạng dư rất nhỏ 0,01 ÷ 0,05% so với chiều dài ban đầu và được ghi là $\sigma_{0,01}$ và $\sigma_{0,05}$. Lúc này giới hạn đàn hồi được tính như sau :

$$\sigma_{dh} = \frac{F_{dh}}{S_o} \text{ MN/m}^2 \text{ hay } \sigma_{0,01} = \frac{F_{0,01}}{S_o} \text{ MN/m}^2$$

Trong đó : - F_{dh} và $F_{0,01}$ là ứng với tải trọng đàn hồi và mẫu biến dạng 0,01%. Đơn vị MN
- S_o là tiết diện ban đầu của mẫu, đơn vị đo m².

b-Giới hạn chảy vật lý (σ_{ch}) : ứng với ứng suất bé nhất khi mẫu bắt đầu biến dạng dẻo, xác định tại đoạn nằm ngang của biểu đồ kéo. Phần lớn các kim loại và hợp kim không có đoạn nằm ngang khi kéo nên phải dùng giới hạn chảy quy ước.

c-Giới hạn chảy quy ước ($\sigma_{0,2}$) : là ứng suất gây ra biến dạng dư 0,20% chiều dài ban đầu cho mẫu, sau khi bỏ tải trọng tác dụng. $\sigma_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{S_o} \text{ MN/m}^2$.

d-Giới hạn bền (σ_b) : là ứng suất cao nhất gây ra biến dạng cục bộ và dẫn tới phá hủy mẫu. $\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \text{ MN/m}^2$.

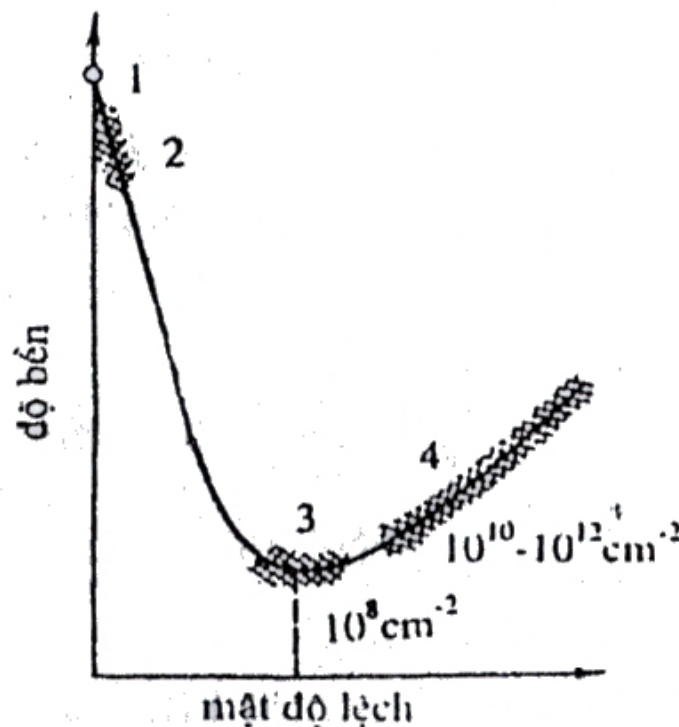
Từ các chỉ tiêu trên ta có thể xác định sơ bộ khả năng làm việc của vật liệu khi chịu tải trọng kéo.

2-Các biện pháp nâng cao độ bền của vật liệu :

Độ bền được xem là chỉ tiêu quan trọng nhất của vật liệu. Do vậy mục đích chủ yếu của vật liệu học là tìm cách nâng cao độ bền mà vẫn đảm bảo tốt độ dẻo và độ dai từ đó nâng cao khả năng chịu tải, tăng tuổi thọ và giảm khối lượng cho chi tiết máy.

Trượt là nguyên nhân gây ra biến dạng dẻo và sau đó dẫn tới phá hủy vật liệu. Vì vậy bản chất của các phương pháp nâng cao độ bền là cản trở chuyển động của lệch trong quá trình trượt. Các biện pháp nâng cao độ bền (hóa bền) gồm có :

a-Giảm hay tăng mật độ lệch : Thực nghiệm đã chứng minh rằng kim loại ủ có mật độ lệch 10^8 cm^{-2} có độ bền thấp nhất, nếu tăng hay giảm mật độ lệch so với giá trị này đều làm độ bền tăng lên. Giảm mật độ lệch là rất khó khăn và tốn kém nên để nâng cao độ bền chủ yếu dùng phương pháp tăng mật độ lệch.



Hình 2.15 - Sự phụ thuộc của giới hạn bền vào mật độ lệch

- 1) Độ bền lý thuyết.
- 2) Tinh thể sợi
- 3) Kim loại ủ.
- 4) Hợp kim khi biến dạng và nhiệt luyện

b-Biến dạng dẻo : dùng các phương pháp biến dạng dẻo như : rèn, cán, kéo, ép... làm tăng xô lệch mạng nên khó tạo thành mặt trượt làm tăng độ bền.

c-Hợp kim hóa : với mục đích tạo thành dung dịch rắn làm tăng xô lệch mạng và mật độ lệch. Biện pháp này nâng cao đáng kể độ bền mà không làm giảm bao nhiêu độ dẻo và độ dai.

d-Tăng các pha cứng và nhỏ mịn : cho vào vật liệu các nguyên tố có khả năng tạo nên các phần tử rắn có độ cứng cao kích thước nhỏ mịn và độ phân tán lớn. Chúng tạo nên các chốt cản trượt trong nền dung dịch rắn, do đó nâng cao độ bền.

e-Nhiệt luyện : bằng cách tôi và ram tạo ra các pha thứ hai quá bão hòa trong dung dịch rắn, cản trở trượt làm tăng độ bền. Có thể dùng các phương pháp hóa nhiệt luyện : thấm ni tơ, thấm các bon, thấm các bon - ni tơ ...

f-Làm nhỏ hạt : do kích thước hạt nhỏ mịn nên tổng biên giới hạt tăng cản trở trượt nâng cao độ bền. Do hạt nhỏ nên cũng tăng đáng kể độ dẻo và độ dai.

2.2.2.-Độ dẻo :

Là tập hợp các chỉ tiêu cơ tính phản ảnh độ biến dạng dư của vật liệu khi bị phá hủy dưới tải trọng tĩnh nó, quyết định khả năng chịu biến dạng dẻo, gia công bằng áp lực : rèn, cán, kéo, dập ...

-Độ giãn dài tương đối $\delta\%$:
$$\delta\% = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

-Độ thắt tiết diện tương đối $\psi\%$:
$$\psi\% = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100\%$$

Trong đó : - l_0 và S_0 là chiều dài và tiết diện ngang ban đầu của mẫu.

- l_1 và S_1 là chiều dài và tiết diện ngang sau khi kéo đứt của mẫu.

2.2.3.-Độ dai va đập :

1-Khái niệm : rất nhiều chi tiết máy làm việc dưới tải trọng đặt vào với tốc độ lớn và đột ngột tức là chịu va đập. Vì vậy để đánh giá khả năng chống phá hủy của vật liệu khi chịu tải trọng động ta phải xác định độ dai va đập của nó.

Độ dai va đập là công sinh ra khi phá hủy một đơn vị tiết diện mẫu, ký hiệu a_k .

Được tính như sau : $a_k = \frac{A_k}{S}$ đơn vị đo kJ/m².

Trong đó : - A_k là công sinh ra khi phá hủy mẫu

- S là tiết diện mẫu

Ngoài ra có thể dùng Nm/cm², kGm/cm² với quan hệ như sau : 1kGm/cm² = 100kJ/m², 1kGm/cm² = 10J/cm².

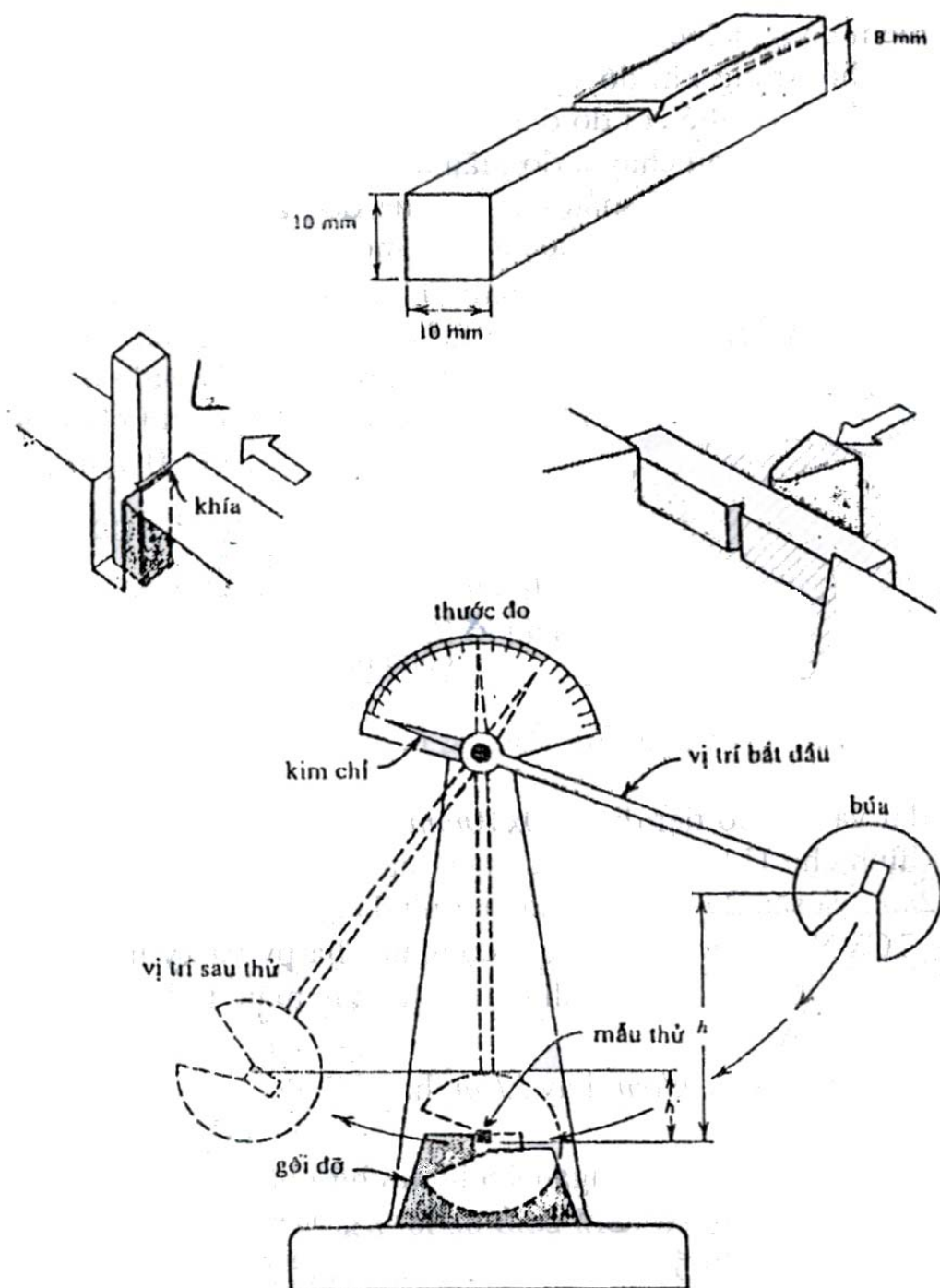
2-Các yếu tố ảnh hưởng đến độ dai va đập :

-Kích thước hạt : càng nhỏ mịn độ dai va đập càng cao.

-Trạng thái bề mặt : bề mặt nhẵn bóng có độ dai va đập cao, các vết khía rỗ, rãnh, xước ...sẽ làm giảm độ dai.

-Hạt dạng tròn, đa cạnh độ dai va đập cao, hạt dạng tấm, kim độ dai giảm

-Hình dáng, kích thước, số lượng và sự phân bố các pha dòn : Pha dòn dạng tấm, kích thước lớn, số lượng nhiều và phân bố không đồng đều làm giảm độ dai và ngược lại.



Hình 2.16 - Mô hình xác định độ dai va đập.

2.2.4-Độ dai phá hủy biến dạng phẳng K_{IC} :

Là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá khả năng chống phá hủy dòn của vật liệu, có giá trị rất lớn, mới được đưa thêm vào quy chuẩn vật liệu. Tuy nhiên việc xác định nó, chế tạo mẫu thử và thiết bị thử khá phức tạp.

2.2.5.-Độ cứng :

1-Khái niệm :

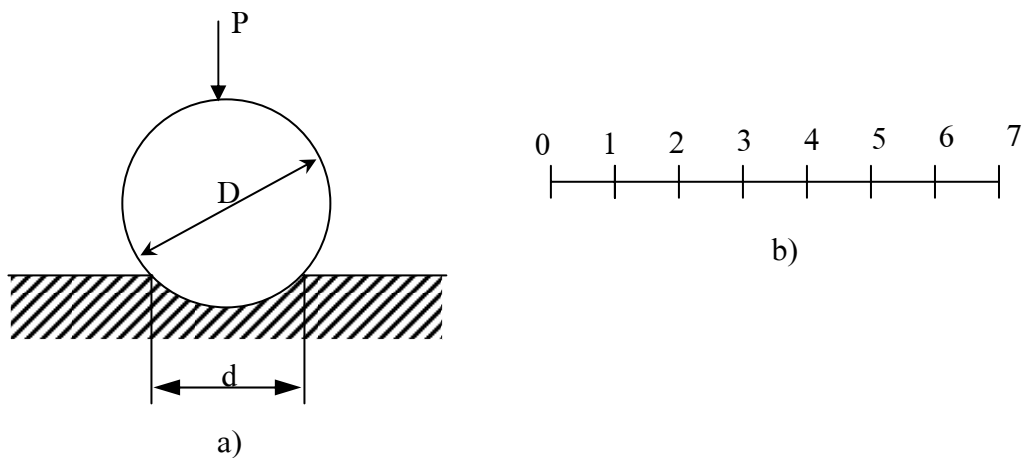
Độ cứng là khả năng chống lại biến dạng dẻo cục bộ của kim loại và hợp kim dưới tác dụng của tải trọng ngoài.

Độ cứng là một trong những đặc trưng cơ tính quan trọng của vật liệu kim loại. Xác định được độ cứng ta có thể sơ bộ đánh giá được độ bền và độ dẻo của vật liệu kim loại.

Các phương pháp đo độ cứng có ưu điểm là : tiến hành nhanh và không phá huỷ chi tiết đo. Từ độ cứng có thể suy ra các chỉ tiêu về độ bền và độ dẻo. Do vậy được sử dụng rộng rãi trong các phòng thí nghiệm và cơ sở sản xuất.

2. Phương pháp đo độ cứng Brinen (HB) :

Nguyên lý : Ấn vào bề mặt cần thử một viên bi bằng thép đã tôi cứng có đường kính D với tải trọng P. Sau khi cất tải trọng, viên bi sẽ để lại trên bề mặt mẫu thử một vết lõm hình chỏm cầu có đường kính d và với chiều sâu h. Dùng kính hiển vi đo (có gắn thước đo trong thị kính) để đo đường kính d của vết lõm và tra theo bảng cho sẵn sẽ có độ cứng Brinen (ký hiệu HB)



Hình 2.17- Sơ đồ đo độ cứng Brinen (a) và đo đường kính vết lõm bằng lúp có thước mẫu (b)

Cũng có thể dùng công thức để tính kết quả như sau :

$$HB = \frac{P}{F} \text{ [kG/mm}^2 \text{]}$$

Trong đó F là diện tích vết lõm, được tính như sau :

$$F = \frac{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

Vậy:
$$HB = \frac{2P}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ [kG/mm}^2 \text{]}$$

(Hiện nay còn dùng đơn vị đo là MPa, với giá trị $1\text{Mpa} = 0,10196\text{kG/mm}^2$)

Nếu dùng máy hiển thị số thì kết quả cho ngay trên màn hình. Đường kính viên bi phụ thuộc vào chiều dày vật đo. Vật đo càng mỏng đường kính viên bi càng nhỏ. Đường kính viên bi đo được tiêu chuẩn hóa, theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) : 10; 5; 2,5 và 1mm, có độ cứng không nhỏ hơn HV800. Tải trọng P cũng có một số giá trị nhất định.

Tải trọng đo phụ thuộc vào vật liệu đo, nó tỷ lệ thuận với tỷ số P/D^2 . Thực tế được quy định như sau :

-Thép và gang : 30

- Hợp kim đồng : 10
- Hợp kim ổ trượt : 2,5
- Thiếc, chì và hợp kim : 1

Tuy nhiên muốn kết quả đo được chính xác hơn ta nên chọn tải trọng sao cho đường kính vết lõm (d) tạo nên nằm trong khoảng $(0,2 \div 0,6)D$.

Thời gian tác dụng tải trọng cũng ảnh hưởng đến kết quả đo nên cũng chọn cho phù hợp. Thời gian này phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu đo. Thời gian đặt tải càng tăng nếu nhiệt độ chảy của vật liệu càng thấp. Thông thường có thể chọn như sau :

Với kim loại đen và hợp kim đen :

- HB = 140 ÷ 450 chọn 10s
- HB < 140 chọn 30s

Với kim loại màu và hợp kim màu :

- HB = 31,8 ÷ 130 chọn 30s
- HB = 8 ÷ 35 chọn 60s.

Phương pháp đo độ cứng Brinen thường dùng đo các vật liệu có độ cứng thấp (các thép ủ, thường hoá). Thang đo của nó từ 0 đến 450HB. Quá giới hạn này phép đo không còn chính xác nữa vì viên bi đo cũng bị biến dạng.

Kết quả đo được ghi như sau :

Nếu đo độ cứng ở điều kiện tiêu chuẩn ($P = 3000\text{kG}$; $D = 10\text{mm}$; thời gian đặt tải 30s) thì ghi đơn giản bởi HB và số đo. Ví dụ : HB350.

Nếu đo ở các điều kiện khác thì phải ghi đầy đủ các thông số của phép đo. Ví dụ : HB_{10/750/30}150. Ghi như vậy có nghĩa là : mẫu đo có độ cứng Brinen là 150, được đo với viên bi có $D = 10\text{mm}$, tải trọng đo là 750kG và thời gian đặt tải là 30s.

Từ độ cứng Brinen có thể suy ra giới hạn bền kéo của vật liệu như sau :

- Thép (trừ thép không rỉ, bền nóng) : $\sigma_b \approx 0,344\text{HB}$
- Thép đúc : $\sigma_b \approx (0,3 \div 0,4)\text{HB}$
- Gang xám : $\sigma_b \approx \frac{\text{HB} - 40}{6}$
- Đồng, la tông, brông biến cứng : $\sigma_b \approx 0,40\text{HB}$
- Đồng, la tông, brông sau ủ : $\sigma_b \approx 0,55\text{HB}$
- Dura : $\sigma_b \approx 0,35\text{HB}$

3. Phương pháp đo độ cứng Rôcven (HRA, HRB, HRC) :

Phương pháp Brinen không sử dụng được khi gặp vật liệu có độ cứng cao, chi tiết mỏng chiều dày nhỏ hơn $1 \div 2\text{mm}$ và kết quả có độ chính xác không cao (do đường kính vết lõm bằng mắt khó chính xác và phụ thuộc vào kỹ năng của từng người). Vì vậy, dùng phương pháp đo độ cứng Rôcven khắc phục được các nhược điểm nêu trên.

Nguyên lý : Ấn vào bề mặt cần đo một tải trọng xác định qua mũi đâm bằng kim cương hình nón có góc ở đỉnh là 120° và bán kính cong $R = 0,2\text{mm}$ (với thang A, C, D và super) hay viên bi bằng thép tôi cứng có đường kính 1/16, 1/4 và 1/6 ins. Sau đó tiến hành đo chiều sâu vết lõm bằng đồng hồ so. Kết quả đo được xác định trên đồng hồ so ngay khi cắt tải trọng (hoặc đọc giá trị trên màn hình nếu dùng máy hiển thị số)

Độ cứng Rôcven được xác định theo một đại lượng quy ước, không có thứ nguyên phụ thuộc vào chiều sâu của vết lõm. Chiều sâu càng lớn thì độ cứng càng nhỏ và ngược lại. Độ cứng Rôcven xác định theo công thức : $HR = k - e$

Trong đó :

-k là chiều sâu quy ước, $k = 100$ với các thang đo A, D, C và super

-K = 130 với các thang đo còn lại (dùng mũi đâm bằng viên bi thép).

Giá trị một độ chia của $e = 0,002\text{mm}$ với các thang đo thông thường, $e = 0,001\text{mm}$ với thang đo super.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 275 - 85 và 41170 - 85 chỉ quy định cho các thang đo A, B, C, N và T. Nhưng trong thực tế thường dùng phổ biến hơn cả là các thang A, B, C.

Phương pháp đo độ cứng Rôcven sử dụng hai loại tải trọng :

-Tải trọng sơ bộ 10kG (ký hiệu P_0). Chiều sâu do tải trọng này gây ra không dùng để tính độ cứng. P_0 chỉ có tác dụng san bằng sự nhấp nhô trên bề mặt mẫu để đảm bảo kết quả đo được chính xác hơn.

-Tải trọng chính (ký hiệu P_1). Tải trọng này được tác dụng thêm sau tải trọng sơ bộ. Sau khi cất bỏ tải trọng chính đồng hồ sẽ cho kết quả đo (hoặc hiệu số đo).

Phụ thuộc vào thang đo ta sử dụng các mũi đâm và tải trọng khác nhau :

-Khi đo theo thang B (HRB) dùng mũi đâm bằng viên thép tôi cứng và tải trọng tác dụng tổng cộng là 100kG . Do dùng viên bi nên thang B sử dụng để đo các vật liệu mềm, độ cứng trung bình trong khoảng $HV60 \div 240$ hay $HRB25 \div 100$ (thép, gang sau khi ủ và thường hoá, hợp kim nhôm, đồng ...)

-Khi đo theo thang A và C (HRA, HRC) dùng mũi đâm kim cương hình nón. Tải trọng tác dụng tổng cộng là 60kG với thang A và 150kG với thang C. Thang A dùng để đo các vật liệu rất cứng như : hợp kim cứng, lớp thấm các bon - ni tơ có độ cứng cao hơn HV700. Thang A có phạm vi đo từ $HV360 \div 900$ hay từ $HRA 70 \div 85$. Thang C dùng để đo các vật liệu có độ cứng trung bình và cao (thép, gang sau khi tôi và ram) với độ cứng trong khoảng $HV240 \div 700$ hay $HRC20 \div 67$.

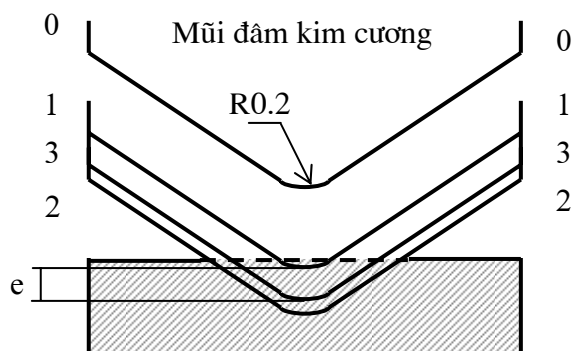
Để đo các lớp có chiều dày nhỏ hơn $0,30\text{mm}$ phải dùng các thang super. Phương pháp Rôcven gây ra vết lõm rất nhỏ, đo được các vật liệu mỏng và không phá huỷ chi tiết nên được sử dụng rất rộng rãi để kiểm tra chất lượng sản phẩm cơ khí. Để thuận lợi trong việc lựa chọn phương pháp xác định độ cứng, ta sơ bộ phân loại như sau :

-Loại có độ cứng thấp (mềm) : gồm các vật liệu có độ cứng nhỏ hơn HB220, HRC20, HRB100.

-Loại có độ cứng trung bình : có giá trị độ cứng trong khoảng HB250 $\div$ 450 và HRC 25 $\div$ 45.

-Loại có độ cứng cao : có giá trị độ cứng từ HRC52 đến cao hơn HRC60 một ít.

-Loại có độ cứng rất cao có giá trị độ cứng lớn hơn HRC62 hay HRA80



Mẫu đo

00: Lúc chưa đo

11: Tải trọng sơ bộ P_0

22: Thêm tải trọng chính P_1

33: Bỏ tải trọng chính P_1

Hình 2.18- Vị trí tương đối giữa mũi đâm và mẫu đo ở các thời điểm đo

4. Phương pháp đo độ cứng Vicke (HV) :

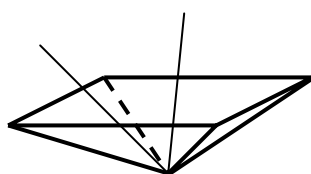
Ấn mũi kim cương hình tháp bốn mặt (có góc giữa hai mặt đối diện là 136°) với tải trọng P không lớn lắm. Sau khi cắt tải trọng, tiến hành đo đường chéo d của vết lõm và tra bảng sẽ có giá trị độ cứng Vicke (hoặc giá trị cho trên màn hình nếu dùng máy hiển thị số). Số đo độ cứng Vicke tính theo công thức :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{P}{d^2} \text{ [kG/mm}^2 \text{]}$$

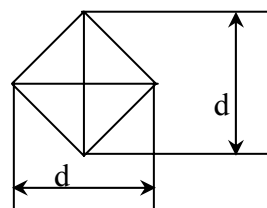
Trong đó : - P tải trọng tác dụng có giá trị từ 200G ÷ 100kG (thông dụng nhất từ 5 ÷ 10kG).

- d giá trị trung bình của hai đường chéo vết lõm, mm.

- F diện tích vết lõm, mm^2 .



(a)



(b)

Hình 2.19- Mũi đâm hình tháp (a) và vết lõm (b) khi đo độ cứng bằng phương pháp Vicke.

Quy ước tải trọng đo 30kG và thời gian đặt tải từ 10 ÷ 15s được xem là điều kiện tiêu chuẩn. Độ cứng đo ở điều kiện tiêu chuẩn chỉ cần ghi ngắn gọn là HV và số đo, ví dụ HV500. Nếu đo ở các điều kiện khác thì phải ghi thêm các điều kiện đo, ví dụ $HV_{20/30}500$ tức là độ cứng Vicke khi đo với tải trọng 20kG và thời gian đặt tải trọng 30s là 500kG/mm².

Phương pháp Vicke thường dùng đo độ cứng các vật liệu từ rất mềm đến rất cứng, với các lớp cần đo rất mỏng (đến $0,04 \div 0,06\text{mm}$) trong các mẫu mỏng ($0,3 \div 0,5\text{mm}$) như : thép các bon, thép ni tơ, bo , các lớp mạ và các tấm rất mỏng. Phương pháp này được coi là độ cứng chuẩn trong nghiên cứu khoa học, chủ yếu sử dụng tại các phòng thí nghiệm, viện nghiên cứu.

5. Phương pháp đo độ cứng tế vi ($H\mu$) :

Nguyên lý đo của nó giống như phương pháp Vicke nhưng ở đây mẫu đo phải chuẩn bị rất công phu như để quan sát tổ chức tế vi. Tải trọng dùng trong trường hợp này rất bé từ 0,5G đến 200G (có khi dùng đến 1000G). Sau khi ấn mũi kim cương xong phải dùng kính hiển vi để đo đường chéo của vết lõm (đơn vị đo là μm) và tra bảng cho sẵn sẽ có độ cứng tế vi. Có thể tính độ cứng tế vi theo công thức :

$$H\mu = 1,854 \cdot \frac{P}{d^2}$$

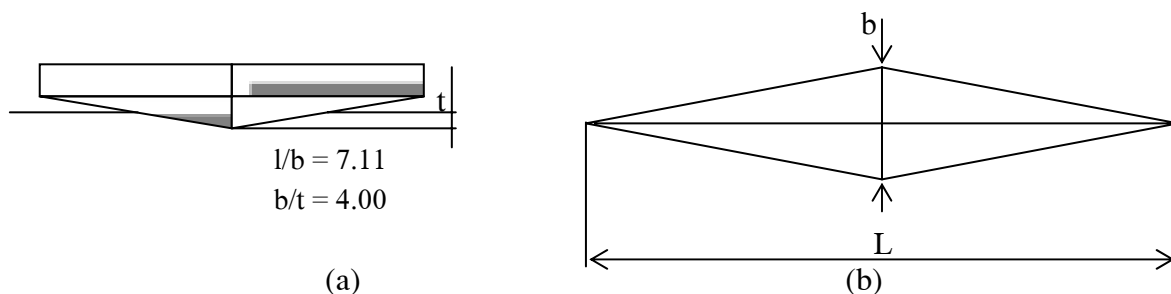
Trong đó : -P là tải tác dụng, G

-d là đường chéo vết lõm, μm

Phương pháp này sử dụng đồng thời hai loại thiết bị : máy đo độ cứng Vicke và kính hiển vi vật liệu học. Được sử dụng để đo độ cứng của các hạt, các pha riêng rẽ. Độ cứng tế vi không đặc trưng cho độ cứng tổng hợp của chi tiết.

6. Phương pháp đo độ cứng Knoop (HK) :

Phương pháp đo độ cứng Knoop cũng tương tự như phương pháp Vicke nhưng với mũi đâm kim cương hình tháp có cấu tạo sao cho vết đo để lại có dạng hình thoi.



Hình 2.20- Mũi đâm hình tháp (a) và hình dạng vết lõm (b)

Phương pháp này dùng đo các vật liệu giòn như gốm. Độ cứng được tính theo công thức sau :

$$HK = \frac{P}{F} = 1,42 \cdot \frac{P}{L^2} \quad [\text{kG/mm}^2]$$

Trong đó : -F là diện tích vết lõm, mm^2 .

-L là giá trị độ dài lớn nhất của vết lõm, mm.

Ngày nay có loại máy đo độ cứng vạn năng đo được các loại độ cứng như : Brinen, Rôcven, Vicke, HL, Sor...Muốn đo loại độ cứng nào chỉ cần chuyển sang thang đo của phương pháp đó là được. Tất cả kết quả đều cho trên màn hình.

7. Các phương pháp đo độ cứng gần đúng :

a- Phương pháp Poldi (HB_d) :

Nguyên lý : ta đồng thời tạo hai vết lõm ở cả mẫu chuẩn (đã biết độ cứng) và mẫu cần đo. Sau đó đo đường kính vết lõm ở cả hai mẫu đó bằng kính hiển vi đo. Độ cứng Poldi xác định theo công thức :

$$HB_d = HB_c \cdot \frac{d_c^2}{d_d^2}$$

Trong đó : - HB_c là độ cứng mẫu chuẩn.

- d_c là đường kính vết lõm của mẫu chuẩn.

- d_d là đường kính của mẫu cần đo.

b-Độ cứng Sor (HS_h) :

Nguyên lý : Dùng một viên bi bằng thép tôi cứng nặng 2,5G cho rơi từ độ cao $h = 254\text{mm}$ xuống bề mặt chi tiết cần đo. Căn cứ vào chiều cao nảy lên của viên bi trong thiết bị đo ta xác định được độ cứng Sor.

C-Xác định độ cứng bằng dũa mẫu :

Dùng một bộ dũa mẫu đã có độ cứng cho trước để thử mẫu. Thông thường các dũa có độ cứng cách nhau 5HRC như : 35, 40, 45, 50, 55, 60HRC. Muốn xác định độ cứng của chi tiết ta dùng dũa dũa thử lên bề mặt của nó. Ví dụ : xác định độ cứng một chi tiết bằng thép sau khi tôi. Đầu tiên ta lấy dũa có độ cứng thấp nhất dũa thử lên chi tiết, dũa sẽ không ăn. Tiếp tục dùng các dũa có độ cứng tăng dần lên để dũa mẫu. Khi mẫu bắt đầu có hiện tượng trầy xước (ăn dũa) thì độ cứng của mẫu được xem là bằng độ cứng của dũa đó (chính xác hơn là bằng độ cứng của dũa trước đó cộng với độ cứng của dũa đang dùng chia đôi).

Các phương pháp gần đúng được sử dụng rộng rãi trong sản xuất.

2.3.Nung kim loại đã qua biến dạng dẻo :

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

Sau khi biến dạng dẻo, kim loại bị biến cứng, hóa bền, mạng tinh thể bị xô lệch và tồn tại ứng suất dư bên trong. Đây là trạng thái không cân bằng có năng lượng dự trữ cao, không ổn định. Vì vậy kim loại luôn có xu thế trở về trạng thái cân bằng trước khi biến dạng dẻo, không có xô lệch mạng, không tồn tại ứng suất dư bên trong. Ở nhiệt độ thường quá trình này diễn ra rất lâu, có thể hàng năm cho đến hàng chục năm. Nếu đem nung nóng kim loại đã biến dạng dẻo đến nhiệt độ thích hợp thì quá trình này sẽ diễn ra nhanh hơn nhiều.

2.3.2.Các chuyển biến khi nung nóng :

Khi nung nóng kim loại đã qua biến dạng dẻo, theo sự tăng lên của nhiệt độ nung sẽ xảy ra các quá trình sau : hồi phục và kết tinh lại.

1-Hồi phục :

Ở nhiệt độ thấp (khoảng $0,1 \div 0,2 T_c$) sẽ xảy ra quá trình hồi phục trong kim loại qua biến dạng dẻo. Lúc này mạng tinh thể sẽ giảm sai lệch, xô lệch dần hồi, giảm mật độ lệch và ứng suất bên trong. Tổ chức tế vi và cơ tính chưa có gì thay đổi.

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

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

Mầm kết tinh lại sinh ra chủ yếu tại vùng bị xô lệch mạnh nhất, năng lượng dự trữ cao nhất (biên giới hạt, mặt trượt). Vì vậy nếu kim loại bị biến dạng dẻo càng mạnh thì mầm sinh ra càng nhiều.

Sau khi được sinh ra các mầm kết tinh lại phát triển lên là quá trình tự nhiên. Sau khi kết thúc kết tinh lại ta nhận được các hạt đa cạnh hoàn toàn mới với mạng tinh thể không có sai lệch và mọi tính chất vốn có ban đầu được khôi phục lại.

Nhiệt độ kết tinh lại là nhiệt độ nhỏ nhất tại đó xảy ra quá trình kết tinh lại với tốc độ đáng kể, nhiệt độ này phụ thuộc vào nhiệt độ nóng chảy :

$$T_{ktl} = a.T_c \quad \text{tất cả tính theo } ^\circ K.$$

Hệ số a phụ thuộc vào độ sạch của kim loại, mức độ biến dạng và thời gian giữ nhiệt. Trường hợp thường gặp nhất với kim loại nguyên chất kỹ thuật $a \approx 0,4$.

Kích thước hạt sau khi kết tinh lại phụ thuộc vào các yếu tố sau :

-Mức độ biến dạng : Kim loại bị biến dạng dẻo càng mạnh thì kích thước hạt sau khi kết tinh lại càng nhỏ mịn vì do xô lệch mạng mạnh nên tạo ra nhiều mầm kết tinh. Nếu độ biến dạng nhỏ từ $2 \div 8\%$ do tạo ra ít vùng xô lệch nên có ít mầm kết tinh nên hạt rất lớn, độ biến dạng này gọi là độ biến dạng tối hạn.

-Nhiệt độ ủ : càng cao thì hạt càng lớn do tốc độ sinh mầm và phát triển mầm càng tăng, nhưng tốc độ phát triển mầm tăng mạnh hơn.

-Thời gian giữ nhiệt : Thời gian giữ nhiệt tại nhiệt độ ủ càng dài thì hạt càng lớn.

3-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 có quá trình hạt bé sát nhập vào các hạt lớn làm cho hạt lớn thêm ra. quá. Đây là quá trình tự nhiên vì làm giảm tổng biên giới hạt để năng lượng dự trữ giảm. Quá trình này gọi là kết tinh lại lần thứ hai và cần tránh khi nung nóng.

2.4.Biến dạng nóng :

2.4.1.Khái niệm :

Biến dạng nóng là quá trình biến dạng dẻo kim loại cao hơn nhiệt độ kết tinh lại. Biến dạng nóng thường tiến hành ở nhiệt độ $(0,7 \div 0,75)T_c$.

Ví dụ : -Biến dạng dẻo kim loại vonfram ở $1000^\circ C$ là biến dạng nguội vì nhiệt độ kết tinh lại của nó là $1200^\circ C$.

-Biến dạng dẻo thiếc chì, kẽm ở nhiệt độ thường là biến dạng nóng vì nhiệt độ kết tinh lại của chúng ở nhiệt độ âm.

2.4.2.Các quá trình xảy ra :

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

-Biến dạng dẻo làm xô lệch mạng, gây ra hóa bền và biến cứng

-Kết tinh lại làm mất xô lệch mạng, gây ra thả bền và giảm độ cứng. Quá trình này diễn ra tiếp sau quá trình biến dạng dẻo.

Vì vậy sau khi biến dạng nóng cơ tính kim loại sẽ thay đổi theo chiều hướng của quá trình mạnh hơn. Thông thường phải kết thúc biến dạng nóng ở cao hơn nhiệt độ kết tinh lại một khoảng thời gian thích hợp để xảy ra quá trình kết tinh lại làm cho kim loại có độ dẻo cao, độ bền và độ cứng thấp.

2.4.3.Đặc điểm của biến dạng nóng :

So với biến dạng nguội thì biến dạng nóng có các đặc điểm sau đây :

1-Uưu điểm :

-Do tiến hành ở nhiệt độ cao, quá trình khuếch tán mạnh, các lỗ hổng được hàn kín lại, cải thiện cơ tính của kim loại.

-Do nhiệt độ cao, kim loại có tính dẻo cao nên khó bị nứt, không cần lực ép lớn mà vẫn đạt được lượng biến dạng lớn. Do đó có năng suất cao và gia công được các phôi lớn.

-Nhờ có quá trình kết tinh lại nên sẽ không có biến cứng hoặc giảm biến cứng cho kim loại, sau khi biến dạng nóng có thể không cần ủ.

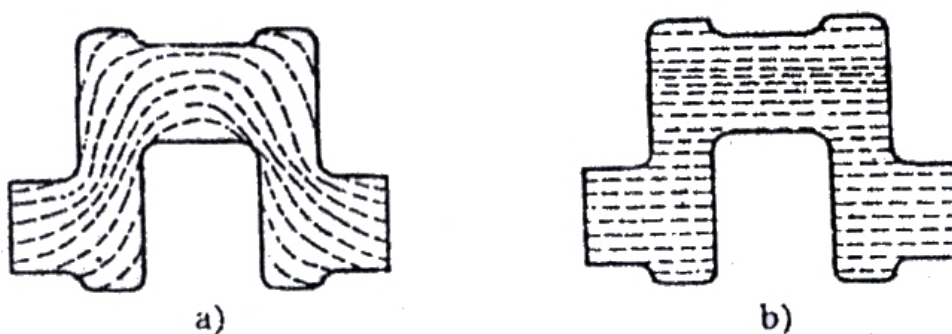
-Cải thiện độ hạt kim loại do lượng ép lớn và nhiệt độ ủ phù hợp, đảm bảo cơ tính tổng hợp tốt. Muốn vậy phải tiến hành liên tục ở nhiệt độ cao, lượng ép lớn và kết thúc biến dạng ở nhiệt độ không cao hơn nhiều so với nhiệt độ kết tinh lại.

2-Nhược điểm :

-Khó khống chế nhiệt độ đồng đều trên phôi, nhất là các phôi mỏng hay quá lớn, do đó khó đạt được sự đồng nhất về tổ chức và cơ tính.

-Khó khống chế chính xác hình dáng, kích thước của sản phẩm với độ chính xác cao do sự giãn nở khi nung và co lại khi nguội.

-Phân bố lại tạp chất : chúng nhỏ mịn hơn, phân tán kéo dài theo phương biến dạng và tạo thành tổ chức thớ làm cho kim loại có tính dị hướng. Do vậy cần phải tạo thớ phân bố hợp lý khi biến dạng : thớ phân bố theo viền chu vi của phôi sẽ làm cho độ bền cao.



Hình 2.21 -Tổ chức thớ của trục khuỷu

a)Thớ đúng (tốt) b)Thớ sai (xấu)

CHƯƠNG 3 : ĂN MÒN VÀ BẢO VỆ VẬT LIỆU

3.1.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 franc (1982), ở Mỹ là 70 tỷ USD (1975), ở Anh là 5 tỷ bảng (1980)

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 oxy hoá không phải xảy ra chỉ trong một phản ứng trực tiếp. Đây là dạng ăn mòn phổ biến nhất trong kim loại.

3.1.1.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.

$$P_{TL} = \frac{m_1 - m_2}{S.t} \text{ mg/dm}^2.\text{ngày}. \quad (3.1)$$

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.

$$P_{TN} = \frac{P_{TL} \cdot 0,0365}{\rho} \text{ mm/năm} \quad (3.2)$$

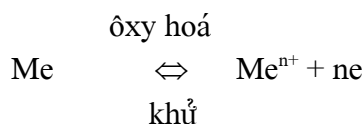
Trong đó : - ρ : là trọng lượng riêng của kim loại, G/cm^3

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

3.1.2.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 :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a \quad (3.3)$$

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.

Điện thế tiêu chuẩn cân bằng ở 25°C của một số phản ứng phân cực

Phản ứng	Điện thế tiêu chuẩn cân bằng so với điện cực hydro E_0 , V
$\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}$	1.50
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0.40
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.34
$2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0.00
$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.13
$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.40
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44
$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0.74
$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.67
$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.37
$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.71

Số liệu bảng trên cho phép đánh giá chiều hướng làm việc của pin điện hoá. Ví dụ : có một pin điện hóa gồm hai nửa pin, nửa pin thứ nhất gồm điện cực sắt nhúng trong dung dịch chứa ion Fe^{2+} có hoạt độ $a_{\text{Fe}^{2+}} = 1$, nửa pin thứ hai là điện cực bằng đồng nhúng trong dung dịch chứa Cu^{2+} có hoạt độ $a_{\text{Cu}^{2+}} = 1$. Sức điện động của pin đó sẽ là :

$$E_o = E_o(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E_o(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = 0.34 - (-0.44) = 0.78\text{V}$$

Nói hai nửa pin đó thì sẽ có một dòng điện đi qua pin, điện tử sẽ đi từ điện cực sắt sang điện cực đồng, nghĩa là đi từ điện cực có điện thế thấp hơn (anôt) đến điện cực có điện thế cao hơn (catôt). Lúc này trên điện cực sắt sẽ có phản ứng anôt :



Sắt sẽ bị hoà tan, còn trên điện cực đồng sẽ có phản ứng catôt :



Do vậy trên cực đồng sẽ có kết tủa thêm một lớp đồng.

Tương tự như trên ta có thể đoán trước rằng tất cả các kim loại với điện thế điện cực tiêu chuẩn thấp hơn của điện cực hydro sẽ bị ăn mòn trong axit không chứa ô xy, đồng thời có sự thoát khí hydro :



Phản ứng này có điện thế điện cực tiêu chuẩn là 1,23V, lớn hơn điện thế điện cực tiêu chuẩn +0,34V của phản ứng $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}$, đồng sẽ bị ăn mòn.

Tuy nhiên hoạt độ các ion trong dung dịch thường khác 1 nên muốn biết kim loại có bị ăn mòn hay không ta phải tính điện thế cân bằng của kim loại theo phương trình Nernst sau đó so sánh với điện thế cân bằng của phản ứng khử phân cực catôt.

3.2.CÁC DẠNG ĂN MÒN KIM LOẠI :

3.2.1.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 :

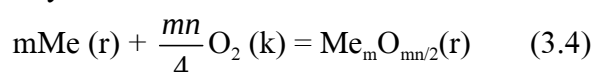
Đa số các chất hữu cơ không là chất điện ly, do vậy chúng không dẫn điện nên không xảy ra ăn mòn điện hoá. Ví dụ : thép các bon làm việc trong các dung môi hữu cơ, các nhiên liệu lỏng hình thành từ các loại các bua hydro không dẫn điện. Nếu có chứa nước sẽ xảy ra ăn mòn điện hóa.

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 , SO_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 :



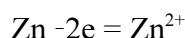
Để đánh giá khả năng làm việc của kim loại ở nhiệt độ cao ta căn cứ vào hai đặc trưng sau đây :

- 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.

3.2.2.Ăn mòn điện hóa

1-Khái niệm :

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

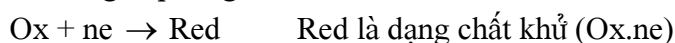


Trong vật liệu kim loại có cấu tạo bởi hai hay nhiều pha do vậy giữa các pha này xảy ra các quá trình anốt và catốt làm cho kim loại bị phá huỷ. Trên bề mặt kim loại hình thành rất nhiều anốt và catốt, do vậy hình thành một hệ thống rất nhiều cực. Tốc độ ăn mòn điện hóa là tổng tốc độ ăn mòn của nhiều 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 anốt, quá trình catốt và quá trình dẫn điện.

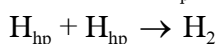
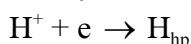
Quá trình anốt là quá trình ôxy hoá điện hoá, trong đó kim loại chuyển vào dung dịch dưới dạng ion và giải phóng điện tử, kim loại bị ăn mòn theo phản ứng :



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



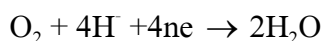
Ox là dạng chất ôxy hoá, thường là H^+ hay O_2 thì quá trình catốt sẽ là :



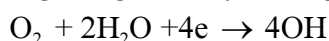
(H_{hp} là hydrô hấp phụ), trong trường hợp nay gọi là sự ăn mòn với chất khử phân cực hydrô.

Nếu Ox là O_2 thì :

- Với môi trường axit quá trình catốt sẽ là :



- Với môi trường trung tính hay bazơ quá trình catốt sẽ là :



2-Các dạng ăn mòn điện hoá :

Ăn mòn điện hoá là dạng ăn mòn phổ biến hơn cả và phá huỷ kim loại nhiều nhất. Các dạng ăn mòn điện hóa được chia ra như sau : ăn mòn đều (1), ăn mòn galvanic hay ăn mòn tiếp xúc (2), ăn mòn do chênh lệch khí (3), ăn mòn lỗ (4), ăn mòn tinh giới (5), ăn mòn nứt do ứng lực (6), ăn mòn mỏi (7), ăn mòn lựa chọn hay sự phân rã hợp kim (8), ăn mòn mài mòn (9). Sau đây ta sẽ khảo sát kỹ lưỡng từng dạng ăn mòn cụ thể.

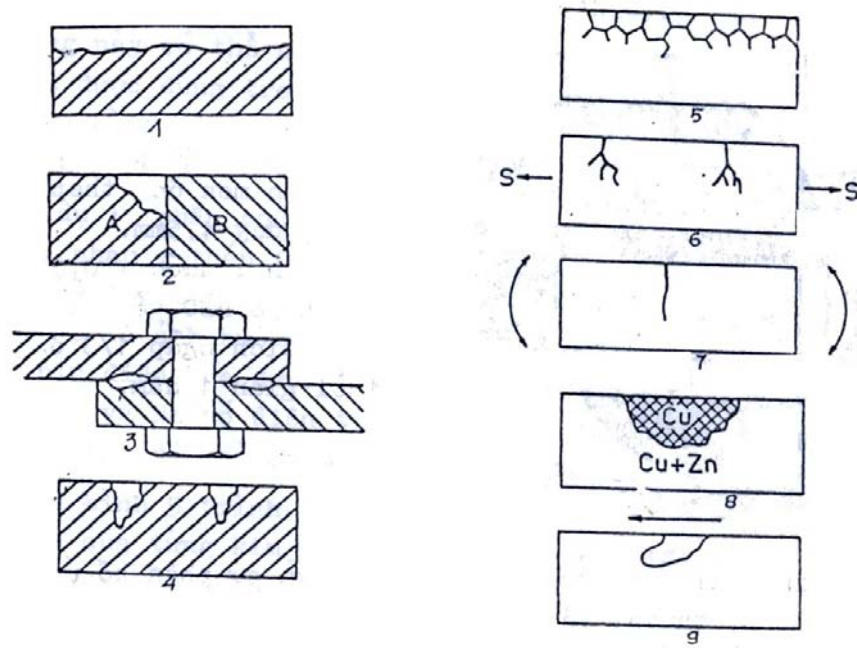
a- Ăn mòn đều :

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.

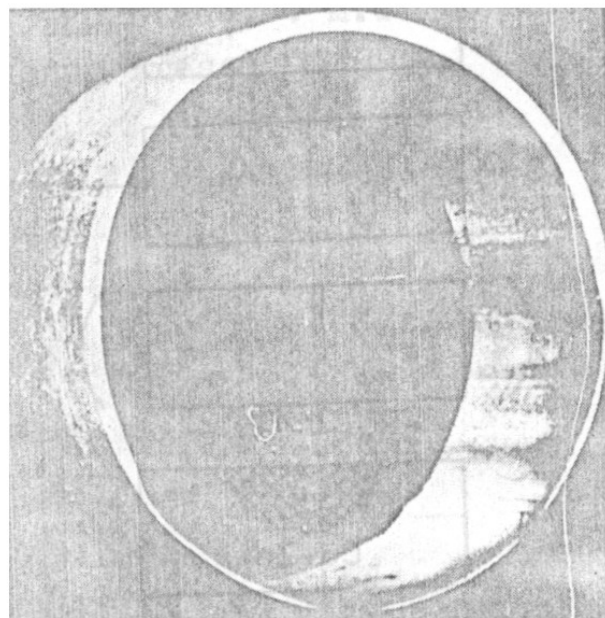
b- Ăn mòn tiếp xúc (ăn mòn Galvanic) :

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.



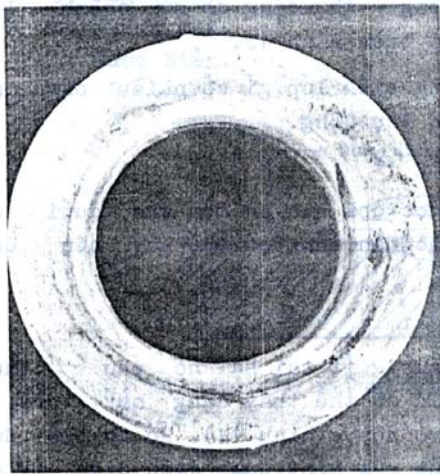
Hình 3.1 -Phân loại các dạng ăn mòn điện hoá



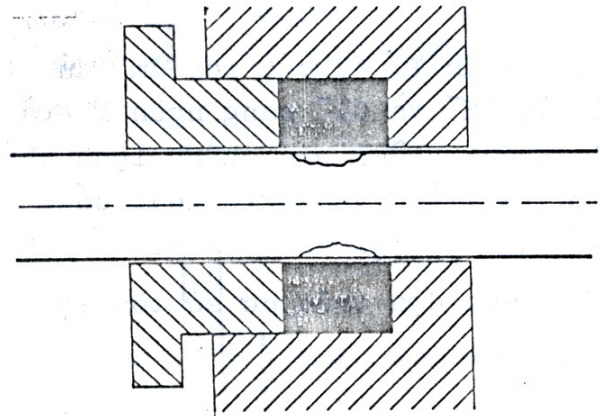
Hình 3.2-Ăn mòn ống thép không gỉ có độ dày 4,5mm

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

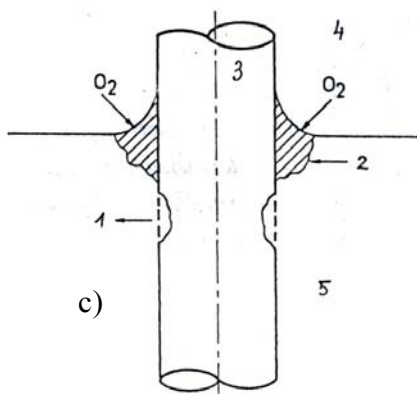
Dạng ăn mòn này xảy ra có thể do môi trường không đồng nhất, chẳng hạn sự khác nhau cục bộ về thông khí hoà tan (ôxy). Lúc này hình thành một pin chênh lệch khí và gây ra ăn mòn.



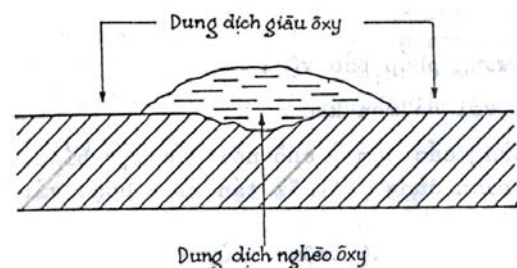
a)



b)



c)



d)

Hình 3.3- Các dạng ăn mòn khe

a) Ăn mòn khe trên mặt bích thép không gỉ 10Cr18Ni9

b) Ăn mòn khe dưới vòng đệm pít tông thép không gỉ trong nước biển

c) Ăn mòn đường móm nước

d) Ăn mòn do lắng đọng

d- Ăn mòn lỗ :

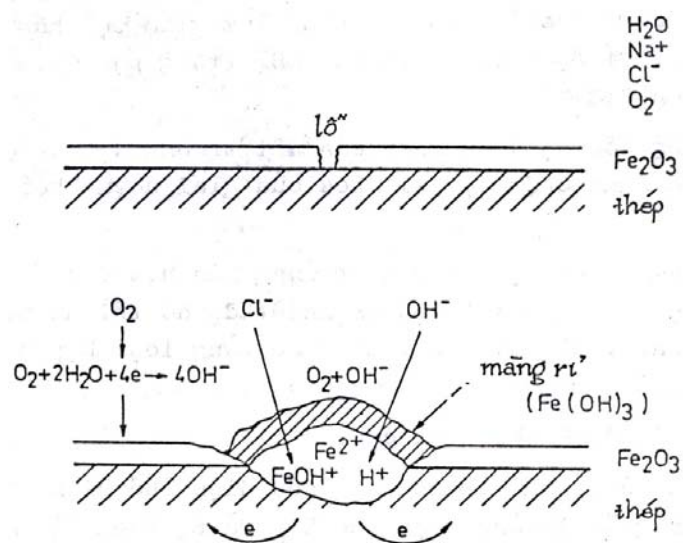
Đây là dạng xâm thực cục bộ tạo nên các lỗ, độ sâu các lỗ có thể lớn hơn đường kính lỗ. Hiện tượng này xảy ra do có các lỗ nhỏ trong lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn đều (các lớp men, lớp phủ hữu cơ, màng ôxyt..). Các lỗ phát triển từ bề mặt vào bên trong theo hướng gần như thẳng góc.

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.



Hình 3.4-Các dạng ăn mòn lỗ



Hình 3.5 -Ăn mòn lỗ của thép thụ động trong ion Cl

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 làm 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) :

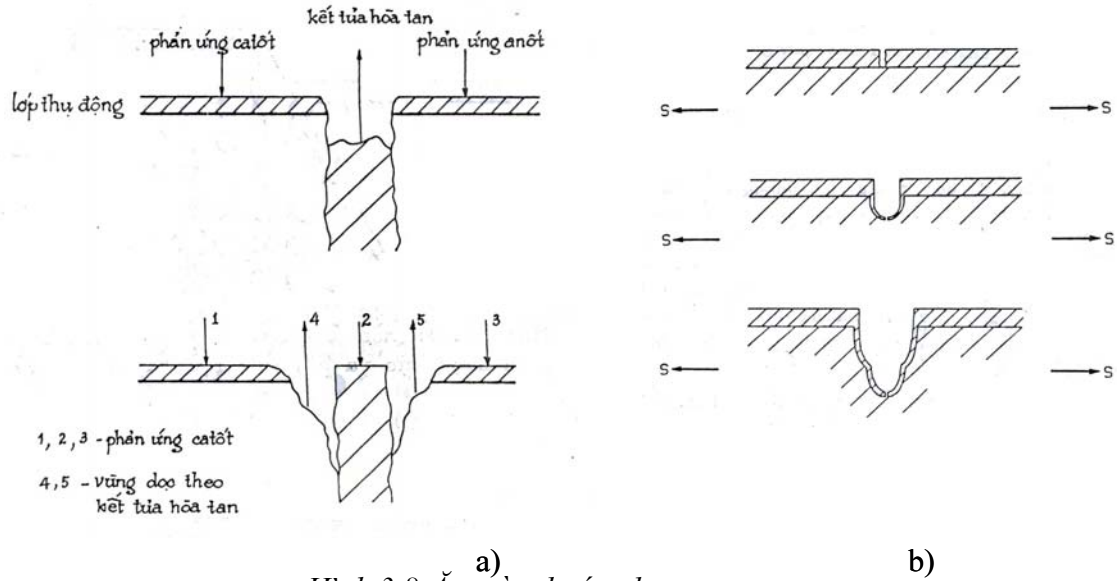
Dạng ăn mòn này xảy ra trong các điều kiện nhất định đối với các hợp kim là dung dịch rắn, trong đó kim loại hoà tan có điện thế ăn mòn âm hơn nhiều so với kim loại nền.



Hình 3.6-Ăn mòn tinh giới của thép không gỉ

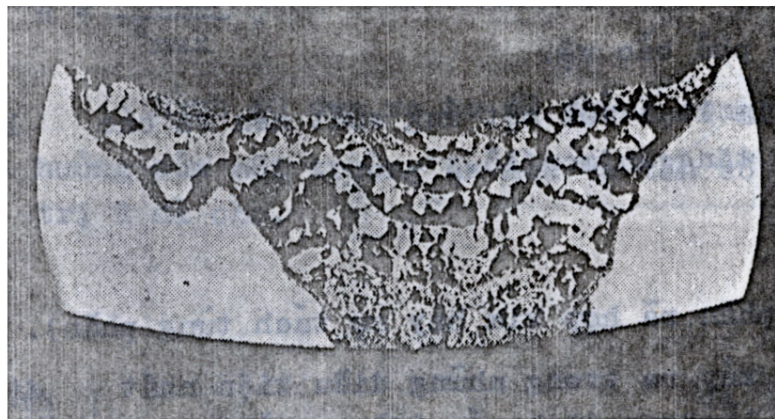


Hình 3.7 -Ăn mòn nứt ở biên giới hạt thép không gỉ



Hình 3.8- Ăn mòn do ứng lực

- a) Do tồn tại các mạch hoạt tính
- b) Do các mạch hoạt tính loại màng vỏ



Hình 3.9- Ăn mòn lựa chọn (sự phân rã hợp kim)

i- Ăn mòn mài mòn :

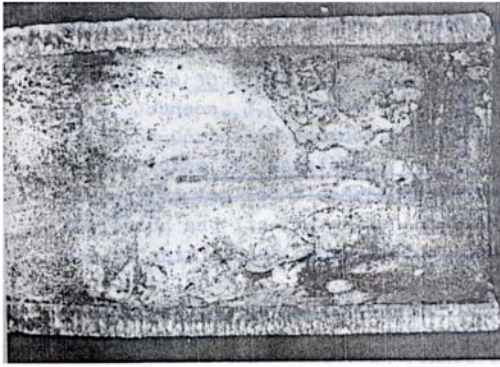
Sự mài mòn của kim loại thụ động trong môi trường ăn mòn có thể làm mất lớp bảo vệ và hiện tượng này gọi là ăn mòn mài mòn.

3.3.BẢO VỆ KIM LOẠI CHỐNG ĂN MÒN

3.3.1.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 sít 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.



a)



b)

Hình 3.10- Ăn mòn - mài mòn

a) Ăn mòn cục bộ do chảy rối của chất lỏng trong ống ngưng

b) Ăn mòn mài mòn do sự sủi bọt ở nước làm lạnh trong xylanh

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.

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

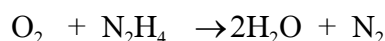
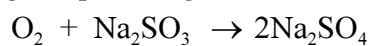
1-Xử lý môi trường :

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.

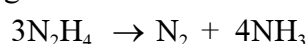
a-Chống ăn mòn trong nước :

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.

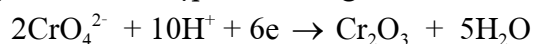
b-Chống ăn mòn trong khí quyển :

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" :

$$Z = \frac{P_o - P_{LC}}{P_o} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

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

3.3.3.Bảo vệ điện hoá

Để bảo vệ điện hoá ta phải thay đổi điện thế điện cực của kim loại đến khu vực bền ăn mòn hoặc khu vực thụ động của đồ thị Pourbaix. 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 anốt. 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 protectơ : (anốt hy sinh)

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

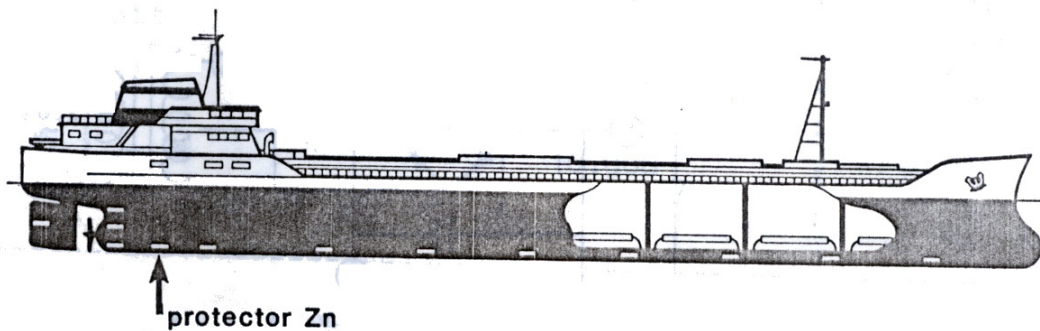
Vật liệu làm protectơ thường dùng là các kim loại và hợp kim Mg, Al, Zn...Các yêu cầu của vật liệu làm protectơ :

- 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 protectơ sản sinh ra, nó đặc trưng cho khả năng làm việc lâu dài theo thời gian của protectơ.
- Có độ phân cực anốt nhỏ để đảm bảo xác suất bảo vệ cao.

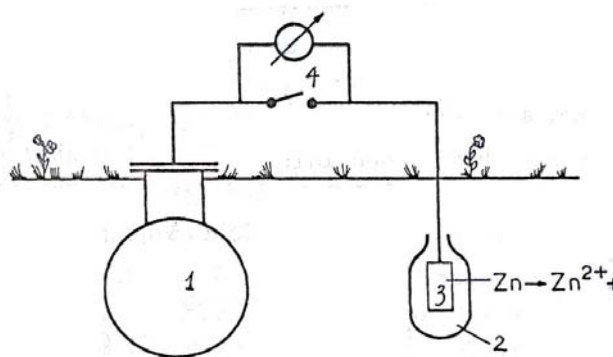
Nhôm, kẽm và hợp kim của chúng chủ yếu dùng trong nước biển. Magiê và hợp kim dùng bảo vệ trong đất. Trong nước ngọt dùng Mg, Zn và hợp kim của chúng.

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} . Khi có dòng điện ngoài ta dịch chuyển được điện thế điện cực tới giá trị E_1 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 oxy hóa 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.

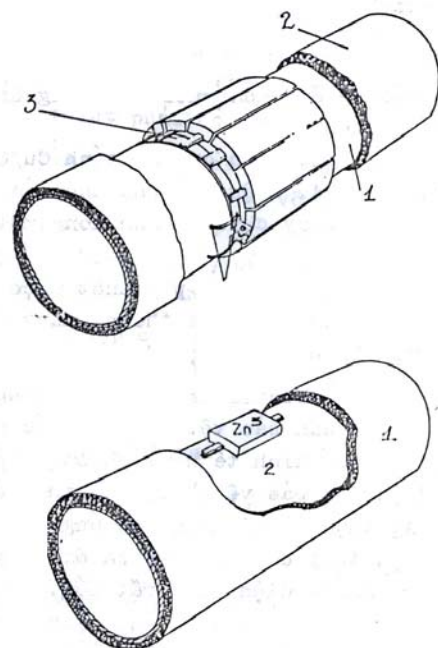


Hình 3.11 - Bảo vệ tàu thủy bằng protector



Hình 3.12- Bảo vệ catốt bằng protector

- 1)Thiết bị cần bảo vệ
- 2)Chất bọc protector
- 3)Protector Zn
- 4)Dụng cụ kiểm tra

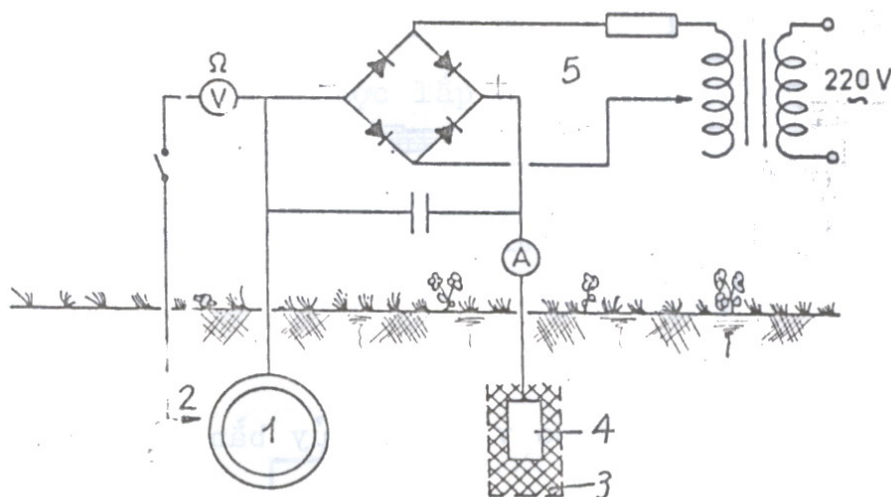


Hình 3.13- Bảo vệ ống dẫn bằng protector

- 1)Ống dẫn bằng thép
- 2)Lớp phủ bê tông
- 3)Protector Zn

Điện cực phụ thông dụng là anôt 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.



Hình 3.14 -Sơ đồ bảo vệ ống dẫn dưới đất bằng dòng điện ngoài

c-Một số lưu ý :

- Với các công trình nhỏ nên dùng bảo vệ bằng protectơ 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 anôt :

Trong bảo vệ anôt 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. Khi bảo vệ anôt, 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 dùng để bảo vệ các bồn lớn chứa axit bằng thép không rỉ. Bảo vệ anôt 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°C), Al(657°C), Pb(327°C), Zn(419°C).

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 (catôt) điện cực phụ (anôt) và dung dịch điện ly.

c-Phun kim loại :

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°C , kẽm sẽ khuếch tán phủ lên bề mặt thép.

e-Lớp phủ photphat (phốt phát hoá)

Nhúng chi tiết kim loại vào hỗn hợp dung dịch H_3PO_4 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_3$ nóng chảy sẽ tạo ra lớp phủ photphat trên bề mặt.

f-Lớp phủ cromat :

Nhúng chi tiết kim loại đã xử lý bề mặt vào dung dịch axit chứa natri cromat 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 anôt trong dung dịch axit để tạo ra lớp ôxyt dày khoảng $10\text{ }\mu\text{m}$. Xử lý các lỗ xóp 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 tráng 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 $60 \div 75\%$ SiO_2 , $12 \div 20\%$ 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 $0,8 \div 2\text{mm}$.

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, xi 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.

3.4.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. Thuỷ 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 ...

3.5.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.

3.5.1.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 trích ly bởi dung môi của chất hoá dẻo làm biến đổi tính chất của polyme.

b-Tác dụng của dung môi : các phần 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.

3.5.2.Sự thoái hoá và lão hoá hoá học :

Sự lão hoá và thoái hoá hoá học xảy ra bởi tác động mạnh làm biến dạng mạnh 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 oxy hoá. Ozon oxy hoá mạnh hơn oxy. Các polyme clo hoá không nhạy cảm với oxy hoá. Chất chống oxy hoá thông dụng là muối than, các amin và phenon.

3.5.3.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 oxy. 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 (muối than, oxyt titan).

3.5.4.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 oxy 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.

CHƯƠNG 4 : 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.

4.1.KHÁI NIỆM VỀ NHIỆT LUYỆN THÉP :

4.1.1.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 $^\circ\text{C}$.

b-Thời gian giữ nhiệt (τ_{gn}) : là thời gian duy trì chi tiết tại nhiệt độ nung nóng.

c-Tốc độ nguội ($V_{ngүй}$) : 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...Chi 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.

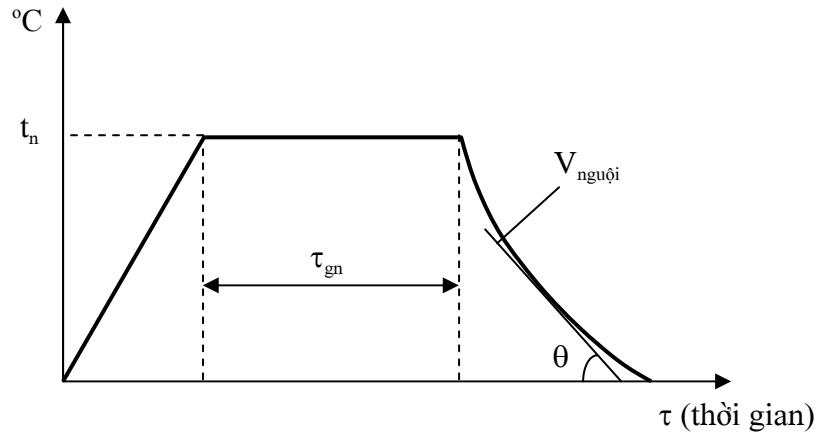
-Tổ chức tế vi : cấu tạo pha, kích thước hạt, chiều sâu lớp hóa bền ...Chỉ tiêu này thường được kiểm tra theo từng mẻ nhiệt luyện.

-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.



Hình 4.1 - Các thông số đặc trưng của quá trình nhiệt luyện

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 tối 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 tối 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.

4.1.2.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.

4.2.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, chứa 0,80%C.

4.2.1.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 $727^{\circ}C$, 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 tối 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.

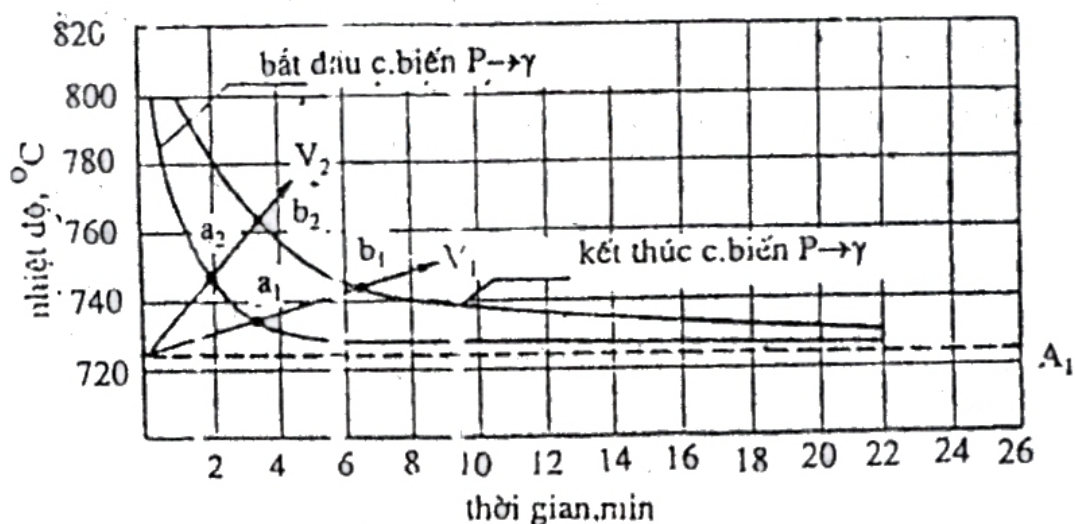
b-Kích thước hạt austenit :

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.

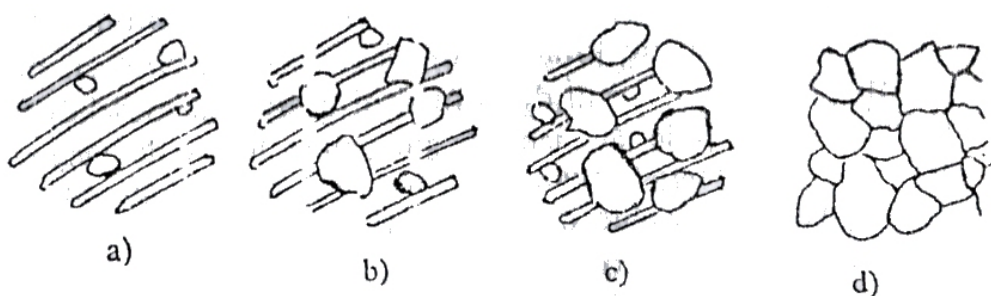
Chuyển biến peclit thành austenit là một quá trình kết tinh và khuếch tán. Mầm austenit được tạo ra giữa biên giới hạt phe rit và xêmentit của tổ chức peclit. Biên giới hạt của hai pha này rất lớn nên số mầm kết tinh sinh ra rất nhiều. Vì vậy hạt austenit mới sinh bao giờ cũng rất nhỏ mịn. Do đó chuyển biến peclit thành austenit bao giờ cũng làm nhỏ hạt thép. Hạt austenit sẽ càng nhỏ mịn nếu kích thước của pha xêmentit càng 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 dòn cao.



Hình 4.2-Ảnh hưởng của tốc độ nung đến nhiệt độ chuyển biến.



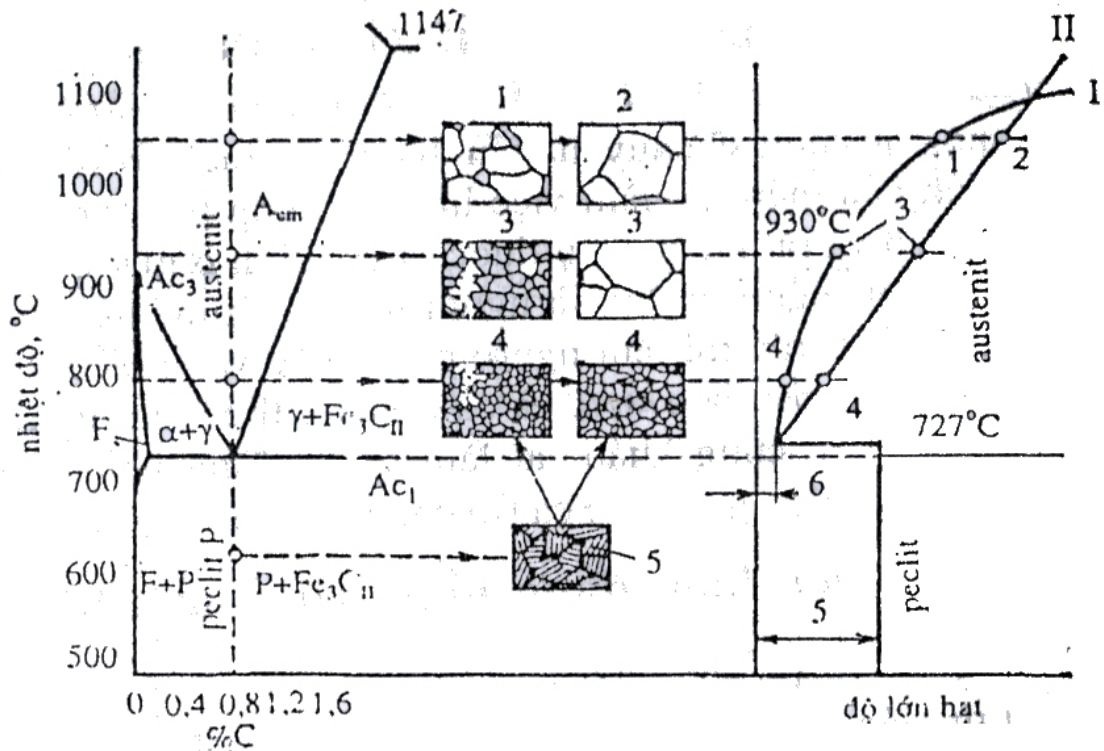
Hình 4.3-Quá trình tạo mầm và phát triển mầm austenit từ péclit tằm

Thép bản chất hạt nhỏ có hạt austenit lúc ban đầu phát triển chậm, chỉ khi vượt quá $930 \div 950^\circ\text{C}$ 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 $< 930 \div 950^\circ\text{C}$) 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 Al_2O_3 , AlN, các carbít 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.

4.2.2.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.



Hình 4.4- Giản đồ pha Fe-C (a) và sơ đồ phát triển hạt austenit của thép cùng tích (b)

- 1)Thép bản chất hạt nhỏ; 2)Thép bản chất hạt lớn; 3)Hạt bản chất
4)Hạt khi nung nóng; 5)Hạt péclit ban đầu; 6)Hạt austenit ban đầu

4.2.3.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.

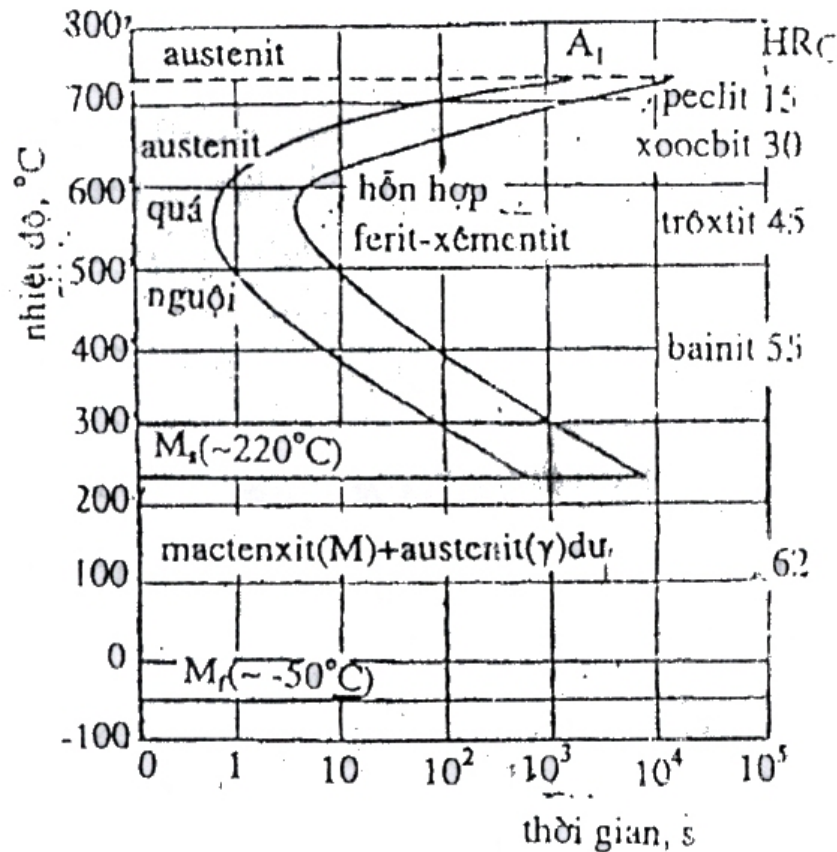
1-Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội của thép cùng tích :

Từ giản đồ pha Fe - C ta biết rằng khi làm nguội austenit sẽ chuyển biến thành péclit 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 nhiệt độ chuyển biến khác nhau, ghi lại thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến ở từng nhiệt độ 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 péclit (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.



Hình 4.5- Giản đồ T-T-T của thép cùng tích

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 :

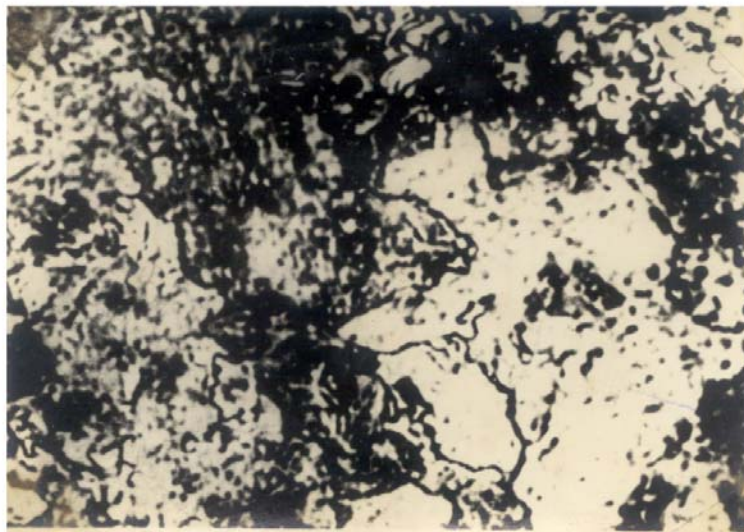
*Khi cho phân hóa ở sắt A_1 (trên dưới 700°C), với độ quá nguội nhỏ ΔT khoảng 25°C. Hỗn hợp phe rit - xêmentit tẩm tạo thành với kích thước thô to, khoảng cách giữa các tẩm khoảng 10^{-3} mm, độ cứng 10 ÷ 15HRC gọi là péc lit tẩm.

*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 tẩm tạo thành nhỏ mịn hơn, khoảng cách giữa các tẩm cỡ 0,25 ÷ 0,30 μ m, không phân biệt được chúng trên kính hiển vi quang học. Tổ chức này có độ cứng 25 ÷ 35HRC, gọi là xoocbit tôi.



Hình 4.6- Tổ chức tế vi của xoocbit tôi

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa (khoảng $500 \div 600^{\circ}\text{C}$, ứng với mũi của đường cong chữ "C", 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 tấm khoảng $0,10 \div 0,15 \mu\text{m}$, có độ cứng cao hơn cỡ 40HRC gọi là tro xtit tôi.



Hình 4.7- Tổ chức tế vi của trôstit tôi

*Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa, tức là thuộc về nửa dưới của đường cong chữ "C" (khoảng $450 \div 250^{\circ}\text{C}$), hỗn hợp phe rit - xêmentit tằm nhận được rất nhỏ mịn, có độ cứng cao cỡ $50 \div 55\text{HRC}$ 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 $\text{Fe}_{2,4} \div \text{Fe}_3\text{C}$
- +Ngoài hai pha trên còn một ít austenit dư và có ứng suất bên trong.



a)



b)

Hình 4.8- Tổ chức tế vi bainit trên (a) và bai nit dưới (b)

Sau khi làm nguội đẳng nhiệt tổ chức nhận được đồng nhất trên toàn bộ tiết diện. Như vậy các tổ chức pect lit tấm, xoócbit, trôxtit (cả bai nit nữa) là hỗn hợp cơ học của phe rit và xêmentít 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 xoocbit.

- 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.

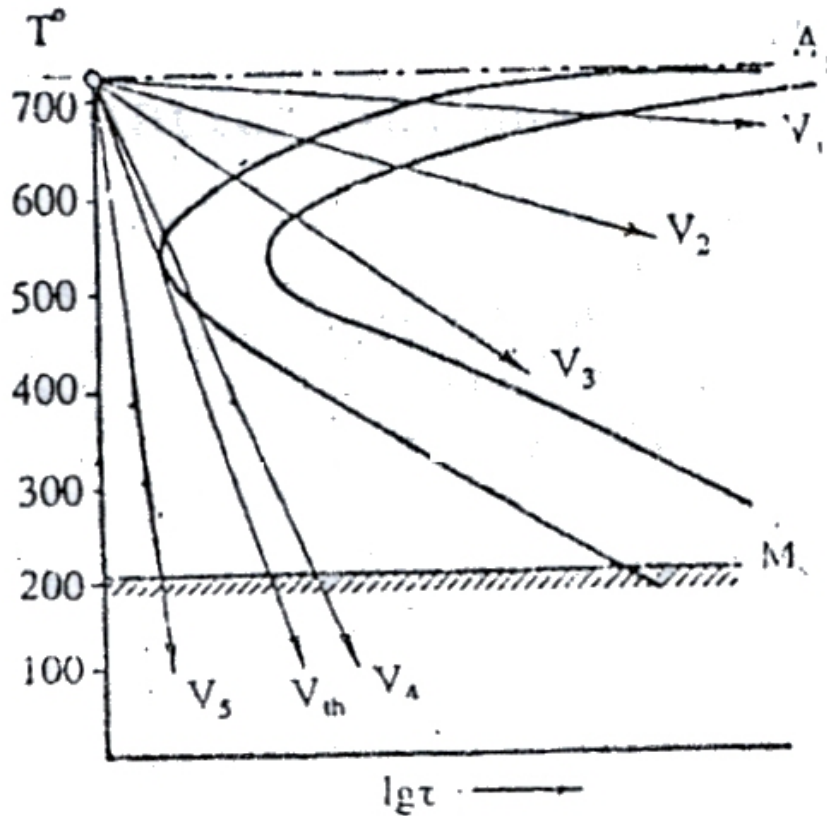
- Làm nguội nhanh hơn nữa (trong nước lạnh, ứng với V_5), véc tơ nguội không cắt đường cong chữ "C" nào cả, phần lớn austenit quá nguội chuyển biến thành mactenxit. Không có hỗn hợp phe rit - xêmentit.

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.



Hình 4.9-Giản đồ T-T-T của thép cùng tích và các vectơ nguội khi làm nguội liên tục

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.

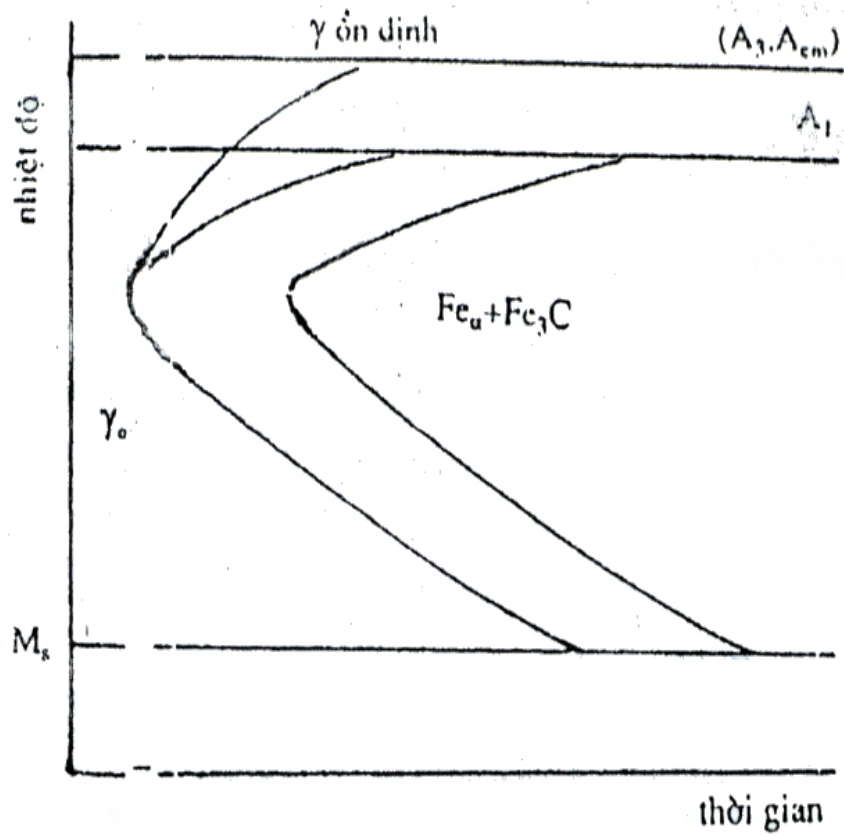
b-Thép sau cùng tích :

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.

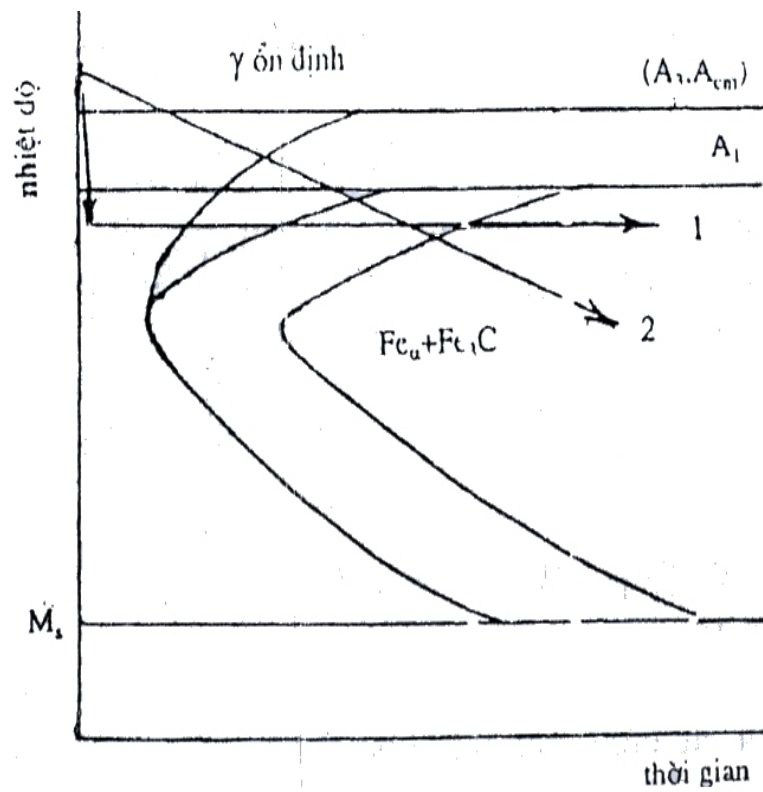
Tuy nhiên với các thép này nếu làm nguội đẳng nhiệt với độ quá nguội lớn hay tốc độ nguội nhanh thì austenit quá nguội của chúng sẽ phân hóa ngay thành peclit, xoocbit trôxtit và bainit nhưng lượng các bon không đúng là 0,80%C. Các sản phẩm đó gọi là cùng tích giả.

4.2.4.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 mactenxit. 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 tối tới hạn V_{th} (còn gọi là tốc độ nguội tối hạn). Như vậy khi làm nguội austenit với tốc độ nguội lớn hơn tốc độ tối hạn sẽ nhận được mactenxit chứ không phải hỗn hợp phe rit - xêmen tit.



Hình 4.10 -Dạng tổng quát giản đồ T-T-T của thép khác cùng tích

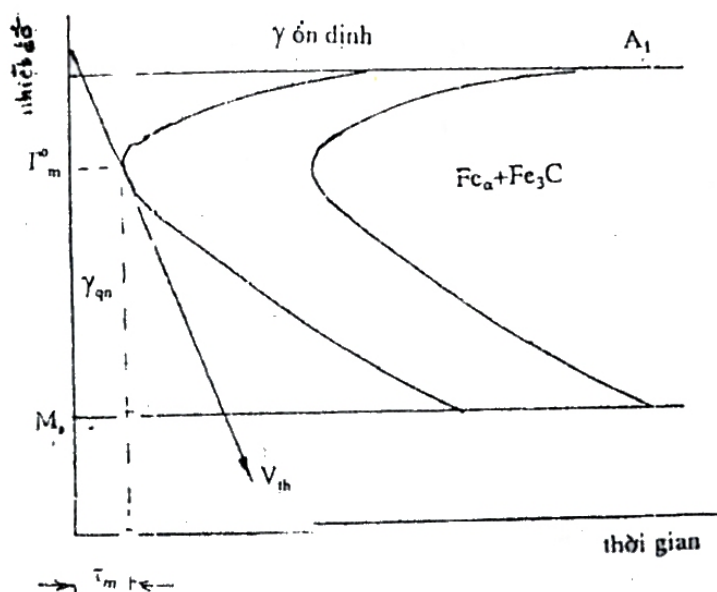


Hình 4.11-Sự tiết ra pherit hay xêmentit II khi làm nguội đẳng nhiệt với độ quá nguội nhỏ(1) và chậm liên tục

1-Bản chất và cấu trúc của mactenxit :

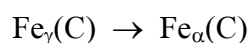
a-Định nghĩa :

Mactenxit 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.



Hình 4.12-Giản đồ T-T-T và tốc độ tôi tối hạn(V_{th})

Khi làm nguội rất nhanh các bon trong austenit không kịp khuếch tán để tạo thành xementit. 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 :

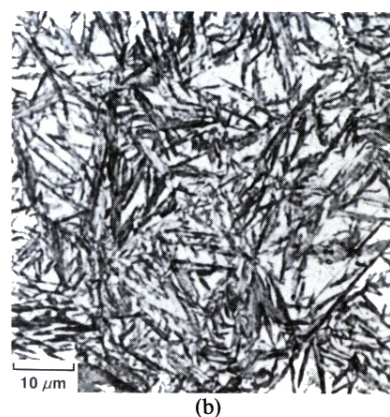
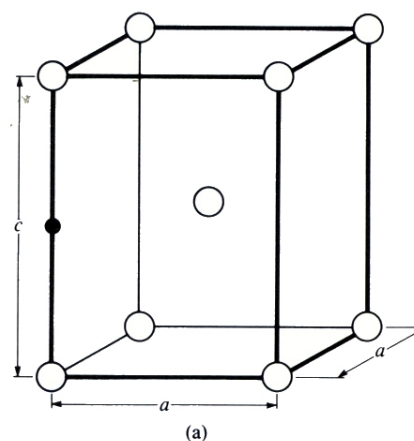
-Mactenxit có kiểu mạng chính phương tâm khối với hai thông số mạng là a và c . Tỷ số c/a gọi là độ chính phương. Thông thường tỷ số $c/a = 1,001 - 1,06$.

-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



Hình 4.- Cấu trúc mactenxit

a) Mô hình khối cơ sở (- C)

b) Ảnh tổ chức tế vi

lớn, do vậy có độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn. Hàm lượng các bon càng lớn độ cứng càng cao.

-Mác ten xít 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 mactenxít :

a-Chỉ xảy ra khi làm nguội nhanh và liên tục austenit với tốc độ lớn hơn hay bằng tốc độ nguội tối hạn. Chuyển biến mactenxít 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 mactenxít có mối quan hệ định hướng xác định sao cho các mặt và phương dày đặc của chúng song song với nhau.

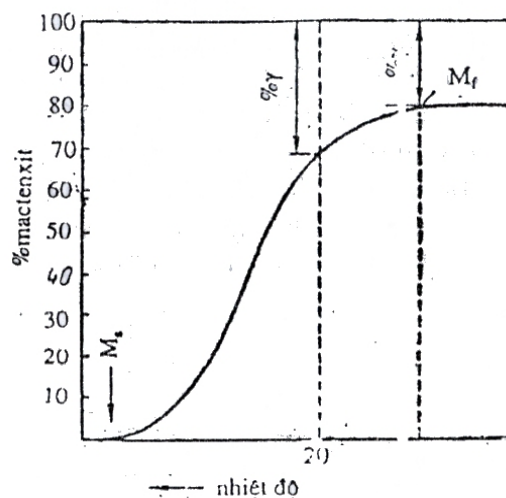
c-Là quá trình tạo ra không ngừng các tinh thể mới với tốc độ rất lớn ($1000 \div 7000\text{m/s}$).

d-Chuyển biến chỉ xảy ra trong một khoảng nhiệt độ nhất định từ nhiệt độ bắt đầu chuyển biến (M_s) đến nhiệt độ kết thúc (M_f). 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_f lượng mactenxít 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 thế khi chuyển biến austenit thành mactenxít thể tích sẽ tăng lên. Do vậy phần austenit chưa chuyển biến bị sức ép ngày một tăng, đến mức không thể chuyển biến được. Lượng austenit dư trong thép tôi phụ thuộc vào các yếu tố sau :

-Vị trí của điểm M_k : điểm M_k càng thấp hơn 20°C thì lượng austenit dư càng nhiều, đây là yếu tố quan trọng nhất. Các yếu tố làm giảm điểm M_k đều làm tăng lượng austenit dư trong thép sau khi tôi.

-Lượng các bon trong mactenxít càng nhiều thể tích riêng của nó càng lớn (do độ chính phương c/a càng lớn) nên lượng austenit dư càng nhiều.



Hình 4.14-Đường cong động học của chuyển biến mactenxít

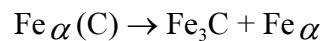
4.2.5. Chuyển biến xảy ra khi nung nóng thép đã tôi (khi ram).

1- Tính không ổn định của máctenxit và austenit :

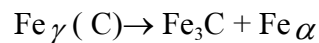
Sau khi tôi ta nhận được máctenxit và một lượng austenit dư nhất định, thép có độ cứng cao nhưng tính giòn lớn và tồn tại ứng suất dư bên trong, năng lượng tự do lớn. Trạng thái này không ổn định và chi tiết không thể làm việc được. Do đó phải cần một nguyên công tiếp theo để điều chỉnh lại cho phù hợp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



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

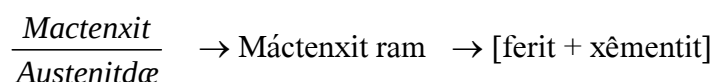


Ở nhiệt độ thường quá trình này diễn ra rất chậm, hầu như không nhận thấy được. Vì vậy ta phải nung nóng để thúc đẩy nhanh quá trình. Tuy nhiên hai pha này không chuyển



Hình 4.15 - Tổ chức tế vi của máctenxit và austenit dư

biến trực tiếp ra phe rit và xêmentit mà phải qua một sản phẩm trung gian là máctenxit ram như sau :



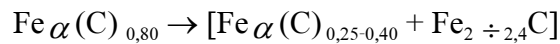
2- Các chuyển biến xảy ra khi ram :

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.

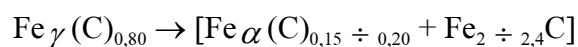
-Từ 80 ÷ 200°C : austenit dư chưa chuyển biến. Lúc này trong máctenxit có sự tập trung các bon lại và tiết ra dưới dạng các bít ε có công thức Fe_xC (x từ 2,0 ÷ 2,4) ở dạng tấm mỏng và rất phân tán. Lượng các bon trong mactenxit giảm từ 0,80% xuống còn 0,25% ÷ 0,40% và tỷ số c/a giảm đi. Các bít ε chưa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



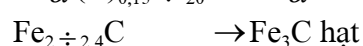
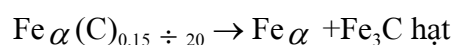
Hình 4.16 -Tổ chức tế vi của mactenxit ram

c-Giai đoạn III : (260 ÷ 400°C)

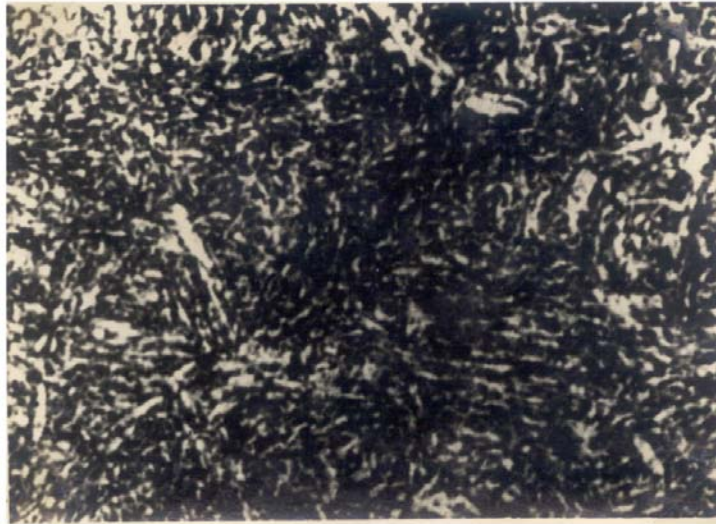
Trong giai đoạn này cả hai pha của máctenxit ram đều chuyển biến :

-Tất cả các bon quá bão hoà được tiết ra khỏi mactenxit 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 troxtit ram



Hình 4.17-Tổ chức tế vi của trôxtit ram

d-Giai đoạn IV : ($>400^{\circ}\text{C}$)

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 $500 \div 600^{\circ}\text{C}$ tổ chức là hỗn hợp pherit và xêmentit dạng hạt khá phân tán, vẫn chưa nhìn thấy được dưới kính hiển vi quang học, gọi là xoocbit ram



Hình 4.18- Tổ chức tế vi của xoocbit ram

Nếu tiếp tục nung lên gần A_1 (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.

4.3.Ủ VÀ THUỜNG HÓA THÉP :

4.3.1.Ủ thép :

1-Định nghĩa :

Ủ thép là phương pháp nung nóng thép đến nhiệt độ nhất định, giữ nhiệt và làm nguội chậm cùng lò để nhận được tổ chức ổn định (gần với tổ chức cân bằng) có độ bền độ cứng thấp nhất và độ dẻo cao.

2-Mục đích :

Ủ nhằm các mục đích sau đây :

- a-Giảm độ cứng của thép để dễ gia công cắt gọt.
- b-Làm tăng độ dẻo để dễ tiến hành biến dạng nguội.
- c-Làm giảm hay khử bỏ hoàn toàn ứng suất bên trong do gia công cắt và biến dạng.
- d-Làm đồng đều thành phần hóa học trên vật đúc bị thiên tích.
- e-Làm nhỏ hạt thép.

3-Các phương pháp ủ :

a-Ủ thấp (ủ non) :

Là phương pháp ủ tiến hành ở nhiệt độ từ $200 \div 600^{\circ}\text{C}$ với mục đích là giảm hay khử bỏ ứng suất bên trong ở vật đúc hay sản phẩm qua gia công cơ khí (cắt gọt, dập nguội). Nếu nhiệt độ ủ chỉ từ $200 \div 300^{\circ}\text{C}$ sẽ khử bỏ một phần ứng suất bên trong (làm giảm bớt), nếu từ $450 \div 600^{\circ}\text{C}$ thì sẽ khử bỏ hoàn toàn ứng suất bên trong.

Công dụng : dùng cho các vật đúc lớn như thân máy cắt gọt, xéc măng sau khi mài, lò xo sau khi uốn nguội...Phương pháp này không làm thay đổi độ cứng của thép. Đối với gang độ cứng có thể giảm một ít do quá trình graphít hóa.

b-Ủ kết tinh lại :

Là phương pháp ủ tiến hành ở nhiệt độ kết tinh lại (với thép các bon nhiệt độ ủ là $600 \div 700^{\circ}\text{C}$). Phương pháp này làm giảm độ cứng và làm thay đổi kích thước hạt.

Công dụng : dùng cho các thép qua biến dạng nguội, bị biến cứng để khôi phục lại cơ tính như trước khi biến dạng.

Ngày nay phương pháp này hầu như không sử dụng nữa vì dễ làm hạt lớn do kết tinh lại lần thứ hai. Để đạt được mục đích này ta dùng các phương pháp ủ có chuyển biến pha.

c-Ủ hoàn toàn :

Là phương pháp ủ nung nóng thép đến trạng thái hoàn toàn là austenit, ở nhiệt độ cao hơn A_{c3} . Nhiệt độ ủ tính theo công thức :

$$T_u = A_{c3} + (30 \div 50^{\circ}\text{C})$$

Mục đích của ủ hoàn toàn là :

- Làm nhỏ hạt thép : do nung cao hơn A_{c3} từ $30 \div 50^{\circ}\text{C}$ nên hạt austenit vẫn còn nhỏ, do đó khi làm nguội sẽ nhận được tổ chức pherit - péc lit có hạt nhỏ.
- Làm giảm độ cứng và tăng độ dẻo để dập nguội và cắt gọt.

Công dụng : dùng cho thép trước cùng tích với lượng các bon từ : $0,30 \div 0,65\%$. Sau khi ủ hoàn toàn ta nhận được tổ chức pherit - péc lit, trong đó péc lít ở dạng tấm.

d-Ủ không hoàn toàn :

Là phương pháp ủ nung nóng thép đến nhiệt độ cao hơn A_{c1} và nhỏ hơn A_{cm} tức là trạng không hoàn toàn là austenit. Nhiệt độ ủ tính theo công thức :

$$T_u = A_{c1} + (30 \div 50^{\circ}\text{C})$$

Tổ chức tạo thành sau khi ủ không hoàn toàn là peclit hạt chứ không phải là peclit tấm. Do nhiệt độ ủ thấp hơn Ac_{cm} nên austenit chưa đồng đều hóa thành phần hay còn một ít xementit của peclit chưa chuyển biến hết hay các phần tử xementit hai nên dễ dàng tạo ra peclit hạt.

Công dụng : dùng cho thép có hàm lượng các bon $\geq 0,70\%$ mà chủ yếu là thép sau cùng tích.

e-Ủ cầu hóa :

Đây là một dạng đặc biệt của ủ không hoàn toàn, nhiệt độ dao động một cách tuần hoàn quanh Ac_1 , nung nóng lên đến nhiệt độ $750 \div 760^\circ C$ giữ nhiệt khoảng năm phút, sau đó làm nguội xuống $650 \div 660^\circ C$ giữ nhiệt khoảng năm phút... Cứ lập đi lập lại như vậy nhiều lần tạo ra quá trình cầu hóa xementit nên nhận được hoàn toàn là peclit hạt. Số lượng chu trình phụ thuộc vào kích thước chi tiết và mức độ cầu hóa.

f-Ủ đẳng nhiệt :

Đối với thép hợp kim cao do austenit quá nguội có tính ổn định quá lớn nên làm nguội chậm cùng lò không nhận được tổ chức peclit đồng nhất mà có thể là peclit - xoocbit, xoocbit, xoocbit-trôstit... vì vậy độ cứng còn khá cao, không cắt gọt được. Lúc này ta dùng phương pháp ủ đẳng nhiệt. Sau khi giữ nhiệt xong làm nguội xuống thấp hơn Ac_1 khoảng $50^\circ C$ và tiến hành làm nguội đẳng nhiệt tại đó trong một thời gian nhất định (xác định theo giản đồ T-T-T của thép). Phương pháp này nhận được tổ chức peclit đồng nhất.

Công dụng : dùng cho thép hợp kim để rút ngắn thời gian ủ.

g-Ủ khuếch tán :

Là phương pháp ủ nung nóng thép đến nhiệt độ rất cao từ $1100 \div 1500^\circ C$ với thời gian giữ nhiệt rất dài từ $10 \div 15h$ để tăng khả năng khuếch tán làm đồng đều thành phần hóa học trong các vùng của hạt.

Công dụng : dùng cho vật đúc thép hợp kim cao bị thiên tích. Sau ủ khuếch tán hạt rất to nên phải tiến hành ủ thường hay cán nóng để làm nhỏ hạt thép.

4.3.2. Thường hóa :

Thường hóa là phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng thép đến trạng thái hoàn toàn là austenit giữ nhiệt và làm nguội ngoài không khí tĩnh.

Thông thường sau khi giữ nhiệt xong lấy chi tiết ra và làm nguội trên sàn xưởng. Tổ chức nhận được khi thường hóa tương tự như khi ủ nhưng độ cứng cao hơn một ít và hạt nhỏ mịn hơn do tốc độ nguội lớn hơn.

$$T_{\text{thường hóa}} = Ac_3 \text{ hay } Ac_{cm} + (30 \div 50^\circ C)$$

Công dụng : Do tổ chức nhận được gần với trạng thái cân bằng nên thường hóa có công dụng tương tự như ủ, tuy nhiên nó cũng có một số điểm khác :

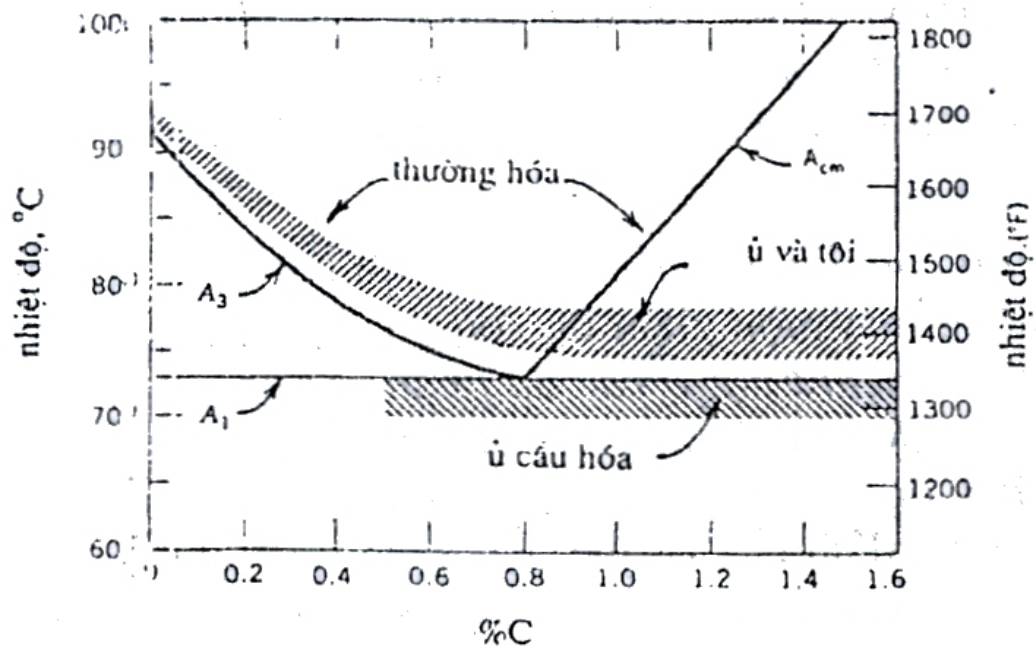
-Đạt được độ cứng thích hợp để gia công cắt cho thép các bon thấp $\leq 0,25\%C$. Với thép này nếu ủ độ cứng quá thấp phôi sẽ rất dễ khó gãy, khó cắt gọt.

-Làm nhỏ xementit chuẩn bị cho nhiệt luyện kết thúc. Khi thường hóa sẽ tạo ra tổ chức peclit phân tán hay xoocbit trong đó kích thước của xementit nhỏ mịn nên khi nung nóng nhận được austenit nhỏ mịn. Mục đích này thường áp dụng khi tôi.

-Phá lưới xêmentit hai của thép sau cùng tích. Trong thép sau cùng tích xêmentit hai thường ở dạng lưới rất cứng và giòn. Vì vậy khi gia công cắt gọt khó nhận được bề mặt nhẵn bóng cao. Khi thường hóa do làm nguội nhanh hơn ủ nên xêmentit không kịp tiết ra ở dạng lưới nữa.

4.4.TÔI THÉP :

Trong tất cả các nguyên công nhiệt luyện tôi thép là phương pháp quan trọng nhất vì nó tạo ra cho chi tiết độ bền, độ cứng và tính chống mài mòn cao nhất



Hình 4.19 -Khoảng nhiệt độ ủ, thường hoá và tôi cho thép cacbon

4.4.1.Định nghĩa và mục đích

1-Định nghĩa :

Tôi thép là phương pháp nhiệt luyện gồm có : nung nóng thép đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tối hạn ($>A_{c1}$) làm xuất hiện tổ chức austenit, giữ nhiệt rồi làm nguội nhanh lớn hơn tốc độ nguội tối hạn để nhận được tổ chức không cân bằng có độ cứng cao.

2-Mục đích :

- a-Nâng cao độ cứng và tính chống mài mòn cho chi tiết (sau khi đã tiến hành ram)
- b-Nâng cao độ bền và khả năng chịu tải cho chi tiết máy.

4.4.2.Phương pháp chọn nhiệt độ tôi thép :

1-Đối với thép trước cùng tích :

$$T_{\text{tôi}} = A_{c3} + (30 \div 50^{\circ}\text{C})$$

Với nhiệt độ tôi như trên ta nhận được tổ chức ở nhiệt độ nung là austenit đồng nhất, sau khi tôi là máctenxit và austenit dư. Do vậy độ cứng của thép đạt được giá trị cao nhất.

Nếu chọn nhiệt độ tôi thấp hơn A_{c3} thì tại nhiệt độ nung ta nhận được tổ chức là austenit và pherit vẫn còn, chưa hòa tan hết. Do vậy sau khi tôi ta nhận được máctenxit + austenit dư + pherit. Pherit là một pha mềm làm cho độ cứng của thép bị giảm đi và tạo ra các điểm mềm làm xấu cơ tính của nó.

2-Đối với thép sau cùng tích :

$$T_{\text{tôi}} = A_{c1} + (30 \div 50^{\circ}\text{C})$$

Với nhiệt độ như trên tại nhiệt độ nung tổ chức của thép là austenit và một lượng xêmentit hai. Sau khi tôi ta được máctenxit + austenit dư + xêmentit hai, trong đó xêmentit hai là pha có độ cứng cao làm tăng mạnh tính chống mài mòn cho thép.

Nếu nung cao hơn $A_{c_{cm}}$ tại nhiệt độ nung ta có austenit đồng nhất, vì vậy sau khi tôi nhận được máctenxit + austenit dư khá nhiều. Như vậy làm mất tính chống mài mòn cao của xêmentit hai. Mặt khác khi nung cao như vậy dễ bị thoát các bon trên lớp bề mặt, lượng các bon hòa tan vào austenit quá lớn làm tăng thể tích riêng của máctenxit do vậy sẽ tạo ra austenit dư nhiều hơn làm xấu cơ tính.

3-Đối với thép cùng tích :

Dùng công thức nào cũng được vì A_{c1} , A_{c3} và $A_{c_{cm}}$ trùng nhau tại S trên giản đồ pha Fe-C.

4-Đối với thép hợp kim :

Với thép hợp kim thấp nhiệt độ tôi không sai khác nhiều so với thép các bon, thông thường cao hơn từ $10 \div 20^{\circ}\text{C}$ (trừ trường hợp thép chứa mangan, niken).

Với thép hợp kim trung bình và cao nhiệt độ tôi sai khác nhiều hơn so với thép các bon, do vậy phải tra cứu trong các sổ tay về nhiệt luyện.

4.4.3.Tốc độ tôi tối hạn và độ thấm tôi :

1-Tốc độ tôi tối hạn :

a-Định nghĩa :

Tốc độ tôi tối hạn là tốc độ nguội nhỏ nhất cần thiết để nhận được chuyển biến máctenxit khi tôi.

Ta có thể tính gần đúng nhiệt độ này dựa vào giản đồ T-T-T theo công thức sau :

$$V_{\text{th}} = \frac{(A_1 - T_m^0)}{\tau_m} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$$

Trong đó : $-A_1$ là nhiệt độ tối hạn dưới (A_{r1}), $^{\circ}\text{C}$

$-T_m^0$, τ_m là nhiệt độ và thời gian ứng với austenit quá nguội kém ổn định nhất.

Tốc độ tôi tối hạn của thép càng nhỏ càng dễ tôi vì làm nguội không nhanh lắm cũng nhận được máctenxit do đó tạo được độ cứng cao, biến dạng ít và không bị nứt.

b-Các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ tôi tối hạn :

Mọi yếu tố làm tăng hay giảm tính ổn định của austenit quá nguội đều ảnh hưởng đến tốc độ tôi tối hạn. Gồm có các yếu tố sau :

-Thành phần hợp kim của austenit : Đây là yếu tố quan trọng nhất, austenit càng giàu các nguyên tố hợp kim (trừ coban) đều làm giảm tốc độ tôi tối hạn.

-Sự đồng nhất của austenit : Austenit càng đồng nhất thì càng dễ biến thành máctenxit vì cùng là dung dịch rắn, nên làm giảm tốc độ tôi tối hạn. Nếu austenit càng không đồng nhất thì tại vùng giàu các bon dễ tạo ra xêmentit hay cácbit, những vùng nghèo các bon dễ biến thành pherit. Để nâng cao tính đồng nhất của austenit ta nâng cao nhiệt độ nung để giúp cho sự hòa tan và làm đồng đều hóa các bon dễ dàng hơn.

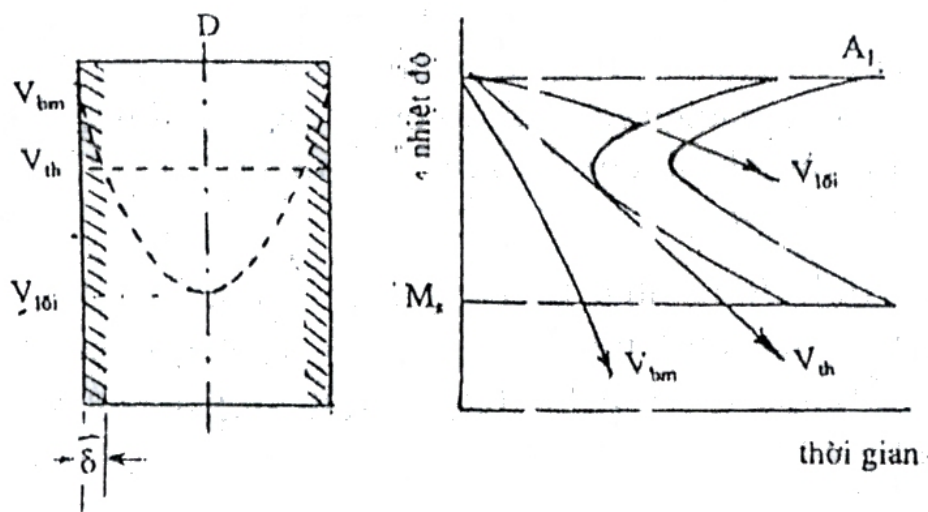
-Các phần tử rắn chưa tan hết vào austenit sẽ thúc đẩy quá trình tạo ra pherit - các bit do vậy làm tăng tốc độ tôi tới hạn.

-Kích thước hạt austenit càng lớn biên giới hạt càng ít, do vậy khó tạo thành hỗn hợp pherit - các bit làm giảm tốc độ tôi tới hạn.

2-Độ thấm tôi :

a-Định nghĩa : Độ thấm tôi là chiều dày của lớp được tôi cứng có tổ chức mactenxit (trong thực tế là lớp có tổ chức nửa mactenxit nghĩa là mactenxit và trôstit).

Xét một chi tiết có dạng hình trụ, đường kính D khi làm nguội trong quá trình tôi tốc độ nguội ở bề mặt bao giờ cũng cao hơn trong lõi nên đường cong nguội có dạng một parabol. Vì vậy chỉ lớp bề mặt với chiều dày δ có tốc độ nguội $\geq V_{th}$ mới có tổ chức máctenxit và độ cứng cao. Đó chính là độ thấm tôi.



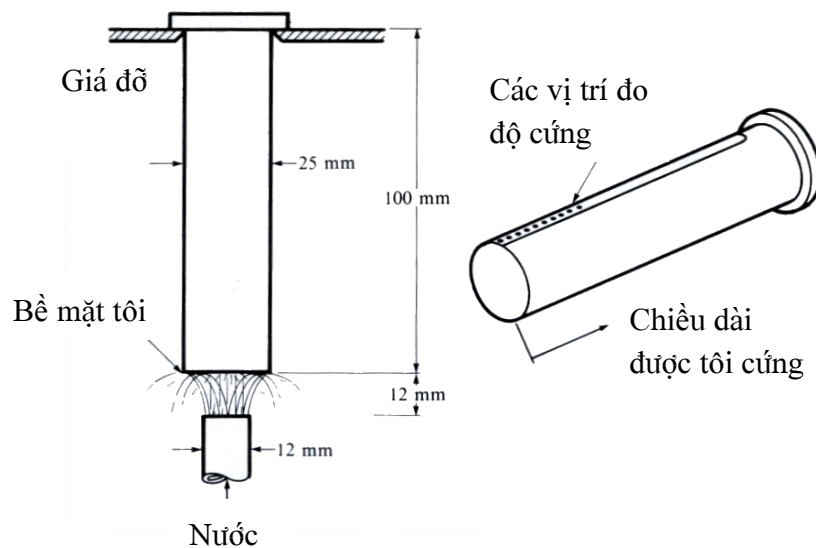
Hình 4.20 -Sơ đồ giải thích độ thấm tôi

b-Các yếu tố ảnh hưởng :

-Yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến độ thấm tôi là tốc độ tôi tới hạn, tốc độ tôi tới hạn càng nhỏ độ thấm tôi càng cao. Nếu thép có tốc độ nguội trong lõi $\geq V_{th}$ thì toàn bộ tiết diện chi tiết được tôi và gọi là tôi thấu. Nếu tốc độ nguội ở bề mặt đã nhỏ hơn V_{th} thì chi tiết không được tôi. Mọi yếu tố làm giảm tốc độ tôi tới hạn đều làm tăng độ thấm tôi.

-Tốc độ nguội càng tăng thì độ thấm tôi cũng tăng lên theo. Tuy nhiên không dùng biện pháp này vì dễ gây nứt, biến dạng...

c-Ý nghĩa của độ thấm tôi : Thép có độ thấm tôi càng cao được coi là càng tốt, bởi vì lớp tôi cứng dày sức chịu tải của chi tiết tăng lên khá nhiều. Xác định độ thấm tôi bằng phương pháp tôi dầu mút.



Hình 4.21- Thí nghiệm tôi dầu mút (xác định độ thấm tôi).

4.4.4. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng :

1-Môi trường tôi :

Môi trường làm nguội thép khi tôi gọi là môi trường tôi.

a-Yêu cầu của môi trường tôi :

-Phải có tốc độ làm nguội lớn hơn V_{th} của thép cần tôi và không làm nứt hay biến dạng chi tiết. Do đó tốc độ làm nguội của nó như sau :

*Làm nguội nhanh thép trong khoảng austenit kém ổn định nhất (khoảng $500 \div 600^{\circ}\text{C}$) để không kịp phân hóa thành hỗn hợp pherit - xêmentit.

*Làm nguội chậm ngoài khoảng nhiệt độ trên để tránh ứng suất nhiệt và ứng suất tổ chức gây ra biến dạng, nứt vỡ. Đặc biệt là ở vùng nhiệt độ chuyển biến mactenxit vì ứng suất nhiệt và ứng suất tổ chức cùng lớn.

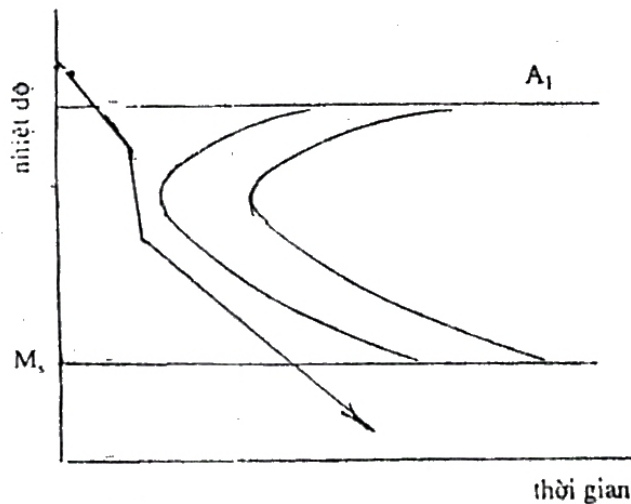
Trong thực tế không môi trường tôi nào thỏa mãn yêu cầu nêu trên.

-Có độ linh động cao, dẫn nhiệt tốt, tính bám dính vào bề mặt lớn và rẻ tiền.

b-Các môi trường tôi thường dùng :

-Nước : là môi trường tôi mạnh, an toàn, dễ kiểm và rẻ tiền. Nước ở nhiệt độ $20 \div 30^{\circ}$ làm nguội thép khá nhanh ở cả hai khoảng nhiệt độ nói trên, tạo ra độ cứng cao nhưng dễ gây ra nứt và biến dạng. Khi tôi nước nóng lên và tốc độ nguội nhanh chóng bị giảm đi. Do vậy không để nước nóng quá $40 \div 50^{\circ}\text{C}$ bằng cách cho nước lạnh vào và tháo nước nóng ra. Công dụng : để tôi thép các bon có hình dáng đơn giản.

-Dung dịch xút, muối hóa học : nồng độ khoảng $5 \div 10\%$ là môi trường tôi mạnh nhất, tốc độ nguội có thể đạt 1200°C/s do có các ion điện ly dẫn nhiệt lớn. Mặt khác nó không gây ra nứt ở khoảng nhiệt độ chuyển biến mactenxit như nước. Do vậy được dùng để tôi các loại thép các bon dụng cụ yêu cầu độ cứng cao (có tốc độ tôi tới hạn lớn)



Hình 4.22-Đường cong nguội lý tưởng

-Dầu lynn : làm nguội chậm thép ở hai khoảng nhiệt độ trên nên ít gây ra biến dạng và nứt nhưng tốc độ nguội chậm không dùng được cho thép có tốc độ tôi tới hạn lớn. Khi nóng lên tốc độ nguội của dầu không bị giảm nhiều, do vậy thường tôi trong dầu nóng khoảng $60 \div 80^{\circ}\text{C}$ vì có tính linh động cao. Nhược điểm của dầu là khi tôi dễ bị cháy và giá thành cao. Do vậy phải làm nguội dầu trong quá trình tôi. Dầu là môi trường tôi cho thép hợp kim và các chi tiết hình dáng phức tạp.

-Dung dịch chất dẻo (polyme) : loại môi trường này có thể thay đổi tốc độ làm nguội bằng cách thay đổi nồng độ của nó. Nó làm giảm mạnh tốc độ nguội ở vùng nhiệt độ thấp nên giảm được nứt và cong vênh.

Ngoài ra có thể dùng khí nén, tấm thép, tấm đồng làm môi trường tôi. Loại này có V_{th} nhỏ cỡ vài chục $^{\circ}\text{C/s}$ để tôi các thép hợp kim.

2-Các phương pháp tôi thể tích và công dụng :

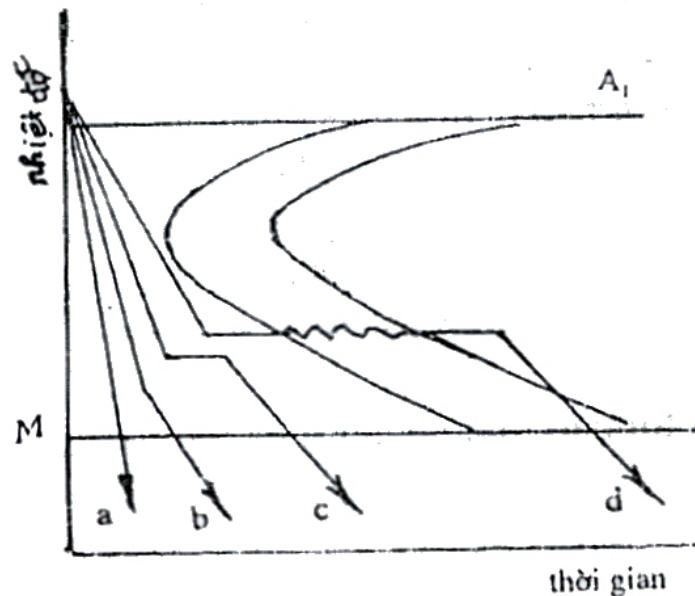
a-Tôi trong một môi trường (đường a) :

Sau khi nung nóng và giữ nhiệt xong chi tiết được nhúng vào môi trường tôi cho đến khi nguội hẳn. Đây là phương pháp tôi quan trọng nhất, được sử dụng rộng rãi nhất. Tôi trong một môi trường dễ cơ khí hóa và tự động hóa, giảm nhẹ điều kiện lao động.

b-Tôi trong hai môi trường (đường b) :

Sau khi nung nóng và giữ nhiệt xong chi tiết được nhúng vào môi trường tôi thứ nhất có tốc độ nguội lớn (nước, dung dịch xút hay muối), đến khoảng nhiệt độ gần xảy ra chuyển biến máctenxit (khoảng $300 \div 400^{\circ}\text{C}$) thì nhấc ra chuyển sang môi trường tôi thứ hai có tốc độ nguội chậm hơn (dầu hay không khí) cho đến khi nguội hẳn. Phương pháp này làm cho thép có độ cứng cao nhưng ít gây ra biến dạng và nứt.

Nhược điểm của phương pháp này là khó xác định thời điểm chuyển môi trường tôi, yêu cầu công nhân có tay nghề cao. Nếu chuyển sớm quá thì phần lớn thời gian thép được làm nguội trong môi trường tôi yếu có độ cứng thấp. Nếu chuyển muộn quá thì chuyển biến máctenxit sẽ xảy ra trong môi trường tôi mạnh dễ gây nứt và biến dạng.



Hình 4.23-Phương thức làm nguội khi tôi thép

- a) Tôi trong một môi trường b) Tôi trong hai môi trường
c) Tôi phân cấp d) Tôi đẳng nhiệt

Theo kinh nghiệm thì thời gian giữ trong môi trường tôi mạnh từ 2 ÷ 3 giây cho 10 mm chiều dày hay đường kính.

Công dụng của tôi trong hai môi trường là : dùng cho thép các bon cao, yêu cầu độ cứng lớn nhưng không đều ở các lần tôi khác nhau.

c-Tôi phân cấp (đường c) :

Phương pháp này khắc phục được khó khăn về xác định thời điểm chuyển môi trường của tôi hai môi trường. Chi tiết được nhúng vào môi trường muối nóng chảy có nhiệt độ cao hơn điểm M_s khoảng từ 50 ÷ 100°C và chi tiết bị nguội đến nhiệt độ này và giữ tại đó cho đến khi nhiệt độ đồng đều trên toàn bộ tiết diện chi tiết. Sau đó nhấc ra ngoài không khí để chuyển biến mactenxit xảy ra.

Phương pháp này có ưu điểm là chi tiết có độ cứng cao nhưng ứng suất bên trong rất nhỏ, độ biến dạng thấp nhất. Mặc khác có thể tiến hành nén ép, sửa chữa nếu bị cong vênh vì austenit quá nguội còn khá dẻo.

Công dụng : dùng cho các thép có tốc độ tôi tới hạn nhỏ (các loại thép hợp kim) và tiết diện nhỏ như : mũi khoan, dao phay.

Ba phương tôi trên đều nhận được tổ chức mactenxit.

d-Tôi đẳng nhiệt (đường d) :

Phương pháp này chỉ khác tôi phân cấp ở chỗ giữ đẳng nhiệt lâu hơn trong muối nóng chảy (có thể đến hàng giờ) để austenit quá nguội phân hóa hoàn toàn thành hỗn hợp phe rit và xementit nhỏ mịn có độ cứng cao, độ dai tốt. Tùy theo nhiệt độ giữ đẳng nhiệt ta sẽ nhận được các tổ chức khác nhau : giữ tại 250 ÷ 400°C nhận được bainit, tại 500 ÷ 600°C được trostit. Sau khi tôi đẳng nhiệt không cần ram nữa.

Tôi đẳng nhiệt có đầy đủ các ưu và nhược điểm của tôi phân cấp chỉ khác là độ cứng thấp hơn và độ dai cao hơn. Trong thực tế ít dùng phương pháp tôi này vì năng suất thấp.

Công dụng : sử dụng cho một số dụng cụ có yêu cầu cao về độ biến dạng cho phép nhưng độ cứng không cần cao lắm và gang cầu.

e-Tôi tự ram :

Với một số loại chi tiết chỉ cần độ cứng cao ở phần làm việc ta dùng phương pháp tôi tự ram. Nung nóng chi tiết đến nhiệt độ tôi, nhúng phần cần tôi cứng vào môi trường tôi để có chuyển biến mactenxit. Sau đó lấy ra ngoài không khí để nhiệt sẽ truyền từ phần không tôi sang ram phần vừa được tôi cứng. Như vậy không cần phải tiến hành ram tiếp theo nữa.

Công dụng : dùng cho các loại đục thép (mũi ve), tôi cảm ứng các chi tiết lớn (băng máy, các trục dài..)

3-Gia công lạnh :

Với nhiều thép dụng cụ hợp kim do lượng các bon cao và được hợp kim hóa nên các điểm M_d và M_k quá thấp (M_k thường ở nhiệt độ âm). Vì vậy khi làm nguội đến nhiệt độ thường chưa kết thúc chuyển biến mactenxit nên lượng austenit dư còn nhiều làm cho độ cứng không cao. Do đó sau khi tôi xong ngay lập tức cho thép vào môi trường có nhiệt độ âm để austenit tiếp tục chuyển biến thành mactenxit. Quá trình này gọi là gia công lạnh, thực chất là phương pháp tiếp tục làm nguội sau khi tôi. Nhiệt độ gia công lạnh xác định theo điểm M_k (thường từ -50 đến -70°C). Gia công lạnh phải tiến hành ngay sau khi tôi thường, nếu không austenit quá nguội sẽ bị ổn định hóa không chuyển biến được nữa.

Công dụng : -Dùng để ổn định kích thước chi tiết : dụng cụ đo.

-Các chi tiết cần độ cứng cao : ổ lăn, vòi phun bơm cao áp, dụng cụ cắt gọt kim loại.

-Tăng từ tính cho nam châm vĩnh cửu.

4.4.5.Cơ nhiệt luyện thép :

1-Khái niệm :

Cơ nhiệt luyện là quá trình tiến hành gần như đồng thời hai quá trình hóa bền : biến dạng dẻo austenit và tôi ngay tiếp theo trong một nguyên công duy nhất. Sau đó mang ram thấp ở nhiệt độ từ $150 \div 200^{\circ}\text{C}$. Kết quả là nhận được mactenxit nhỏ mịn với xô lệch cao nên có sự kết hợp rất cao giữa độ bền, độ dẻo và độ dai mà chưa có phương pháp hóa bền nào sánh kịp (so với tôi và ram thấp sau khi tiến hành cơ nhiệt luyện độ bền kéo tăng lên $10 \div 20\%$, độ dẻo, độ dai tăng từ $1,5 \div 2$ lần). Theo nhiệt độ tiến hành biến dạng dẻo ta chia ra hai loại : cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao và cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp.

2-Cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao :

Tiến hành biến dạng dẻo thép ở nhiệt độ cao hơn A_{c3} , sau đó tôi ngay để ngăn cản quá trình kết tinh lại xảy ra (tuy nhiên không thể tránh được hoàn toàn). Sau khi tôi tiến hành ram thấp. Đặc điểm cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao :

-Có thể áp dụng cho mọi loại thép, kể cả thép các bon.

-Dễ tiến hành vì ở nhiệt độ cao austenit dẻo, ổn định, không cần lực ép lớn, độ biến dạng $\varepsilon = 20 \div 30\%$.

-Đạt được độ bền khá cao $\sigma_b = 2200 \div 2400\text{MPa}$, độ dẻo độ dai tương đối tốt $\delta = 6 \div 8\%$, $a_k = 300\text{KJ/m}^2$.

3-Cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp :

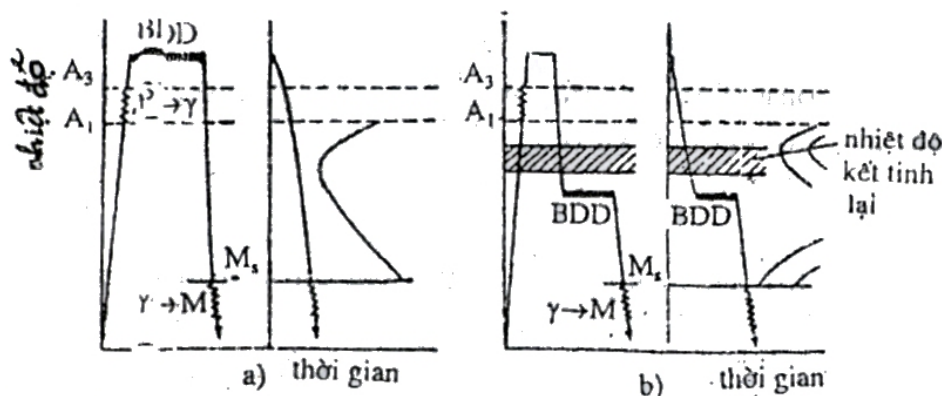
Sau khi nung đến cao hơn A_{c3} đạt được austenit đồng nhất làm nguội nhanh xuống $400 \div 600^\circ\text{C}$. Tại nhiệt độ này tính ổn định của austenit quá nguội khá cao nhưng nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại, tiến hành biến dạng dẻo, tôi ngay và ram thấp. Đặc điểm cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp :

-Chỉ áp dụng được cho thép hợp kim vì austenit quá nguội có tính ổn định lớn.

-Khó tiến hành vì cần độ biến dạng lớn $\varepsilon = 50 \div 90\%$ nhưng ở nhiệt độ thấp austenit kém dẻo dai nên phải dùng các máy cán lớn, phôi thép phải có tiết diện tương đối nhỏ để kịp nguội nhanh xuống $400 \div 600^\circ\text{C}$.

-Đạt được độ bền rất cao $\sigma_b = 2600 \div 2800\text{MPa}$ nhưng độ dẻo độ dai thấp hơn cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao, $\delta = 3\%$, $a_k = 200\text{KJ/m}^2$.

Các phương pháp cơ nhiệt luyện tạo ra cơ tính cao và nó giữ được khi tôi tiếp sau đó.



Hình 4.24-Sơ đồ cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao (a) và cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp (b)

4.5.RAM THÉP

4.5.1. Định nghĩa và mục đích :

1-Định nghĩa :

Ram là thao phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng thép đã tôi đến nhiệt độ thấp hơn A_{c1} , giữ nhiệt và làm nguội để biến tổ chức sau khi tôi thành các tổ chức có tính chất phù hợp với điều kiện làm việc quy định.

Ram là nguyên công bắt buộc đối với thép sau khi tôi thành mactenxit.

2-Mục đích :

-Giảm hay khử bỏ ứng suất bên trong.

-Điều chỉnh cơ tính cho phù hợp với điều kiện làm việc cụ thể của chi tiết và dụng cụ.

4.5.2. Các phương pháp ram:

Dựa vào nhiệt độ ram người ta chia ra ba phương pháp ram : ram thấp, ram trung bình và ram cao.

1-Ram thấp ($150 \div 250^{\circ}\text{C}$) :

Nhiệt độ ram từ $150 \div 250^{\circ}\text{C}$ tổ chức nhận được là ma-ten-xít ram có độ cứng không kém sau khi tôi và tính chống mài mòn lớn. Phương pháp này làm giảm đáng kể ứng suất bên trong.

Công dụng : dùng cho các sản phẩm cần độ cứng và tính chống mài mòn cao nhất khi làm việc như : các loại dao cắt gọt kim loại, khuôn dập nguội, bánh răng, chi tiết thấm các bon, ổ lăn, chốt và các chi tiết sau khi tôi bề mặt.

2-Ram trung bình ($300 \div 450^{\circ}\text{C}$) :

Nhiệt độ ram từ $300 \div 450^{\circ}\text{C}$, tổ chức nhận được là tro-stit ram có độ cứng tương đối cao, giới hạn đàn hồi cao nhất, khử bỏ hoàn toàn ứng suất bên trong, độ dẻo độ dai tăng mạnh.

Công dụng : dùng cho các chi tiết cần độ cứng tương đối cao và tính đàn hồi lớn như : khuôn dập nóng, khuôn rèn, lò xo, nhíp ...

3-Ram cao ($500 \div 650^{\circ}\text{C}$) :

Nhiệt độ ram từ $500 \div 650^{\circ}\text{C}$, tổ chức nhận được là xooc-bit ram có cơ tính tổng hợp cao (có sự kết hợp tốt nhất giữa các chỉ tiêu cơ tính như độ bền, độ dẻo và độ dai).

Công dụng : dùng cho các chi tiết máy cần giới hạn bền, đặc biệt là giới hạn chảy và độ dai cao như các loại trục, bánh răng, tay biên và các sản phẩm cần phải tôi bề mặt tiếp theo.

Tôi và ram cao gọi là nhiệt luyện hóa tốt (thực tế còn gọi là điều chất, tôi cải tiến, tôi cải thiện, làm tốt...)

Phân loại các phương pháp ram này chỉ đúng cho thép các bon và thời gian giữ nhiệt thường lấy 1 giờ. Đối với thép hợp kim nhiệt độ ram cao hơn, phải tra trong sổ tay nhiệt luyện.

4.6. CÁC DẠNG HỎNG XẢY RA KHI NHIỆT LUYỆN THÉP :

Nhiệt luyện (đặc biệt là tôi và ram) là nguyên công gần như cuối cùng của việc chế tạo sản phẩm của ngành cơ khí, do vậy bất cứ sự sai hỏng nào của nó cũng dẫn tới sự lãng phí vật liệu và công sức của các công đoạn gia công trước đó. Vì vậy ta phải tìm hiểu kỹ lưỡng các dạng hỏng thường gặp, nguyên nhân và biện pháp khắc phục, phòng tránh chúng.

4.6.1. Biến dạng và nứt :

1-Nguyên nhân :

Nguyên nhân gây ra biến dạng và nứt là do ứng suất bên trong (ứng suất nhiệt và ứng suất tổ chức) chủ yếu do làm nguội nhanh khi tôi. Lúc này cả hai loại ứng suất trên đều lớn.

Nếu ứng suất bên trong lớn hơn giới hạn chảy sẽ gây ra biến dạng, cong vênh. Nói chung không thể tránh được biến dạng khi nhiệt luyện, vấn đề là khống chế trong giới hạn cho phép. Nếu ứng suất vượt quá giới hạn bền sẽ gây nứt, đây là dạng hỏng không sửa chữa được và chi tiết phải bỏ đi.

2-Khắc phục :

Để khắc phục dạng hỏng này phải tìm cách giảm ứng suất bên trong khi nhiệt luyện. Có các biện pháp sau đây :

-Nung nóng và đặc biệt là làm nguội với tốc độ hợp lý, đây là biện pháp cơ bản nhất.

-Nhúng chi tiết vào môi trường tôi phải đúng quy luật :

- +Chi tiết nhỏ và dài phải nhúng vuông góc mà không được nhúng xiên.
- +Chi tiết có phần dày mỏng khác nhau phải nhúng phần dày xuống trước.
- +Chi tiết phẳng và mỏng phải nhúng thẳng đứng không được nhúng ngang.
- +Chi tiết có phần lõm phải ngửa phần này lên khi tôi

-Các trục dài khi nung nóng phải treo thẳng đứng.

-Với các chi tiết mỏng và nhỏ phải tôi trong khuôn ép.

-Có gắng sử dụng tôi phân cấp, hạ nhiệt trước khi tôi nếu có thể được.

4.6.2.Ô xy hóa và thoát các bon :

Ô xy hóa là hiện tượng ở nhiệt độ cao ô xy tác dụng với sắt tạo ra các vảy ô xyt, làm thiếu hụt kích thước chi tiết.Thoát các bon là hiện tượng các bon trên lớp bề mặt bị cháy hao đi khi nung làm xấu bề mặt, giảm cơ tính.

1-Nguyên nhân :

Do trong môi trường nung có chứa các chất gây ô xy hóa như ô xy, các bô níc và hơi nước...Thoát các bon dễ dàng xảy ra hơn so với ô xy hóa. Khi bị ô xy hóa thường kèm theo thoát các bon.

2-Khắc phục :

Để khắc phục dạng hỏng này tốt nhất là nung nóng trong khí quyển không có các thành phần nói trên. Ta sử dụng các biện pháp sau :

-Dùng khí quyển bảo vệ : là loại khí được điều chế từ khí đốt thiên nhiên trong đó có các thành phần khí đối lập nhau (ô xy hóa / hoàn nguyên) như : CO_2/CO , $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$, H_2/CH_4 với tỷ lệ xác định dẫn tới trung hòa nhau và bảo vệ tốt bề mặt thép.

-Dùng khí quyển trung tính : ni tơ tinh khiết hay khí trơ argông...Tốt nhất là dùng khí trơ argông nhưng có nhược điểm là giá thành cao.

-Nung trong môi trường chân không : có áp suất $10^{-2} - 10^{-4}$ mm Hg, được sử dụng khá rộng rãi vì giá thành không cao lắm.

-Nhúng chi tiết vào hàn the ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) trước khi nung.

-Rải than hoa (than gỗ) trên đáy lò hay phủ kín chiết bằng than hoa.

-Nếu dùng lò muối thì phải khử ô xy triệt để bằng than, hàn the hay ferô silic.

4.6.3.Độ cứng không đạt :

Là hiện tượng độ cứng có giá trị không đúng theo yêu cầu nhiệt luyện đã đặt ra, có thể cao hơn hay thấp hơn quy định.

1-Độ cứng cao :

Sau khi nhiệt luyện xong độ cứng có giá trị cao hơn yêu cầu, thường xảy ra khi ủ và thường hóa thép hợp kim gây khó khăn cho gia công cắt gọt.

Nguyên nhân : do tốc độ nguội quá lớn. Khắc phục : tiến hành nhiệt luyện lại với tốc độ nguội chậm hơn hay mang ủ đẳng nhiệt.

2-Độ cứng thấp :

Thường xảy ra khi tôi độ cứng có giá trị thấp hơn quy định mà nó phải có với thành phần các bon tương ứng.

Có thể do các nguyên nhân sau đây :

-Thiếu nhiệt : nhiệt độ nung chưa đủ, hay thời gian giữ nhiệt ngắn. Khắc phục bằng cách thường hóa rồi tôi lại với nhiệt độ và thời gian đúng

-Làm nguội không đủ nhanh. Khắc phục : thường hóa và tôi lại với tốc độ nguội nhanh hơn.

-Thoát các bon ở bề mặt, có thể tiến hành thấm các bon lại.

-Nhầm thép, đổi lại cho đúng mác thép quy định.

Tuy nhiên việc khắc phục bằng thường hoá và tôi lại sẽ làm tăng biến dạng và chất lượng sản phẩm sẽ giảm đi.

4.6.4.Tính dòn cao :

Là hiện tượng sau khi tôi thép có tính dòn quá mức trong khi độ cứng vẫn ở giá trị cao bình thường.

Nguyên nhân là do nhiệt độ nung tôi quá cao và thời gian giữ nhiệt quá dài làm cho hạt thép bị lớn. Khắc phục bằng cách thường hóa rồi tôi lại với nhiệt độ và thời gian đúng. Tuy nhiên sẽ làm tăng biến dạng cho sản phẩm.

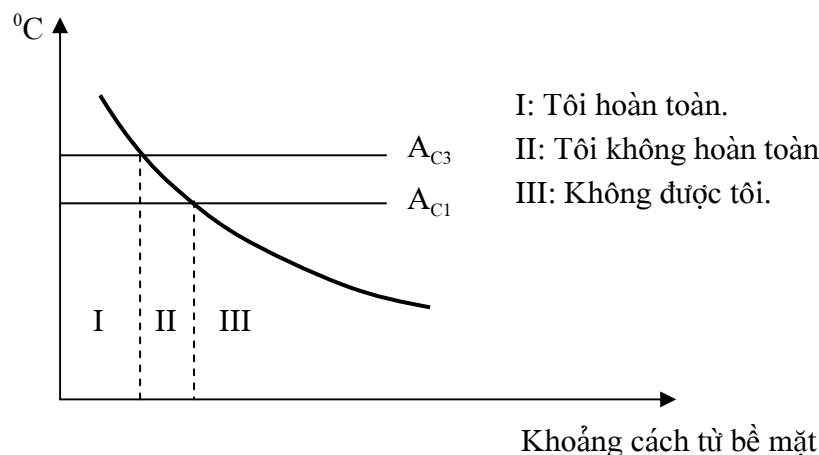
CHƯƠNG 5 : CÁC PHƯƠNG PHÁP HÓA BỀN BỀ MẶT

Bề mặt chi tiết máy là bộ phận có yêu cầu cao nhất và quan trọng nhất vì chúng chịu tác dụng của ứng suất lớn nhất, chịu mài mòn khi tiếp xúc do ma sát, bị ăn mòn trong môi trường làm việc. Vì vậy việc hóa bền bề mặt chi tiết là yêu cầu không thể thiếu được đối với sản phẩm. Có nhiều phương pháp hóa bền bề mặt như : biến dạng dẻo bề mặt gây ra biến cứng, tôi bề mặt và hóa nhiệt luyện.

5.1.TÔI BỀ MẶT :

5.1.1.Nguyên lý chung :

Bằng cách nào đó nung nóng thật nhanh lớp bề mặt với chiều dày xác định lên nhiệt độ tôi, trong khi phần lớn tiết diện sản phẩm không được nung, nên khi tôi chỉ có lớp bề mặt này được tôi cứng. Các phương pháp nung nóng bề mặt gồm có : nung nóng bằng dòng điện cảm ứng có tần số cao, nung nóng bằng ngọn lửa ô xy - axêtylen, nung nóng trong chất điện phân, nung nóng bằng tiếp xúc ...Trong đó thường dùng nhất là hai phương pháp đầu.



Hình 5.1- Sự phân bố nhiệt độ từ bề mặt vào lõi

5.1.2.Tôi bề mặt bằng dòng điện cảm ứng có tần số cao (tôi cao tần, tôi cảm ứng) :

1-Nguyên lý :

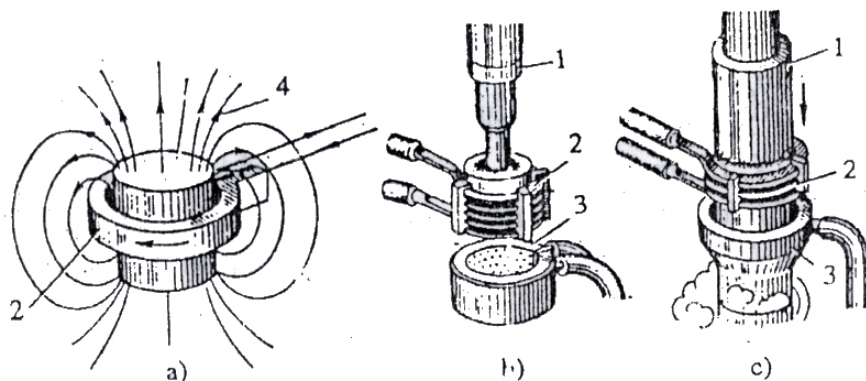
Nguyên lý của nung nóng là dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ : cho dòng điện xoay chiều có tần số f chạy trong dây dẫn (gọi là vòng cảm ứng) sẽ sinh ra trong không gian xung quanh một từ trường biến thiên có cùng tần số. Đặt chi tiết thép trong từ trường này sẽ sinh ra trên bề mặt (với chiều sâu xác định) một dòng điện cảm ứng (dòng fucô) nhanh chóng nung nóng bề mặt lên nhiệt độ tôi theo hiệu ứng Jun - Lenxơ. Mật độ dòng điện của dòng xoay chiều chủ yếu phân bố trên bề mặt với chiều sâu tỷ lệ nghịch với tần số của nó. Chiều sâu phân bố dòng điện (chiều dày lớp nung nóng) được tính theo công thức :

$$\delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}} \text{ cm}$$

Trong đó : - ρ là điện trở suất ($\Omega.cm$)

- μ là độ từ thẩm (gaus/ócstec)

- f là tần số dòng điện, Hz



Hình 5.2-Nung nóng và tôi bề mặt bằng dòng điện tần số cao

- a) Sơ đồ nung nóng cảm ứng; b) Tôi khi nung nóng toàn bộ bề mặt tôi
c) Tôi khi nung nóng liên tục - liên tiếp; 1) Chi tiết tôi; 2) Vòng cảm ứng
3) Vòng làm nguội; 4) Đường sức từ.

2-Chọn tần số và thiết bị :

Tần số quyết định chiều dày lớp nung nóng do vậy quyết định chiều sâu lớp tôi cứng. Thông thường người ta thường chọn diện tích lớp tôi cứng bằng khoảng 20% tiết diện. Các chi lớn cần lớp tôi dày ($4 \div 5\text{mm}$) ta dùng máy phát điện tần số cao với tần số từ 2500 đến 8000 Hz, có công suất lớn, thường là từ 100 kW trở lên. Với các chi tiết nhỏ cần lớp tôi mỏng ($1 \div 2\text{mm}$) ta dùng các thiết bị phát dòng điện có tần số rất cao từ 66000 đến 250000 Hz, có công suất dưới 100kW, thường từ $50 \div 60\text{kW}$. Tuy nhiên thực tế ở Việt Nam thường dùng thiết bị phát dòng cao tần, với các chi tiết lớn cần chiều sâu tôi dày ta tăng thời gian giữ nhiệt lên tương ứng.

3-Cấu tạo vòng cảm ứng và các phương pháp tôi :

a-Cấu tạo vòng cảm ứng :

Vòng cảm ứng làm bằng ống đồng có cấu tạo phù hợp với bề mặt chi tiết cần tôi, bên trong có nước làm nguội. Khoảng cách giữa vòng cảm ứng với bề mặt chi tiết từ $1,5 \div 5\text{ mm}$, khe hở này càng nhỏ càng đỡ tổn hao công suất nung nóng.

b-Các phương pháp tôi cảm ứng :

-Tôi bề mặt ngoài : Vòng cảm ứng bao quanh bề mặt chi tiết, sau khi nung nóng xong ta chuyển sang bộ phận làm nguội hay nhúng nó vào môi trường tôi.

-Tôi bề mặt trong : Vòng cảm ứng có dạng tương ứng với bề mặt bên trong (sơ mi xy lanh...). Đi kèm đó là bộ phận phun nước làm nguội.

-Tôi mặt phẳng : Vòng cảm ứng có dạng tạo ra một mặt phẳng song song với bề mặt cần tôi và chuyển động song phẳng với bề mặt đó. Đi sau vòng cảm ứng là thiết bị làm nguội. Dùng tôi bề mặt đầu thanh ray, băng máy nhỏ...

-Tôi tuân tự từng phần riêng biệt : Dùng cho các bánh răng lớn ($m > 6$) hay cổ trục khuỷu. Sau khi nung nóng từng phần (từng răng hay từng cổ khuỷu) tiến hành làm nguội chúng và phải thiết kế riêng thiết bị làm việc theo chương trình.

-Tôi trục : Với các trục dài có bề mặt tôi lớn ta dùng phương pháp tôi liên tục liên tiếp. Vòng cảm ứng có cấu tạo đủ nung nóng một phần nhỏ diện tích tôi, đi kèm vòng cảm ứng là vòng phun nước làm nguội. Thiết bị này chuyển động trên suốt chiều dài của chi tiết và tôi toàn bộ bề mặt của nó.

4-Tổ chức và cơ tính của thép khi tôi cảm ứng :

a-Thép để tôi cảm ứng :

Để đảm bảo yêu cầu khi tôi bề mặt có độ cứng cao đủ chống mài mòn, còn trong lõi vẫn đủ bền, dẻo và dai cao để chịu va đập, thép dùng tôi cảm ứng có lượng các bon trung bình từ $0,35 \div 0,55\%C$. Nếu là thép hợp kim thì thuộc loại hợp kim thấp.

b-Tổ chức :

Nung nóng cảm ứng có tốc độ nung rất nhanh từ hàng chục đến hàng trăm $^{\circ}C/s$ (lò nhiệt luyện tốc độ $1,5 \div 3^{\circ}C/s$), do vậy có các đặc điểm sau :

-Nhiệt độ chuyển biến pha Ac_1 và Ac_3 được nâng cao lên, do vậy nhiệt độ tôi phải lấy cao hơn tôi thể tích từ $100 \div 200^{\circ}C$.

$$T_{\text{tôi cảm ứng}} = T_{\text{tôi thể tích}} + (100 \div 200^{\circ}C)$$

-Do độ quá nung cao nên tốc độ chuyển biến pha rất nhanh, thời gian chuyển biến rất ngắn (thường cỡ hàng chục giây), hạt austenit rất nhỏ mịn nên nhận được mactenxit hình kim rất nhỏ mịn (mactenxit ẩn tích).

Vì vậy để bảo đảm hạt nhỏ mịn khi tôi cảm ứng và đảm bảo giới hạn chảy, độ dai cao phải nhiệt luyện hóa tốt trước có tổ chức xoocbit ram. Sau khi tôi cảm ứng bề mặt là mactenxit hình kim nhỏ mịn, trong lõi là xoocbit ram.

c-Cơ tính :

Sau khi tôi cảm ứng tiến hành ram thấp, bề mặt thép có độ cứng $50 \div 58HRC$ chống mài mòn khá tốt, trong lõi độ cứng $30 \div 40HRC$ có giới hạn chảy và độ dai cao. Điều đặc biệt là sau khi tôi cảm ứng tạo cho bề mặt lớp ứng suất nén dư đến $800MPa$ nâng cao mạnh giới hạn mỏi.

5-Ưu nhược điểm :

Tôi cảm ứng là phương pháp tôi bề mặt có hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao nên được sử dụng rất rộng rãi trong sản xuất cơ khí.

a-Ưu điểm : Tôi cảm ứng có khá nhiều ưu điểm so với tôi thể tích.

-Năng suất cao : do thời gian nung ngắn vì chỉ nung một lớp mỏng trên bề mặt và nhiệt lượng được tạo ra ngay trong kim loại.

-Chất lượng tốt : do thời gian nung ngắn nên hạn chế tối đa ô xy hóa và thoát các bon. Bên cạnh đó còn điều chỉnh được chế độ điện, nhiệt độ nung, thời gian nung một cách chính xác nên đảm bảo chất lượng đồng đều. Độ cứng cao hơn tôi thường khoảng từ $1 - 3HRC$, được gọi là siêu độ cứng.

-Dễ tự động hóa, cơ khí hóa, giảm nhẹ điều kiện lao động cho công nhân

-Thích hợp với sản xuất hàng loạt lớn (trong các nhà máy chế tạo động cơ, ô tô, máy kéo ...có quy mô lớn)

b-Nhược điểm : Tuy nhiên tôi cảm ứng cũng có nhược điểm nhất định.

-Khó áp dụng cho các chi tiết có hình dáng bề mặt phức tạp hay sự thay đổi đột ngột về tiết diện do khó chế tạo vòng cảm ứng phù hợp.

-Hiệu quả kinh tế thấp khi sản xuất đơn chiếc và hàng loạt nhỏ.

Nung nóng cảm ứng còn được sử dụng khá rộng rãi trong kỹ thuật như :

+Nấu chảy vật liệu kim loại trong đúc và luyện kim.

+Luyện vùng để tạo ra các nguyên tố siêu sạch.

+Nung nóng để gia công áp lực : cán, ép...

+Hàn các ống, dán nylon, chất dẻo...

5.1.3.Tôi ngọn lửa :

Phương pháp này sử dụng ngọn lửa của hỗn hợp ô xy - axêtylen trong thiết bị hàn khí. Ngọn lửa này có nhiệt độ rất cao, đến 3000°C nên nhanh chóng nung nóng bề mặt thép lên nhiệt độ tôi. Phương pháp này dùng để tôi các chi tiết lớn, yêu cầu lớp tôi bề mặt dày (đến 10mm và lớn hơn) mà không tôi cảm ứng được như : các bánh răng lớn, một số loại trục...

Tôi ngọn lửa rất đơn giản, bất cứ xưởng cơ khí nào cũng thực hiện được. Tuy nhiên chất lượng khó đảm bảo : thiếu nhiệt, quá nhiệt, dễ tạo ra dải ram phụ cơ tính không đảm bảo.

5.2.HÓA NHIỆT LUYỆN :

5.2.1.Định nghĩa và mục đích :

1-Định nghĩa :

Hóa nhiệt luyện là phương pháp làm bão hòa các nguyên tố đã cho (C,N, B, Cr, Al...) vào bề mặt thép để làm thay đổi thành phần hóa học, do đó làm thay đổi tổ chức và đạt được tính chất theo quy định.

2-Mục đích : Hóa nhiệt luyện nhằm đạt được các mục đích sau đây

-Nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn và độ bền mỏi cho thép. Với mục đích này đạt được cao hơn so với tôi bề mặt.

-Nâng cao tính chống ăn mòn điện hóa, hóa học (chống ô xy hóa ở nhiệt độ cao). Tuy nhiên mục đích này ít thực hiện do nhiệt độ quá cao, thời gian quá dài, chi phí lớn nên giá thành cao.

2-Các quá trình xảy ra :

Để tiến hành hóa nhiệt luyện người ta cho chi tiết thép vào môi trường giàu các nguyên tố cần khuếch tán và nung nóng đến nhiệt độ cần thiết. Khi giữ tại nhiệt độ này sẽ xảy ra các quá trình sau đây :

a-Phân hóa : là quá trình phân tích các phân tử của chất khuếch tán tạo nên các nguyên tử có tính hoạt động mạnh (gọi là nguyên tử hoạt).

b-Hấp thụ : sau đó các nguyên tử hoạt được hấp thụ vào bề mặt thép có nồng độ cao tạo ra sự chênh lệch về nồng độ giữa bề mặt và lõi (gradien nồng độ hướng vào lõi)

c-Khuếch tán : nguyên tử hoạt ở lớp hấp thụ sẽ đi sâu vào bên trong theo cơ chế khuếch tán và tạo ra lớp thấm có chiều sâu nhất định.

Trong ba quá trình trên thì quá trình khuếch tán là quan trọng nhất vì nó quyết định kết quả của hóa nhiệt luyện.

3-Các yếu tố ảnh hưởng :

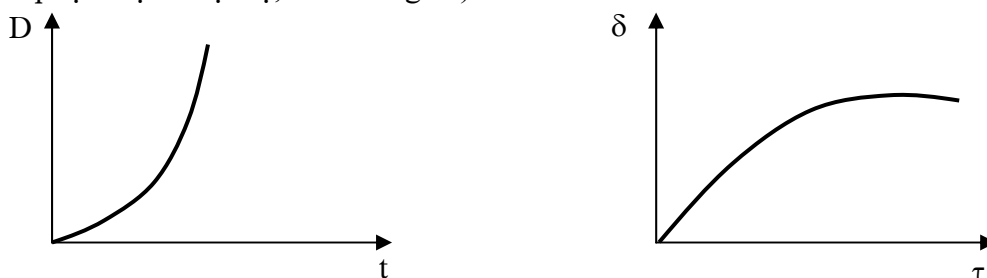
Nhiệt độ và thời gian ảnh hưởng rất lớn đến khuếch tán và chiều dày lớp thấm.

-Nhiệt độ : Nhiệt độ càng cao chuyển động nhiệt của nguyên tử càng lớn, tốc độ khuếch tán càng mạnh nên lớp thấm càng chóng đạt chiều sâu quy định. Mối quan hệ như sau :

$$D = A.e^{-(Q/KT)}$$

Từ đó ta thấy rằng nhiệt độ là yếu tố quan trọng nhất làm tăng chiều dày lớp thấm khi tiến hành hoá nhiệt luyện.

-Thời gian : Ở nhiệt độ cố định, kéo dài thời gian sẽ nâng cao chiều sâu lớp thấm tuy nhiên hiệu quả không mạnh bằng nhiệt độ. Quan hệ này như sau : $\delta = k.\tau^{1/2}$ (k là hệ số phụ thuộc nhiệt độ, τ là thời gian)



Hình 5.3 - Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian đến chiều dày lớp thấm.

5.2.2.Thấm các bon :

1-Định nghĩa và mục đích :

Thấm các bon là phương pháp làm bão hòa các bon vào bề mặt thép các bon thấp ($\%C \leq 0,25\%$) để sau khi nhiệt luyện bề mặt có độ cứng cao, tính chống mài mòn lớn, còn trong lõi vẫn dẻo và dai.

Mục đích của thấm các bon là làm cho bề mặt thép có độ cứng đến $60 \div 64$ HRC tính chống mài mòn cao, chịu mỏi tốt, còn trong lõi bền, dẻo dai với độ cứng $30 \div 40$ HRC chịu uốn, xoắn và va đập tốt.

Sau khi thấm các bon hàm lượng các bon ở lớp bề mặt khoảng $0,80 \div 1,00\%$ là phù hợp nhất, còn trong lõi có hạt nhỏ mịn, không có phe rit tự do. Thấm các bon là phương pháp hóa nhiệt luyện được sử dụng rất lâu đời và rất phổ biến ở Việt Nam. Tùy theo chất thấm người ta chia ra thấm các bon thể rắn, thể khí và thể lỏng (hiện tại không sử dụng vì quá độc hại).

2-Thấm các bon thể rắn :

a-Chất thấm :

Gồm có than gỗ được xay nhỏ đến cỡ $3 \div 5$ mm chiếm $85 \div 90\%$, chất xúc tác ($BaCO_3$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 ...) với tỷ lệ $10 \div 15\%$. Đặt chi tiết vào hộp kín có chứa đầy chất thấm và cho vào lò nâng lên đến nhiệt độ cần thiết.

b-Nhiệt độ thấm và thời gian thấm :

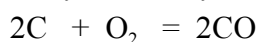
Nguyên tắc chọn nhiệt độ thấm các bon là đạt đến tổ chức hoàn toàn austenit để có khả năng hòa lượng các bon cao nhất có thể được. Với thép bản chất hạt lớn nhiệt độ thấm từ $900 \div 920^\circ C$ thép bản chất hạt nhỏ nhiệt độ thấm đến $950^\circ C$. Nhiệt độ thấm càng cao chiều sâu lớp thấm càng lớn.

Thời gian thấm các bon được quyết định bởi chiều sâu lớp thấm, giá trị này được quy định khi thiết kế chi tiết (với chi tiết lớn cỡ $1,8 \div 2,2$ mm; chi tiết bé $0,8 \div 1,2$ mm). Với nhiệt độ cố định thời gian thấm càng tăng chiều sâu thấm sẽ càng lớn, có ba cách tính thời gian thấm :

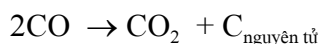
- Theo công thức : $\delta = k\sqrt{\tau}$ với k là hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ thấm, τ là thời gian thấm (giữ nhiệt, h), δ là chiều sâu thấm (mm).
- Tra bảng cho trước trong sổ tay nhiệt luyện.
- Theo kinh nghiệm : thấm ở 900°C cỡ 0,20 mm thời gian giữ nhiệt 1h.

c-Các quá trình xảy ra :

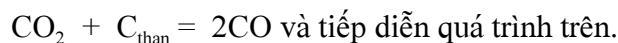
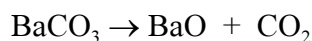
- Than gỗ cháy thiếu ô xy :



- Khí CO chuyển động gặp bề mặt thép và do tác dụng của xúc tác bị phân hủy :



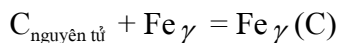
- Ở nhiệt độ cao chất xúc tác bị phân hủy :



- Làm nguội sau khi thấm sẽ tạo lại xúc tác :



Các bon nguyên tử có tính hoạt động cao sẽ khuếch tán vào bề mặt thép theo cơ chế sau :



d-Nhiệt luyện sau khi thấm :

Sau khi thấm hàm lượng các bon trên lớp bề mặt đạt $0,80 \div 1,00\%$ C độ cứng có tăng lên một ít nhưng chưa sử dụng được mà phải tiến hành nhiệt luyện. Có hai phương pháp nhiệt luyện : tôi hai lần và ram thấp, tôi một lần và ram thấp.

-Tôi hai lần và ram thấp : tôi lần thứ nhất ở nhiệt độ $860 \div 880^{\circ}\text{C}$, với mục đích làm nhỏ hạt thép và phá lưới xêmentit hai trên bề mặt. Tôi lần thứ hai ở nhiệt độ $760 \div 780^{\circ}\text{C}$ tạo cho bề mặt có độ cứng cao nhất. Ram thấp với nhiệt độ $150 \div 180^{\circ}\text{C}$. Cách nhiệt luyện này khá tốn kém nên chỉ dùng cho các chi tiết quan trọng.

-Tôi một lần và ram thấp : khi thấm các bon thường sử dụng thép bản chất hạt nhỏ nên hạt không lớn lắm. Vì vậy sau khi thấm xong hạ nhiệt xuống $760 \div 780^{\circ}\text{C}$ và tôi ngay, sau đó tiến hành ram thấp $150 \div 180^{\circ}\text{C}$.

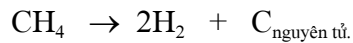
Thấm các bon thể rắn có đặc điểm là thời gian dài (phải nung cả hộp chất thấm), điều kiện làm việc xấu (nhiều bụi than, khói...), chất lượng không cao (nồng độ các bon quá lớn, thường tạo ra xêmentit hai ở bề mặt gây ra dòn). Tuy nhiên đơn giản dễ tiến hành.

3-Thấm các bon thể khí :

Thấm các bon thể khí là phương pháp hiện đại và có nhiều ưu việt nhất, ngày nay được áp dụng rộng rãi trong sản xuất cơ khí.

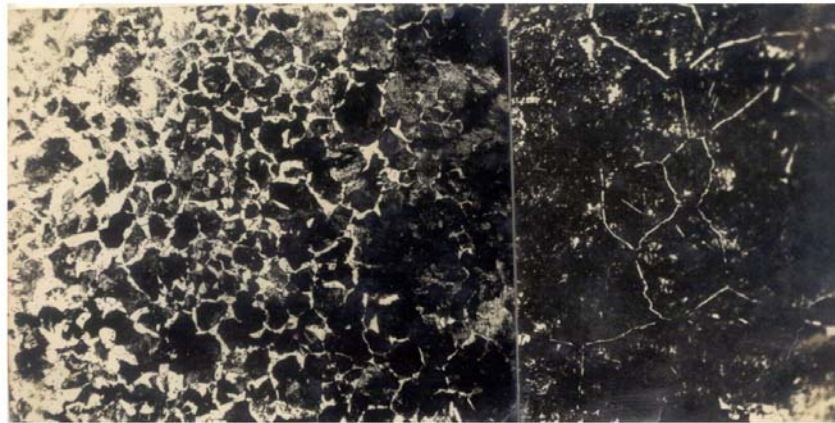
Dùng một lò kín chứa đầy khí thấm (CO , CH_4 , C_2H_6 ...) lấy từ khí thiên nhiên, cho chi tiết vào và nâng lên nhiệt độ thấm. Trong thực tế thường dùng CH_4 với tỷ lệ $3 \div 5\%$

(do mêtan tác dụng thấm rất mạnh) còn lại là CO (đến 95%). Tại nhiệt độ nung xảy ra quá trình sau :



Các bon nguyên tử sẽ khuếch tán vào bề mặt thép. Nhiệt độ, thời gian thấm và nhiệt luyện sau khi thấm tương tự như thể rắn.

Thấm các bon thể khí có đặc điểm là : thời gian thấm ngắn (do không nung hộp chứa đầy hỗn hợp thấm), chất lượng lớp thấm đồng đều, dễ cơ khí hóa và tự động hóa (sử dụng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt lớn), điều kiện lao động tốt. Tuy nhiên thiết bị giá thành cao.



Hình 5.4 - Tổ chức tế vi lớp thấm các bon

4-Công dụng :

Thấm các bon cũng tạo ra cơ tính tương tự như tôi bề mặt, nhưng độ cứng lớp bề mặt cao hơn (60÷64HRC), độ cứng ở lõi từ 15÷40HRC, có ứng suất nén dư trên bề mặt. Do vậy đảm bảo chịu mài mòn cao hơn và chịu tải tốt hơn cũng như nâng cao giới hạn mỏi. Công dụng : dùng cho các chi tiết làm việc nặng nề hơn, hình dáng phức tạp như bánh răng hộp số máy cắt kim loại, một số loại trục, chốt.

5.2.3.Thấm ni tơ :

1-Định nghĩa và mục đích :

Thấm ni tơ là phương pháp hóa nhiệt luyện làm bão hòa ni tơ vào bề mặt thép để nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn và tính chống ăn mòn (độ cứng cao hơn hẳn thấm các bon đến 65÷70HRC)

2-Tổ chức lớp thấm ni tơ :

Đạt được giá trị độ cứng cao là do bản chất của lớp thấm ni tơ, do vậy không phải nhiệt luyện sau khi thấm. Thấm ni tơ chỉ tiến hành ở thể khí với chất thấm là amôniac, nhiệt độ thấm khoảng 480 ÷ 650°C. Phản ứng như sau :

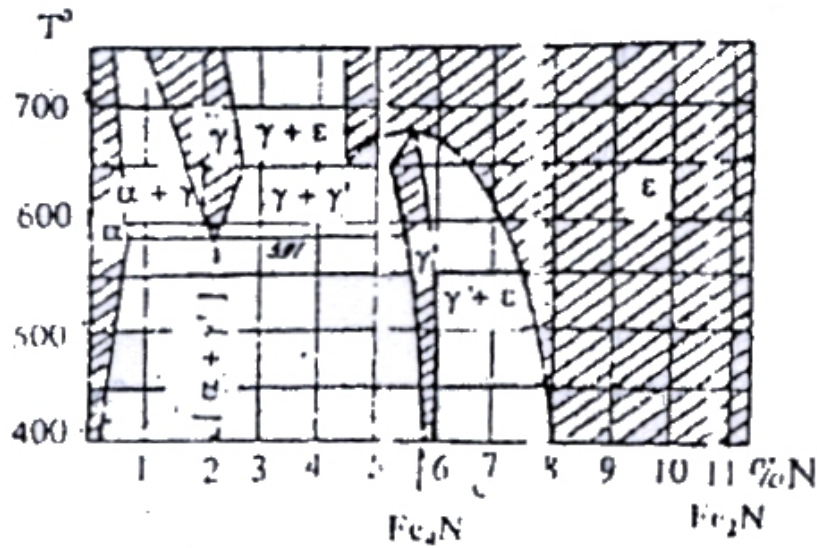


Ni tơ nguyên tử có tính hoạt động cao sẽ khuếch tán vào bề mặt thép. Cơ sở tiến hành thấm ni tơ là giản đồ pha Fe - N. Đi từ bề mặt vào tổ chức lớp thấm gồm có :

- Pha ε là dung dịch rắn trên cơ sở là pha xen kẽ Fe_2N .
- Pha γ' là dung dịch rắn trên cơ sở pha xen kẽ Fe_4N .

-Pha α fê rit nítơ (dung dịch rắn của nítơ trong Fe α).

Tổ chức lớp thấm gồm các nitrit - pha xen kẽ với độ cứng rất cao, rất phân tán nên có độ cứng và tính chống mài mòn rất cao.



Hình 5.5-Giản đồ pha sắt - nítơ

3-Đặc điểm thấm nítơ :

-Do tiến hành ở nhiệt độ thấp sự khuếch tán khó khăn và chậm nên lớp thấm mỏng, thời gian thấm dài. Thấm ở 520°C để đạt chiều sâu 0,40 mm phải giữ nhiệt 48h.

-Sau khi thấm không tôi và mài.

-Phải dùng thép đặc biệt là 38CrMoAlA, trước khi thấm phải nhiệt luyện hóa tốt thành xocbit ram.

-Lớp thấm cứng hơn và giữ được ở nhiệt độ đến 500°C và cao hơn

4-Công dụng :

Thấm nítơ dùng cho các chi tiết cần độ cứng và tính chống mài mòn rất cao, làm việc ở nhiệt độ cao hơn 500°C, nhưng chịu tải không cao (do lớp thấm mỏng) như : một số loại trục, sơ mi xy lanh máy bay, dụng cắt, dụng cụ đo, nòng súng...Thấm nítơ cũng làm tăng đáng kể giới hạn mỏi.

5.2.4.Thấm các bon - nítơ (thấm xyanua) :

1-Định nghĩa và mục đích :

Thấm các bon nítơ là phương pháp hóa nhiệt luyện làm bão hòa đồng thời các bon và nítơ vào bề mặt thép để nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn cũng như chống mài mòn (nó là trung gian giữa thấm các bon và nítơ)

Nếu tiến hành thấm dưới 560°C thì các bon khuếch tán yếu nên lớp thấm chủ yếu là nítơ do vậy gần với thấm nítơ hơn.

Nếu thấm ở nhiệt độ 850°C hay cao hơn thì sự khuếch tán của các bon mạnh nên lớp thấm gần với thấm các bon hơn.

2-Thấm các bon nítơ ở nhiệt độ cao :

a-Thấm thể rắn :

Tiến hành giống như thấm các bon chỉ khác là trong chất thấm có thêm từ 20 - 30% muối $K_4Fe(CN)_6$ hay $K_3Fe(CN)_6$. Sau khi thấm phải tôi và ram thấp.

b-Thấm thể khí :

Tiến hành như thấm các bon thể khí nhưng trong chất thấm có thêm 5-10% NH_3 và nhiệt độ thấm là $840-860^{\circ}C$. Tổ chức lớp thấm ngoài các bon cao ra còn có pha cacbon - nitrit $Fe_3(C,N)$ rất cứng và phân tán nên nâng cao rất mạnh tính chống mài mòn, làm tăng tuổi thọ từ $50 \div 100\%$. Sau khi thấm phải tôi ngay từ nhiệt độ thấm và ram thấp. Phương pháp này sử dụng rất rộng rãi vì không gây độc hại và tạo ra chất lượng tốt.

c-Thấm thể lỏng :

Tiến hành trong bể gồm các hỗn hợp muối nóng chảy (trong đó chủ yếu là các muối có gốc CN hay CNO để cung cấp C và N nguyên tử). Có hai cách : thấm ở nhiệt độ thấp và ở nhiệt độ cao.

-Thấm ở nhiệt độ thấp : Tiến hành ở nhiệt độ $540 \div 560^{\circ}C$ trong hỗn hợp gồm có 50%NaCN và 50% Na_2CO_3 hay 50%NaCN và 50%KCN. Sau khi thấm không tiến hành tôi và ram nữa. Công dụng : chủ yếu dùng cho các dụng cụ cắt gọt bằng thép gió sau nhiệt luyện. Phương pháp này có nhược điểm là rất độc hại vì dùng muối có gốc CN từ axit HCN (chỉ cần nhiễm độc khoảng 1mg là đủ gây tử vong)

-Thấm ở nhiệt độ cao : Tiến hành ở nhiệt độ $820 \div 860^{\circ}C$ trong các muối có thành phần tương tự trên. Sau khi thấm phải tôi và ram thấp. Công dụng : dùng cho các loại trục, bánh răng, chốt ...

Để khắc phục nhược điểm của thấm các bon ni tơ ngày nay người ta dùng các loại muối không độc hại và tạo ra phương pháp mới gọi là tenifer (tenex - hóa bền, nitrur - thấm N, ferum - Fe) để tăng độ cứng và tính chống mài mòn cho trục khuỷ, bánh răng, khuôn dập, khuôn kéo...

5.2.5.Các phương pháp hóa nhiệt luyện khác :

Ngoài các phương pháp trên còn sử dụng các phương pháp như thấm bo, crôm, nhôm, silic... để nâng cao độ cứng, tính chống ô xy hóa cho vật liệu. Công dụng : khuôn rèn, tua bin phản lực, ghi lò, gầu rót thép gang...

CHƯƠNG 6 : CÁC LOẠI GANG

Gang là loại vật liệu dùng khá phổ biến trong các ngành cơ khí. Số lượng chi tiết bằng gang không nhiều như thép nhưng thường có kích thước lớn, nên tỷ trọng của gang trong sản xuất cơ khí cao đến 30% và hơn nữa. Trong chương này ta sẽ khảo sát các loại gang thường dùng nhất là : gang xám, gang cầu, gang dẻo và gang hợp kim (gang trắng cũng sử dụng nhưng rất ít, chủ yếu nó dùng để luyện thép.)

6.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GANG :

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 : $2,0 \div 4,0\%C$; $0,4 \div 3,5\%Si$; $0,20 \div 1,5\%Mn$; $0,04 \div 0,65\%P$; $0,02 \div 0,15\%S$

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 (màu của graphit). Tùy thuộc hình dáng của graphit người ta chia ra các loại 6 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.

6.2.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 đó 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.

6.2.1. 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 $2,8 \div 3,5\%$.

b-Silic : 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 $1,5 \div 3\%$

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 $0,50 \div 1,0\%$.

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 $0,1 \div 0,20\%$, 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 $0,08 \div 0,12\%$

6.2.2-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 :

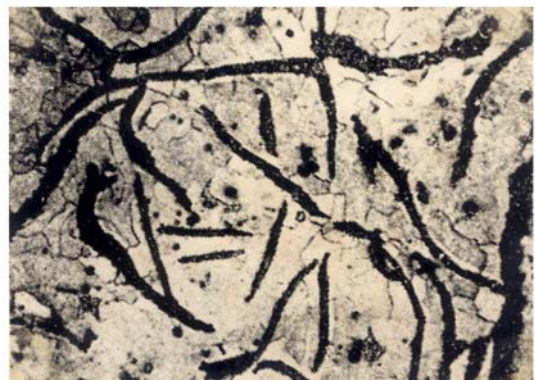
a-Gang xám pherit : Tổ chức của nó gồm nền kim loại là sắt nguyên chất kỹ thuật (pherit) và graphit. Loại gang này có độ bền thấp nhất.

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.



a)



b)



c)

Hình 6.1.Tổ chức tế vi của gang xám

a)Gang xám pherit

b)Gang xám pherit-peclit

c)Gang xám peclit

6.2.3-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. Giới hạn bền kéo khoảng $150 \div 350 \text{ MN/m}^2$.

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 $150 \div 250 \text{ HB}$, phoi dễ gãy, cắt gọt tốt. Độ dẻo xấp xỉ không, $\delta \approx 0,50\%$ không biến dạng dẻo được. Độ dai $a_k < 100 \text{ kJ/m}^2$.

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 $2,2 \div 2,5\%$. 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.

6.2.4-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/mm^2 .

Ví dụ : GX15-32 có giới hạn bền kéo tối thiểu 15kg/mm^2 và giới hạn bền uốn tối thiểu 32kg/mm^2 .

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 ...

6.2.5.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 sát 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.

6.3.GANG ĐẸO :

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.

6.3.1.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 $2,2 \div 2,8\%$ để ít graphit làm cho tính dẻo cao. Lượng silic 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.

6.3.2.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 :

1-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.

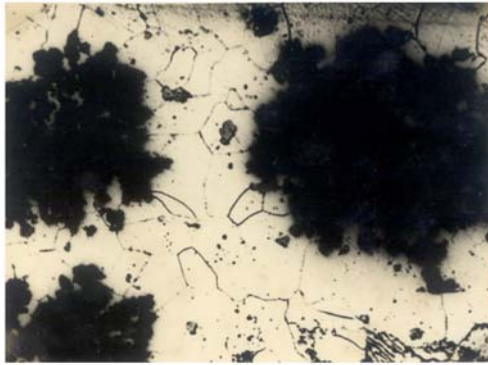
2-Gang dẻo pherit-peclit :

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

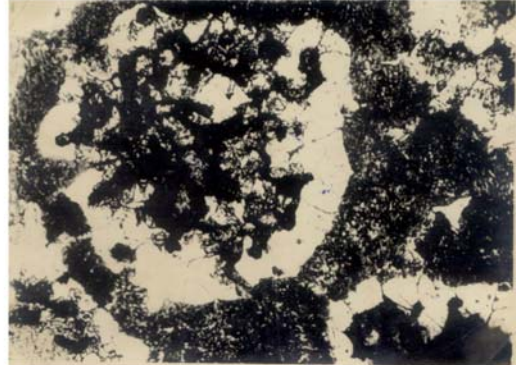
3-Gang dẻo péc lít :

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

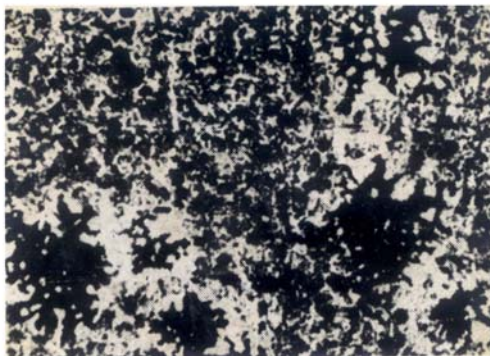
Trong ba loại gang dẻo trên thì gang dẻo pherit có độ bền thấp nhất và gang dẻo peclit có độ bền cao nhất.



a)



b)



c)

Hình 6.2 -Tổ chức tế vi gang dẻo

a)Gang dẻo pherit

b)Gang dẻo pherit-peclit

c)Gang dẻo peclit

6.3.3.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, giới hạn bền $\sigma_b = 300 \div 600 \text{ MN/m}^2$, $\sigma_{0,2} = 200 \div 450 \text{ MN/m}^2$. Độ cứng thấp trên dưới 200HB dễ cắt gọt.

6.3.4.Ký hiệu và công dụng :

1-Ký hiệu :

TCVN 1659-75 quy định ký hiệu gang dẻo 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%.

2-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 (dễ tạo ra vật đúc là gang trắng)

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.

6.4.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.

6.4.1.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 các bon và silic cao tới $5 \div 6\%$ 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 : $(0,04 \div 0,08)\%$
- Có các nguyên tố nâng cao cơ tính : Ni $< 1\%$, Mn (2%)

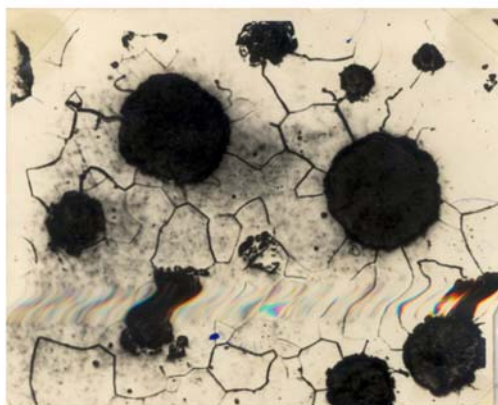
6.4.2.Tổ chức tế vi :

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

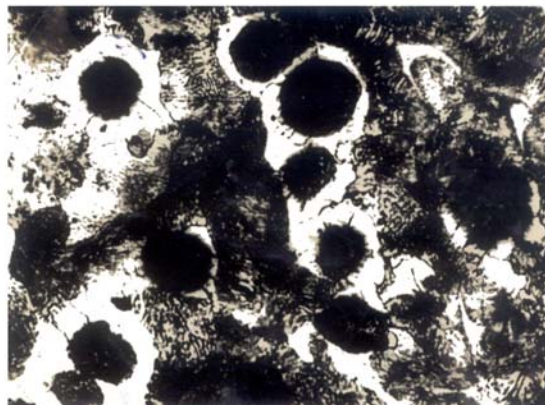
1-Gang cầu pherit : nền kim loại là sắt nguyên chất và graphit cầu

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

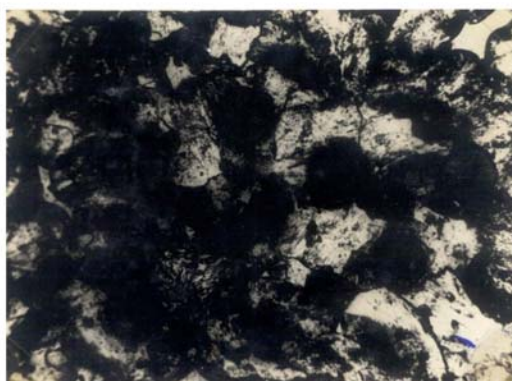
3-Gang cầu péclit : nền kim loại là thép cùng tích và graphit cầu.



a)



b)



c)

Hình 6.3-Tổ chức tế vi của gang cầu

a)Gang cầu pherit

b)Gang cầu pherit-peclit

c)Gang cầu peclit

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

6.4.4. Ký hiệu và công dụng :

1-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/mm^2 và độ giãn dài tương đối $\delta \%$.

Ví dụ : GC100-04 - có giới hạn bền kéo tối thiểu 100 kG/mm^2 và độ giãn dài tương đối $\delta = 4\%$.

2-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.

6.5. 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...Gang hợp kim có cơ sở là gang xám, dẻo hay cầu.

CHƯƠNG 7 : KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP

7.1.KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP

7.1.1.Khái niệm :

Thép các bon là hợp kim của sắt và cacbon 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 (tỷ lệ 60 ÷ 70%) 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 : oxy, hydro, nitơ. Nhưng do số lượng của chúng quá ít, ảnh hưởng không đáng kể đến tính chất nên ta thường không quan tâm đến.

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

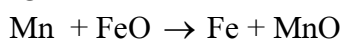
1-Các bon : là nguyên tố quan trọng nhất quyết định đến tổ chức và tính chất của thép. Với hàm lượng các bon khác nhau thép có tổ chức tế vi khác nhau :

- Nếu hàm lượng các bon $< 0,80\%$: tổ chức là pơrit và pơclit
- Nếu hàm lượng các bon $= 0,80\%$: tổ chức là pơclit.
- Nếu hàm lượng các bon $> 0,80\%$: tổ chức pơclit 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 pơrit 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)

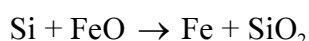
Thép các bon với hàm lượng khác nhau được sử dụng trong các lĩnh vực hoàn toàn khác nhau.

2-Mangan : được cho vào thép dưới dạng pơrô mangan để khử oxy loại bỏ tác hại của FeO trong thép lỏng :

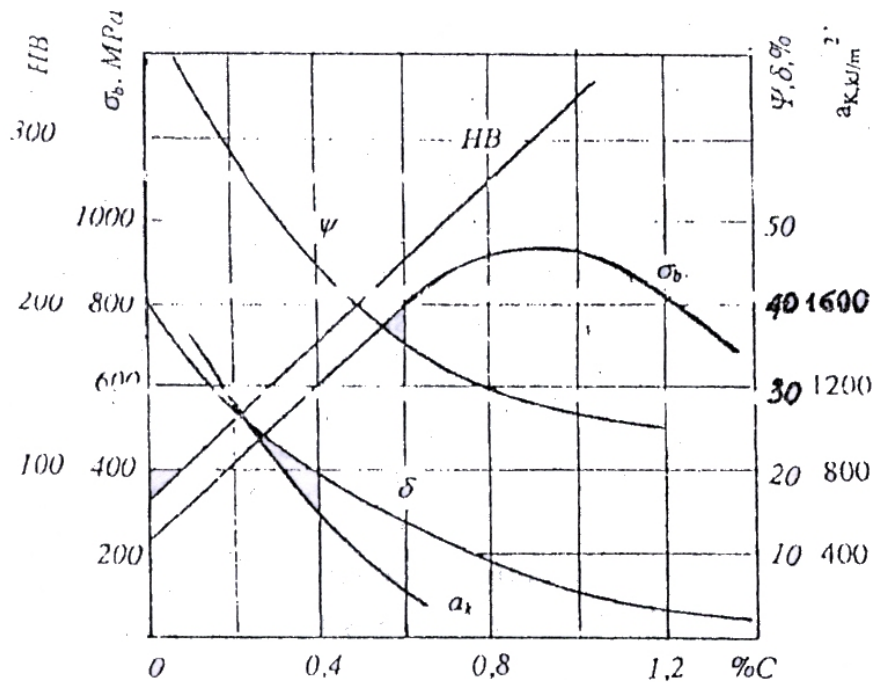


Ôxyt mangan nổi lên đi vào xỉ và được lấy ra khỏi lò. Ngoài ra mangan còn có tác dụng loại bỏ tác hại của lưu huỳnh trong thép. Mangan hoà tan vào pơrit nâng cao cơ tính cho thép, tuy nhiên tác dụng không lớn do lượng chứa của nó nhỏ. Lượng mangan trong thép từ 0,50 ÷ 0,80%

3-Silic : được cho vào thép dưới dạng pơrô silic để khử oxy loại bỏ tác hại của FeO trong thép lỏng :



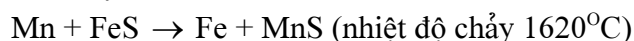
Điôxyt silic nổi lên đi vào xỉ và được lấy ra khỏi lò. Ngoài ra silic còn hoà tan vào pơrit và nâng cao cơ tính cho thép. Silic khử oxy và nâng cao cơ tính cho thép mạnh hơn mangan. Lượng silic trong thép từ 0,20 ÷ 0,40%. Do vậy tác dụng nâng cao cơ tính không đáng kể.



Hình 7.1-Ảnh hưởng của cacbon đến cơ tính của thép

4-Phốt pho : Phốt pho có khả năng hoà tan vào pơrit khá lớn (đến 1,20% trong Fe - C nguyên chất) và giảm đột ngột khi nhiệt độ giảm. Do đó gây xô lệch mạng pơrit 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 Fe_3P cứng và giòn. Do vậy phốt pho làm thép bị giòn ở nhiệt độ thường và gọi là giòn nguội (còn 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%.

5-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 ($988^{\circ}C$) và phân bố tại biên giới hạt. Khi cán, rèn, kéo (nung đến trên $1000^{\circ}C$) biên giới hạt bị chảy ra làm thép bị đứt, gãy, hiện tượng này gọi là giòn nóng (còn gọi là giòn 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 sắt làm cho phoi dễ gãy, trường hợp này lượng lưu huỳnh đến 0,35%.

7.1.3. Phân loại thép các bon :

Có nhiều cách phân loại thép các bon, mỗi phương pháp có một đặc trưng riêng biệt cần quan tâm đến để sử dụng được hiệu quả hơn.

1-Phân loại theo phương pháp luyện và độ sạch tạp chất :

a-Theo phương pháp luyện :

- Thép mác tanh (ngay nay không dùng phương pháp này nữa)
- Thép lò chuyển (lò L-D, còn gọi là lò thổi)
- Thép lò điện

b-Theo độ sạch tạp chất :

-Thép chất lượng thường : có lượng P và S khá cao đến 0,050% được nấu luyện trong lò L-D có năng suất cao, giá thành rẻ. Các nhóm thép này chủ yếu được dùng trong xây dựng.

-Thép chất lượng tốt : có lượng P và S thấp hơn đến 0,040% được luyện trong lò điện hồ quang. Chúng được sử dụng trong chế tạo máy thông dụng.

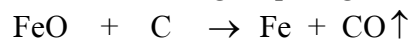
-Thép chất lượng cao : có lượng P và S đạt 0,030% được luyện trong lò điện hồ quang và có thêm các chất khử mạnh, nguyên liệu được tuyển chọn kỹ lưỡng.

-Thép chất lượng rất cao : lượng P và S được khử đến mức độ thấp nhất 0,020% sau khi luyện bằng lò hồ quang chúng được tiếp tục khử tiếp tạp chất ở ngoài lò bằng xỉ tổng hợp hay bằng điện xỉ. Để hạn chế lượng khí trong thép phải dùng phương pháp rót trong chân không. Thép chất lượng cao và rất cao dùng chế tạo các thiết bị và máy móc quan trọng.

2-Phân loại theo phương pháp khử ô xy

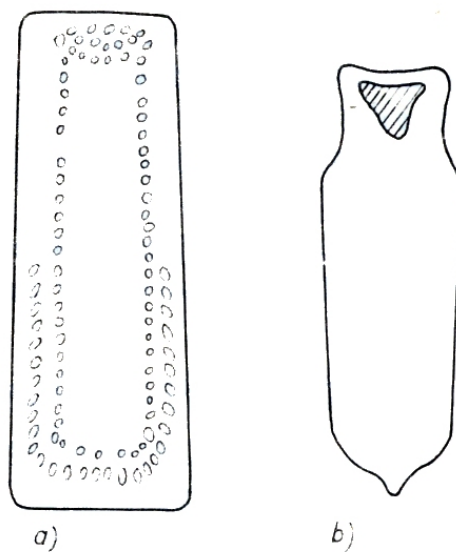
Theo mức độ khử ô xy triệt để hay không triệt để ta chia thép ra hai loại là thép sôi và thép lắng (lặng).

a-Thép sôi : là loại thép được khử ô xy bằng chất khử yếu : phe rô mangan nên ô xy không được khử triệt để, trong thép lỏng vẫn còn FeO khi rót khuôn có phản ứng :



Khí Co bay lên làm bề mặt thép lỏng chuyển động giống như hiện tượng sôi. Vật đúc thép sôi có mật độ thấp và chứa nhiều rỗ khí và lỗm co nhỏ. Thép này có độ dẻo cao và rất mềm, dập nguội tốt.

b-Thép lắng : là loại thép được khử ô xy triệt để, ngoài phe rô mangan còn dùng phe rô silic và nhôm nên không còn FeO nữa, do vậy bề mặt thép lỏng phẳng lặng. Thép lắng có độ cứng khá cao, khó dập nguội. Vật đúc thép lắng có mật độ cao và lỗm co lớn. Thép hợp kim chỉ là loại thép lắng.



Hình 7.2- Sơ đồ cấu tạo của thỏi đúc thép sôi (a) và thép lắng (b).

Ngoài ra còn loại thép nửa lạng, nó có tính chất trung gian giữa hai loại trên do chỉ khử ôxy bằng phe rô mangan và nhôm. Ngày nay có xu hướng dùng thép nửa lạng thay cho thép sôi.

3-Phân loại theo công dụng :

Dựa theo mục đích sử dụng thép cacbon được chia làm hai nhóm : thép kết cấu và thép dụng cụ.

a-Thép kết cấu : là loại thép dùng làm các kết cấu và chi tiết máy chịu tải do đó cần có độ bền, độ dẻo và độ dai bảo đảm. Nhóm thép này được sử dụng nhiều nhất vì chủng loại sản phẩm của nó rất lớn. Đây là nhóm thép chất lượng tốt và cao.

b-Thép dụng cụ : là loại thép làm các dụng cụ gia công và biến dạng kim loại như : dụng cụ cắt, khuôn dập, khuôn kéo ...Chúng giữ vai trò rất quan trọng để gia công các chi tiết và kết cấu máy. Số lượng thép dụng cụ không lớn vì chủng loại sản phẩm của chúng ít.

7.1.4.Ký hiệu thép các bon (tiêu chuẩn thép các bon) :

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

Là loại thép chủ yếu được dùng trong xây dựng, được cung cấp qua cán nóng không nhiệt luyện, dưới dạng bán thành phẩm : ống, thanh, tấm, thép hình, sợi ...Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1765 - 75 nhóm thép các bon chất lượng thường được ký hiệu bằng chữ CT (C - các bon, T - thép chất lượng thường). Nếu cuối mác thép không ghi gì cả là thép lạng (lặng), nếu có s là thép sôi, n là thép nửa lạng. Chúng được chia làm ba phân nhóm :

a-Phân nhóm A : là loại thép chỉ được quy định về cơ tính mà không quy định về thành phần hóa học. Giới hạn bền kéo tối thiểu tính theo đơn vị kg/mm^2 (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, 42, 51, 61.

b-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.

c-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.

2-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 ($P, S \leq 0,030\%$)

3-Thép dụng cụ :

Theo TCVN 1822-75 quy định ký hiệu bằng chữ CD (C-các bon, D-dụng cụ) và các chữ số tiếp theo chỉ lượng các bon trung bình trong thép theo phần vạn. Nếu cuối

mác thép có thêm chữ A có nghĩa là chất lượng cao hơn. Ví dụ : CD70, CD80...CD130 (CD70A, CD80A...CD130A)

7.3.KHÁI NIỆM VỀ THÉP HỢP KIM :

7.3.1.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 ... mà chủ yếu là cơ tính) 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.

$$\begin{array}{lll} \text{Mn} \geq 0,80 \div 1,00\% & \text{Si} \geq 0,50 \div 0,80\% & \text{Cr} \geq 0,50 \div 0,80\% \\ \text{Ti} \geq 0,10\% & \text{W} \geq 0,10 \div 0,50\% & \text{Mo} \geq 0,05 \div 0,20\% \\ \text{Ni} \geq 0,50 \div 0,80\% & \text{Cu} \geq 0,30\% & \text{B} \geq 0,0005\% \end{array}$$

7.3.2.Các đặc tính của thép hợp kim :

1-Cơ tính : Do có tính thấm tôi cao hơn nên thép hợp kim có độ bền cao hơn hẳn thép các bon có cùng lượng chứa các bon. Ưu việt này thể hiện rõ nhất qua nhiệt luyện và với kích thước lớn ($\phi > 20\text{mm}$). Mặt khác do tốc độ tôi tới hạn nhỏ nên dùng các môi trường tôi yếu do vậy lượng biến dạng cũng giảm đi.

Tuy có độ bền cao hơn nhưng độ dẻo và độ dai thấp nên tính công nghệ kém hơn thép các bon (trừ độ thấm tôi).

2-Tính chịu nhiệt độ cao :

Các nguyên tố hợp kim cản trở sự khuếch tán của các bon do đó làm máctenxit khó phân hóa và các bít khó kết tụ ở cao hơn 200°C , do đó ở nhiệt độ này thép hợp kim bền hơn thép các bon. Một số thép hợp kim ô xyt của nó tạo thành ở nhiệt độ cao có màng sít chặt có tính bảo vệ tốt.

3-Có tính chất lý hóa học đặc biệt :

Một số thép hợp kim có các tính chất lý hóa học đặc biệt mà thép các bon không thể có được như : chống ăn mòn cao, chịu nóng lớn, chống mài mòn cao, từ tính cao và giãn nở đặc biệt ...

7.3.3.Tác dụng của nguyên tố hợp kim đến tổ chức của thép :

Có thể xem thép hợp kim là thép các bon nhưng có pha thêm vào đó các nguyên tố hợp kim. Trong phần này ta xem xét ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim như thế nào đến các tổ chức và giản đồ pha Fe-C.

1-Ảnh hưởng đến dung dịch rắn của sắt :

Các nguyên tố hợp kim có tác dụng hòa tan vào dung dịch rắn của sắt như Mn, Si, Cr, Ni...

Với lượng hòa tan nhỏ : (cỡ vài phần %) chúng không làm thay đổi đáng kể hình dáng của giản đồ pha Fe-C và chúng chỉ hòa tan vào sắt ở các nhiệt độ khác nhau. Khi hòa tan vào phe rít dưới dạng thay thế chúng gây ra xô lệch mạng, do đó làm tăng độ bền và độ cứng, làm giảm độ dẻo và độ dai với mức độ khác nhau.

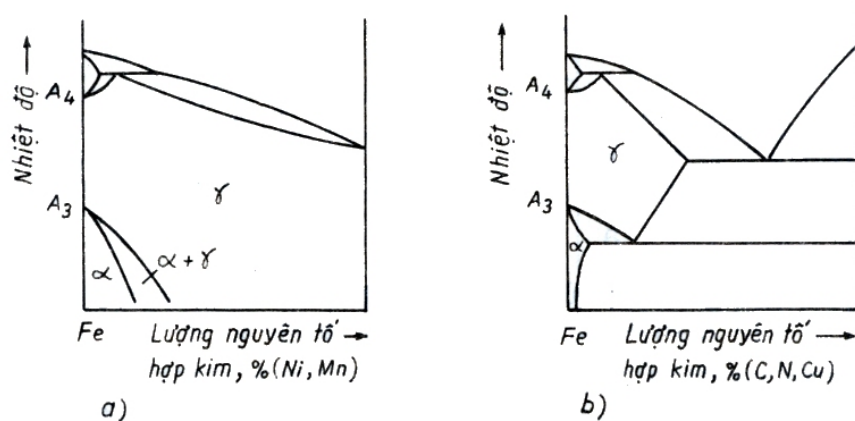
Mn và Si làm tăng mạnh độ bền độ cứng nhưng lại làm giảm đáng kể độ dẻo và độ dai (với 2%Si và 3,5%Mn độ dai $\leq 500\text{kJ/m}^2$) làm cho thép dòn không sử dụng được.

Mặc dù hai nguyên tố này làm tăng đáng kể độ thấm tôi và có giá thành thấp nhưng không thể sử dụng với hàm lượng lớn.

Cr và Ni làm tăng độ bền và độ cứng không mạnh bằng Si, Mn nhưng lại không làm giảm nhiều độ dẻo, độ dai. Trong một số trường hợp làm tăng một ít độ dai, do vậy có thể sử dụng với hàm lượng lớn (đến 4%). Thép được hợp kim hóa bằng crôm và niken làm tăng mạnh độ thấm tôi, nâng cao độ cứng, độ bền mà vẫn duy trì tốt độ dẻo và độ dai. Tuy nhiên Ni đắt tiền làm giá thành thép cao, do vậy chỉ dùng cho các chi tiết quan trọng cần độ tin cậy cao.

Với lượng hòa tan lớn ($> 10\%$) : Khi hòa tan với hàm lượng lớn các nguyên tố hợp kim làm thay đổi hẳn hình dáng của giản đồ pha Fe-C.

Mn và Ni khi hòa tan có tác dụng mở rộng khu vực tồn tại của tổ chức austenit (mở rộng vùng pha γ và thu hẹp vùng pha α) trên giản đồ pha Fe-C. Với hàm lượng lớn từ 10-20% tổ chức austenit tồn tại ngay cả ở nhiệt độ thường và gọi là thép austenit.



Hình 7.3- Giản đồ pha Fe- nguyên tố hợp kim:

a) Khi hoà tan vô hạn vào γ -Fe; b) Khi hoà tan có hạn vào γ -Fe

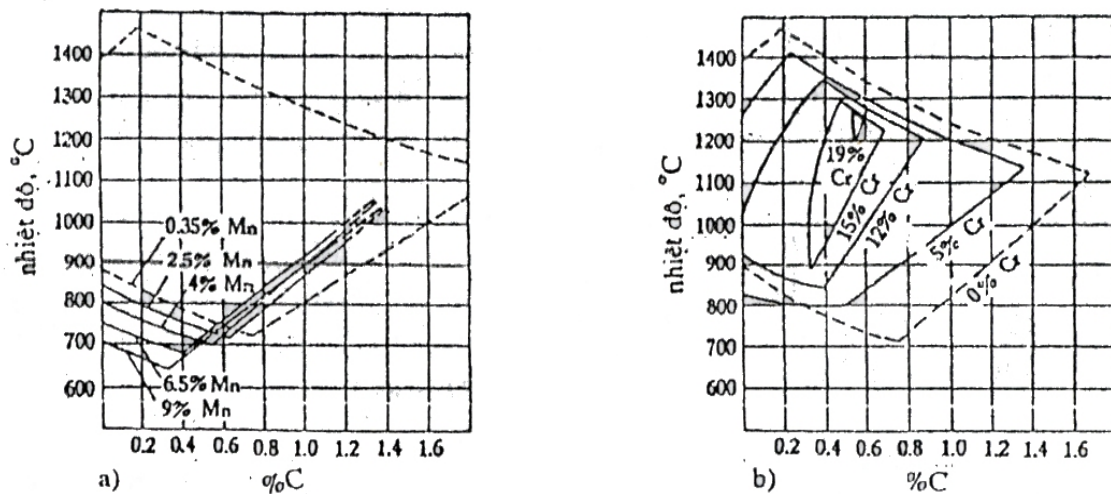
Crôm là nguyên tố thu hẹp khu vực tồn tại của austenit (thu hẹp vùng pha γ và mở rộng vùng pha α), với lượng Cr đủ lớn khu vực γ không tồn tại nữa mà tổ chức phe rit tồn tại ngay cả ở nhiệt độ cao cho đến khi chảy lỏng. Hợp kim này gọi là thép phe rit.

Thép austenit và thép phe rit không có chuyển biến pha khi nung nóng và làm nguội. Do vậy không thể hóa bền được bằng phương pháp tôi. Các trường hợp này chỉ gặp ở thép đặc biệt (thường là các thép không rỉ, thép chịu nóng)

2-Tạo thành các bít :

Tất cả các nguyên tố hợp kim (trừ Si, Ni, Al, Cu, Co) ngoài khả năng hòa tan vào sắt ra còn có thể kết hợp với các bon tạo thành các bít. Đó là các nguyên tố : Mn, Cr, Mo, W, Ti, Zr, Nb. Điều kiện để tạo thành các bít là số điện tử ở phân lớp d (3d, 4d, 5d) trong nguyên tử của nguyên tố đó nhỏ hơn 6 (là điện tử lớp d của Fe). Số nguyên tử phân lớp này càng nhỏ hơn 6 thì khả năng tạo các bít càng mạnh. Thứ tự tạo các bít của các nguyên tố như sau (theo chiều mạnh dần lên) :

Fe(6), Mn(5), Cr(5), Mo(5), W(4), V(3), Ti(2), Zr(2), Nb(2).



Hình 7.4 -Ảnh hưởng của Mn (a) và Cr (b) đến vùng α và γ trên giản đồ pha Fe-C

Khi cho các nguyên tố hợp kim vào thép thì các bon sẽ ưu tiên tác dụng với nguyên tố mạnh trước. Tùy theo nguyên tố hợp kim cho vào và hàm lượng của nó, trong thép hợp kim có các pha các bit sau đây :

-Xêmentit hợp kim $(Fe, Me)_3C$: Nếu trong thép chứa một lượng ít các nguyên tố tạo các bit trung bình và tương đối mạnh (1-2%) như : Mn, Cr, Mo, W chúng sẽ hòa tan thay thế vị trí các nguyên tử sắt trong xêmentit tạo nên xêmentit hợp kim $(Fe, Me)_3C$. Xêmentit hợp kim khó phân hủy hơn xêmentit nên nhiệt độ tôi có cao hơn một ít.

-Các bit với kiểu mạng phức tạp (cácbit phức tạp) : Khi hợp kim hóa đơn giản (một nguyên tố hợp kim) nhưng với số lượng lớn ($>10\%$) Cr hay Mn sẽ tạo nên các bit với kiểu mạng phức tạp : Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, Mn_3C có các đặc điểm sau :

+Có độ cứng cao hơn xêmentit một ít.

+Nhiệt độ nóng chảy không cao lắm khoảng $1550 \div 1850^\circ C$ có tính ổn định cao hơn nên nhiệt độ tôi phải lớn hơn $1000^\circ C$.

+Khi có Cr cùng với W hay Mo sẽ tạo ra các bit kiểu Me_6C , có tính ổn định cao hơn loại trên, khó hòa tan vào austenit hơn nên nhiệt độ tôi được nâng cao đến $1200 \div 1300^\circ C$

-Các bit với kiểu mạng đơn giản : Các nguyên tố tạo các bit mạnh và rất mạnh như V, Ti, Zr, Nb khi cho vào thép với hàm lượng ít (0,10%) sẽ tạo các bit có kiểu mạng đơn giản như VC, TiC, ZrC, NbC có các đặc điểm :

+Có độ cứng cao nhưng ít giòn hơn xêmentit.

+Nhiệt độ nóng chảy rất cao (xấp xỉ $3000^\circ C$) nên rất khó phân hủy và hòa tan vào austenit khi nung nóng, do vậy có tác dụng giữ cho hạt nhỏ và nâng cao tính chống mài mòn.

-Vai trò của các bit hợp kim :

+Làm tăng độ cứng, tính chống mài mòn mạnh hơn xêmentit. Do vậy các thép dụng cụ tốt phải là thép các bon cao và hợp kim cao.

+Nâng cao nhiệt độ tôi nhưng giữ được hạt nhỏ khi nung do vậy nâng cao độ dai và cơ tính.

+Tiết ra khỏi máctenxit và kết tụ lại ở nhiệt độ cao hơn do đó giữ được độ cứng sau khi tôi đến $500 \div 600^{\circ}\text{C}$ (tính cứng nóng).

7.3.4. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến quá trình nhiệt luyện :

Các nguyên tố hợp kim ảnh hưởng khá mạnh đến quá trình nhiệt luyện đặc biệt là tôi và ram do đó ảnh hưởng lớn đến cơ tính.

1-Chuyển biến khi nung nóng để tôi :

Các thép hợp kim thông thường đều có tổ chức peclit (trừ một số thép đặc biệt), do đó khi nung nóng sẽ có chuyển biến peclit thành austenit, các bit hòa tan vào austenit và hạt austenit phát triển lên. Tuy nhiên có một số đặc điểm sau :

-Sự hòa tan cacbit hợp kim khó khăn hơn nên cần nhiệt độ tôi cao hơn và thời gian giữ nhiệt dài hơn.

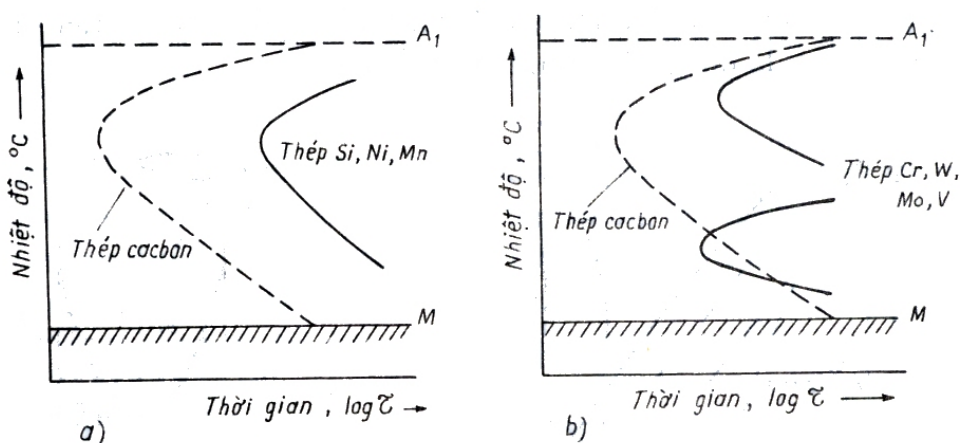
-Các bit hợp kim khó hoàn tan vào austenit nằm tại biên giới hạt như hàng rào giữ cho hạt nhỏ. Tác dụng này rất mạnh với Ti, Zr, Nb mạnh với V và khá mạnh với W, Mo (riêng Mn làm cho hạt lớn). Do đó thép hợp kim giữ được hạt nhỏ hơn thép các bon khi nung cùng nhiệt độ.

2-Sự phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội và độ thấm tôi :

Đây là tác dụng quan trọng nhất và điển hình nhất của nguyên tố hợp kim.

-Sự phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội : Khi hòa tan vào austenit tất cả các nguyên tố hợp kim (trừ Co) với các mức độ khác nhau đều làm chậm tốc độ phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội (làm đường cong chữ C chạy sang phải) do đó làm giảm tốc độ tôi tới hạn. Nếu không hòa tan vào austenit mà ở dạng các bit sẽ có tác dụng ngược lại.

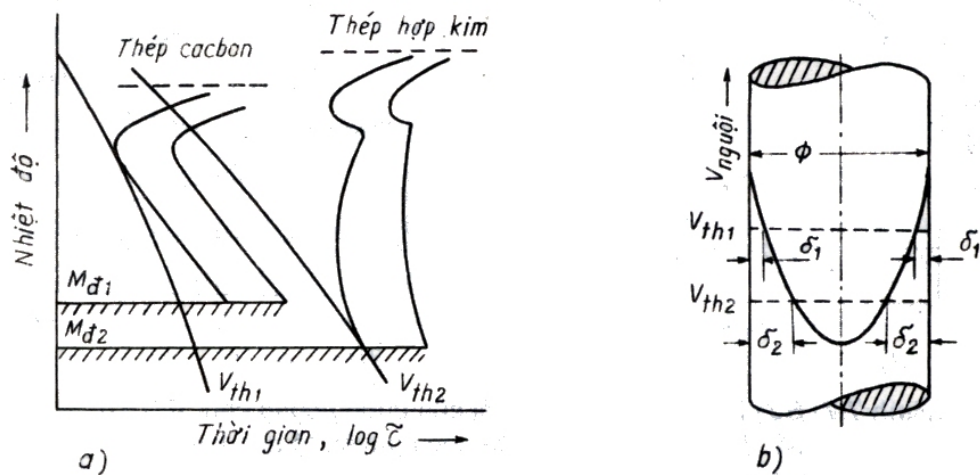
-Độ thấm tôi : Do làm giảm tốc độ tôi tới hạn nên các nguyên tố hợp kim (trừ Co) khi hòa tan vào austenit đều làm tăng độ thấm tôi. Nhờ tác dụng này mà thép hợp kim có thể tôi thấu hay tự tôi (làm nguội trong không khí vẫn tạo thành máctenxit - thép gió) mà thép các bon không thể có được.



Hình 7.5- Sự chuyển dịch sang phải của đường cong chữ "C" của các nguyên tố hợp kim

a) Thép C và thép hợp kim hóa bằng Ni, Si, Mn

b) Thép C và thép hợp kim hóa bằng Cr, W, Mo và V



Hình 7.6- Sơ đồ biểu diễn sự giảm tốc độ tôi tới hạn (a) và sự tăng độ thấm tôi (b) của thép hợp kim so với thép C

3-Chuyển biến máctenxit :

Khi hòa tan vào austenit, các nguyên tố hợp kim (trừ Co, Si, Al) đều hạ thấp nhiệt độ chuyển biến máctenxit do vậy làm tăng lượng austenit dư sau khi tôi. Cứ 1% nguyên tố hợp kim sẽ làm giảm điểm M_d như sau : Mn - 45°C, Cr - 35°C, Ni - 26°C, Mo - 25°C. Do đó sẽ làm giảm độ cứng sau khi tôi từ 1-10HRC. Tuy nhiên hoàn toàn có thể khắc phục nhược điểm này bằng gia công lạnh.

4-Chuyển biến khi ram :

Nói chung các nguyên tố hợp kim hòa tan vào máctenxit đều cản trở sự phân hóa của nó khi ram có nghĩa là làm tăng các nhiệt độ chuyển biến khi ram. Có hiện tượng trên là do các nguyên tố hợp kim cản trở khá mạnh sự khuếch tán của cacbon. Do vậy dẫn tới kết quả sau :

- Các bit tạo ra rất nhỏ mịn và phân tán làm tăng mạnh độ cứng và tính chống mài mòn hiện tượng này gọi là biến cứng phân tán. Trong một số thép hợp kim cao khi ram ở nhiệt độ thích hợp austenit dư chuyển biến thành máctenxit ram và các bit tiết ra nhỏ mịn, phân tán làm độ cứng tăng lên so với sau khi tôi gọi là độ cứng thứ hai.

- Khi ram hay cùng làm việc ở một nhiệt độ thép hợp kim bao giờ cũng có độ bền, độ cứng cũng như độ dai cao hơn (do ram cao hơn khả năng ứng suất dư nhiều hơn)

7.3.4.Các dạng hỏng của thép hợp kim :

1-Thiên tích :

Các thép hợp kim đặc biệt là loại hợp kim cao khi kết tinh thành phần tổ chức không đồng nhất, khi cán sẽ tạo thành tổ chức thớ làm cho cơ tính theo các phương dọc và ngang thớ khác nhau nhiều (đến 50 ÷ 70% hay cao hơn). Khắc phục bằng ủ khuếch tán sau đó cán nóng. Tuy nhiên với tiết diện lớn không thể khắc phục triệt để được, vẫn còn thấy dạng hỏng này.

2-Đốm trắng (điểm trắng) :

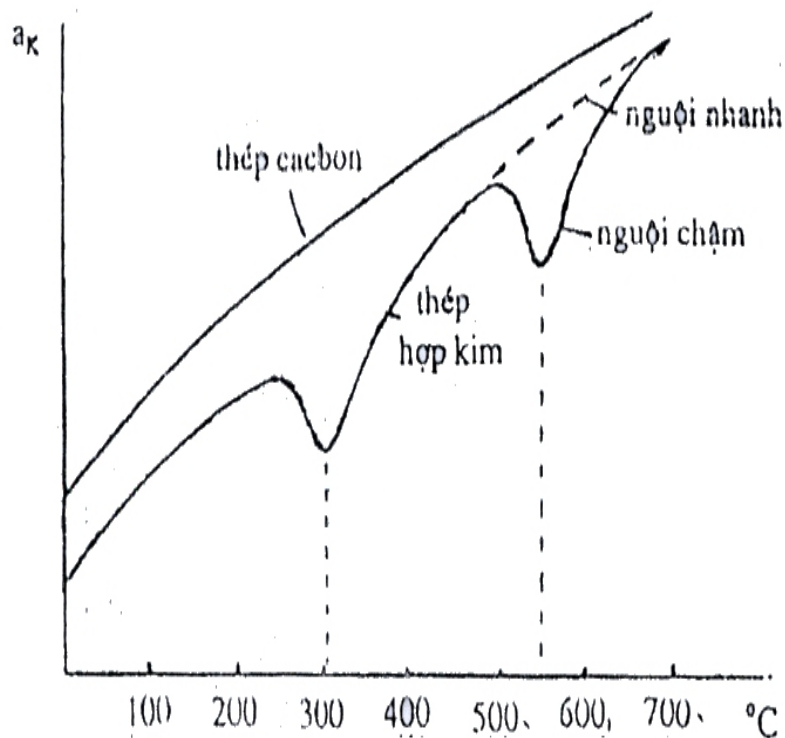
Là hiện tượng trên mặt gãy một số thép hợp kim có các vết nứt nhỏ có dạng lốm đốm trắng. Nguyên nhân do hydro có trong thép gây ra. Ở trạng thái lỏng hydro hòa tan

khá nhiều trong thép nhưng ở trạng thái rắn độ hòa tan giảm mạnh, đặc biệt là từ dưới 200°C trở đi giảm đột ngột. Do vậy hydro thoát ra nhiều tập trung lại tạo nên áp suất rất lớn và gây nứt tế vi. Hiện tượng này thường gặp trong các thép Cr-Ni, Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-W qua cán nóng (không thấy trong thép đúc).

Khắc phục : sấy khô mẻ liệu khi nấu luyện hoặc khí cán nóng làm nguội chậm để hydro kịp thoát ra.

3-Dòn ram :

Quy luật chung khi ram là nhiệt độ tăng lên độ dai liên tục tăng cho đến 650°C . Nhưng trong thép hợp kim khi ram có xuất hiện hai cực tiểu về độ dai khi tăng nhiệt độ. Hiện tượng



Hình 7.7-Ảnh hưởng của nhiệt độ ram đến độ dai và đập của thép hợp kim

-Dòn ram loại I (không thuận nghịch) : Xuất hiện khi ram thép hợp kim ở nhiệt độ $280^{\circ}\text{C} \div 350^{\circ}\text{C}$, có độ dai khá thấp (một số trường hợp thấp hơn sau khi tôi) . Thép cacbon cũng có hiện tượng này nhưng ở nhiệt độ thấp hơn.

Nguyên nhân có thể do các bit ε tiết ra ở dạng tấm hay austenit dư chuyển biến thành máctenxít ram làm thép dòn. Khắc phục : tránh ram ở khoảng nhiệt độ này.

-Dòn ram loại II (thuận nghịch, sửa chữa được) : Xảy ra trong các thép hợp kim hóa bằng Cr, Mn, Cr-Ni Cr-Mn khi ram ở $500 \div 650^{\circ}\text{C}$ và làm nguội chậm (làm nguội nhanh không có).

Nguyên nhân có thể do làm nguội chậm sau khi ram ở nhiệt độ cao thúc đẩy quá trình tiết ra các pha dòn tại biên giới hạt. Khắc phục : với các chi tiết trung bình và nhỏ làm nguội nhanh trong dầu hay nước sau khi ram. Với các chi tiết lớn hợp kim hóa thêm 0,50% Mo hay $0,50 \div 1,00\% \text{W}$.

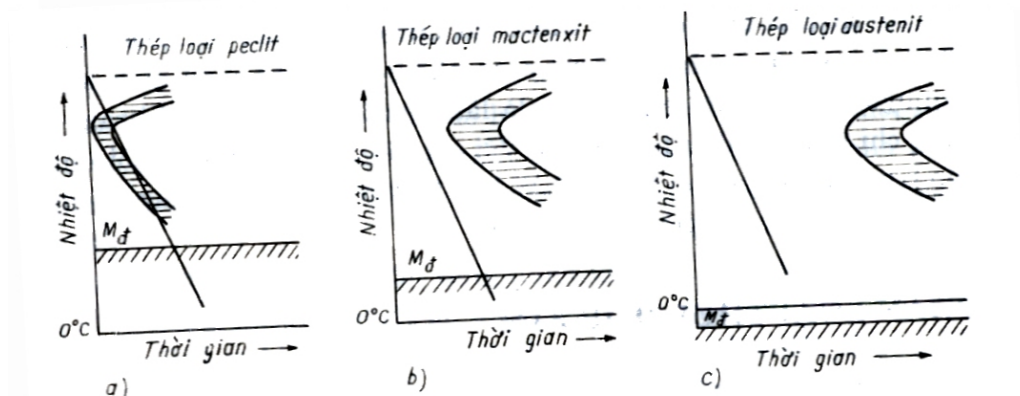
7.3.5. Phân loại thép hợp kim :

1-Theo tổ chức cân bằng : Theo tổ chức cân bằng (sau ủ) có các loại thép sau đây :

- Thép trước cùng tích : peclit và phe rit tự do
- Thép cùng tích : péclit
- Thép sau cùng tích : péclit và các bit tự do
- Thép lêđêburit
- Thép austenit
- Thép phe rit.

2-Theo tổ chức thường hóa : Tiến hành thường hóa các mẫu thép có đường kính 25mm

- Thép họ pec lit : làm nguội trong không khí nhận được hỗn hợp phe rit và xêmentit (peclit, xoocbit, trôstit)
- Thép họ mactenxit : xảy ra chuyển biến máctenxit khi làm nguội trong không khí.
- Thép họ austenit : có tổ chức austenit tồn tại ở nhiệt độ thường.



Hình 7.8- Đường cong chữ "C" của các loại thép.

a)Thép họ peclit; b)thép họ mactenxit; c)Thép họ austenit

3-Theo tên của nguyên tố hợp kim chủ yếu : Dựa vào nguyên tố hợp kim chủ yếu có lượng chứa lớn hơn cả để phân loại. Cách phân loại này biết được tính chất của nguyên tố hợp kim đưa vào và đoán được tính chất thép.

- Thép Cr, thép Mn, thép Ni...
- Thép Cr-Ni, Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-Ti...

4-Theo tổng lượng nguyên tố hợp kim : Cách phân loại này cho ta biết được giá trị, mức độ quý và giá thành của thép.

- Thép hợp kim thấp : có tổng lượng nguyên tố hợp kim nhỏ hơn 2,50%.
- Thép hợp kim trung bình : có tổng lượng nguyên tố hợp kim 2,50 ÷ 10%.
- Thép hợp kim cao : có tổng lượng nguyên tố hợp kim lớn hơn 10%.

5-Theo công dụng :

- Thép hợp kim kết cấu.
- Thép hợp kim dụng cụ.
- Thép hợp kim đặc biệt.

7.3.6. Ký hiệu thép hợp kim :

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 phần vạn, nếu xấp xỉ 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.

-Thép có công dụng riêng được ký hiệu riêng.

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

50CrNiMo có : 0,50%C; 1%Cr; 1%Ni; 1%Mo

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

OL100Cr1,5SiMn - OL thép ổ lăn, có : 1%C; 1,5%Cr; 1%Si; 1%Mn.

130Mn13Đ có : 1,30%C; 13%Mn; Đ : chế tạo sản phẩm chỉ bằng phương pháp đúc.

CHƯƠNG 8 : THÉP KẾT CẤU

8.1.KHÁI NIỆM CHUNG VỀ 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.

8.1.1.Yêu cầu của thép kết cấu :

1-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.

a-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.

b-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.

c-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.

d-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.

2-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.

3-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.

8.1.2.-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.

1-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%. Tuy 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 :
 $0,55 \div 0,65\%$.

2-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 :

a-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 $1 \div 3\%$ cao nhất $5 \div 6\%$. 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).

b-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.

8.2.THÉP THẨM CÁC BON :

8.2.1.Thành phần hoá học :

Thép thấm các bon là loại thép có thành phần các bon thấp : $0,10 \div 0,25\%$ (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.

1-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.

2-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.

8.2.2.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 $60 \div 62$ HRC, chống mài mòn tốt, lõi có độ cứng $30 \div 40$ HRC độ dẻo tốt, độ dai cao, độ bền tốt $500 \div 600$ 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°C , 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...).

8.2.3. 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 $700 \div 800 \text{ MN/m}^2$.)
- Làm các chi tiết tương đối phức tạp do tôi trong dầu độ biến dạng nhỏ.
- Nhiệt độ thấm $900 \div 920^\circ\text{C}$, 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 ($\phi = 20 \div 40 \text{ mm}$) như : bánh răng, trục bậc, chốt cần tính chống mài mòn cao.

8.2.4. Thép crôm-niken và crôm-niken-môlipđen :

a-Thép crôm -ni ken : nhóm thép này có đặc điểm sau :

- Sau khi thấm các bon tôi và ram thấp độ cứng đạt $60 \div 62\text{HRC}$, tính chống mài mòn cao hơn, độ bền đạt $1000-1200 \text{ MN/m}^2$
- 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 đến 100 mm)
- Nhiệt độ thấm các bon $900 \div 920^\circ\text{C}$

Chúng được chia ra làm hai loại :

-Loại hợp kim thấp chứa $0,50 \div 1,00\% \text{Cr, Ni} > 1\%$ 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 ($50 \div 70\text{mm}$), chịu tải trọng và 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 thấm 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.

b-Thép crôm-niken-môlipđen : Trên cơ sở thép crôm -niken cao nhưng có thêm $0,10 \div 0,40\% \text{Mo}$ 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.

8.2.5. Thép crôm-mangan-titan :

Nhóm thép này có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao được sử dụng khá phổ biến làm 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 hoà các bon, hạt không lớn nên có thể nâng cao nhiệt độ thấm đến $930 \div 950^\circ\text{C}$, tôi trực tiếp ngay sau khi thấm, độ biến dạng nhỏ. Gồm các thép : 18CrMnTi, 25CrMnTi.

8.3.THÉP HOÁ TỐT :

Là loại thép có thành phần các bon trung bình $0,30 \div 0,50\%$ 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)

8.3.1.Thành phần hoá học :

1-Các bon : trong giới hạn từ $0,30 \div 0,50\%$ 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 $0,35 \div 0,45 \%C$

2-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 $1 \div 2\%$, niken $1 \div 4\%$. Ngoài ra có thể dùng thêm silic không quá 1% . Ngày nay có xu hướng dùng thêm bo với hàm lượng $0,000 \div 0,003\%$. Nguyên tố hợp kim phụ là molybden và vonfram chủ yếu để chống giòn ram cho các chi tiết lớn.

8.3.2.Đặc điểm về nhiệt luyện :

Để cải thiện tính gia công cắt gọt sau khi tạo phôi bằng rèn, dập nóng thép được ủ hoàn toàn đạt độ cứng $180 \div 220 HB$ (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 xocbit ram (độ cứng $25 \div 30HRC$). 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 $52 \div 58HRC$). Ngoài ra có thể dùng thấm ni tơ hay thấm cacbon - ni tơ khi cần độ cứng cao hơn.

8.3.3.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 $750 \div 850MN/m^2$
- 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 ($\phi = 20 \div 30mm$) như : thanh truyền, chốt phẳng, trục, bánh răng bị động ...

8.3.4.Thép crôm :

Thường dùng loại thép chứa $0,50 \div 1,00\%$ 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 $800 \div 950MN/m^2$.

-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).

8.3.5.Thép crôm - mômipđen :

Cho thêm khoảng 0,25% mômipđen 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.

8.3.6.Thép crôm-mangan hay 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 $1000-1100\text{MN/m}^2$, dùng làm các chi tiết khá lớn ($\phi = 50 \div 60\text{mm}$). 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.

8.3.7.Thép crôm-niken và crôm-niken-mômipđen :

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 $\phi 50 \div 60 \text{ mm}$, có độ bền $700 \div 800\text{MN/m}^2$, $a_K = 700\text{kJ/m}^2$. 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 $1 \div 2\%\text{Cr}$, $2 \div 4\%\text{Ni}$ (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-mômipđen : loại thép này dựa trên cơ sở thép crôm niken cao và cho thêm vào khoảng $0,1 \div 0,40\%\text{Mo}$. 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, ($\phi \geq 100 \text{ mm}$) 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.

8.4.THÉP ĐÀN HỒI :

Thép đàn hồi là loại thép có hàm lượng các bon tương đối cao : $0,55 \div 0,65\%$, 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.

8.4.1.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 σ_{dh}/σ_B càng gần đến một càng tốt, thông thường đạt từ $0,85 \div 0,95$.

- 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.

8.4.2.Đặc điểm về thành phần hoá học và chế độ nhiệt luyện :

1-Thành phần hoá học :

- Các bon : để thỏa mãn các yêu cầu trên lượng các bon từ $0,55 \div 0,70\%$ nhưng thường sử dụng từ $0,55 \div 0,65$ 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 dòn, cứng.

2-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 trostit ram. Để đảm bảo giới hạn đàn hồi và giới hạn mỏi 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 mống các vết nứt mỗi bằng cách cán, kéo nguội hay mài.

8.4.3.Các loại thép đàn hồi :

1-Thép các bon và thép mangan :

Gồm các mác thép : C55, C60, C65, C70...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 làm các lò xo thường, yêu cầu không cao lắm.

2-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 $20 \div 30 \text{ mm}$ 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 cót đồng hồ. Cần lưu ý rằng các thép này nếu ở dạng dây tròn với đường kính $< 6 \text{ mm}$ đã được nhiệt luyện rồi (nếu là thép của Nga) do đó chỉ cần uốn nguội rồi đem ủ thấp để khử ứng suất là sử dụng được.

8.5. 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.

8.5.1. 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 peclit.

-Hàm lượng silic thấp để thép không bị cứng, $\text{Si} \leq 0,05 \div 0,07\%$, thuộc loại thép sôi.

-hạt nhỏ và đều, cấp hạt $6 \div 8$.

Các mác thép thông dụng : C05s, C08s, C10s, C15s... Công dụng : làm chấn bần, ca bin xe, sat xi xe... Với thép lá mỏng có thể được tráng kẽm, thiếc để dùng trong công nghiệp thực phẩm làm đồ hộp hay tráng kẽm hay nhôm để làm tấm lợp.

8.5.2. 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 $0,10 \div 0,40\%$, tổ chức phần lớn là phe rít và một phần péclit. Lượng photpho và lưu huỳnh cao hơn mức bình thường, photpho khoảng $0,08 \div 0,15\%$, lưu huỳnh khoảng $0,15 \div 0,35\%$. Lượng mangan $0,80 \div 1,00\%$ để tạo ra MnS làm phoi dễ gãy vụn. Thời gian gần đây người ta còn cho thêm chì ($0,15 \div 0,30$) vào thép dễ cắt để tăng khả năng cắt gọt của nó (chì có nhiệt độ chảy thấp 327°C dễ 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...

8.5.3 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.

1-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 lăn với nhau nên tại từng thời điểm chúng bị mài mòn điểm. 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.

2-Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện :

a-Thành phần hoá học : lượng các bon cao 1%, hợp kim hoá crôm từ $0,50 \div 1,50\%$, để nâng cao độ thấm tôi, 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).

b-Nhiệt luyện : Tôi trong dầu ở nhiệt độ $850 \div 860^{\circ}\text{C}$, ram thấp ở nhiệt độ $150 \div 180^{\circ}\text{C}$. Tiến hành gia công lạnh để giảm tối đa lượng austenit dư lúc này độ cứng đạt $\geq 65 \text{ HRC}$.

3-Các mức thép :

OL100Cr0,6; OL100Cr0,9; OL100Cr1,5; OL100Cr1,5SiMn. Ngoài ra chúng còn được dùng làm bàn ren, dụng cụ cán ren, ta rô, dụng cụ đo, pit tông và xi lanh bơm cao áp...

8.5.4.Thép đường ray :

Là loại thép các bon chất lượng cao, với hàm lượng các bon và mangan tương đối cao : $0,50 \div 0,80\% \text{C}$, $0,60 \div 1,00\% \text{Mn}$, lượng photpho và lưu huỳnh thấp : $0,05\% \text{S}$, $0,04\% \text{P}$. Việt Nam chưa có tiêu chuẩn cho thép đường ray, theo tiêu chuẩn của Nga nó được ký hiệu bằng chữ P (raytxnaia 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 hổng có thể tận dụng để làm các chi tiết và dụng cụ khác như : đục, dao, nhíp, dụng cụ gia công gỗ ...

8.5.5.Thép chống mài mòn cao : (thép Hadfield)

Loại thép này chứa các bon cao ($0,90 \div 1,30\%$) và lượng mangan lớn ($11,40 \div 14,50\%$), 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 của thép chống mài mòn cao bằng phương pháp đúc. Hiện tại chỉ có một mức 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...

8.5.6.Dây thép các loại :

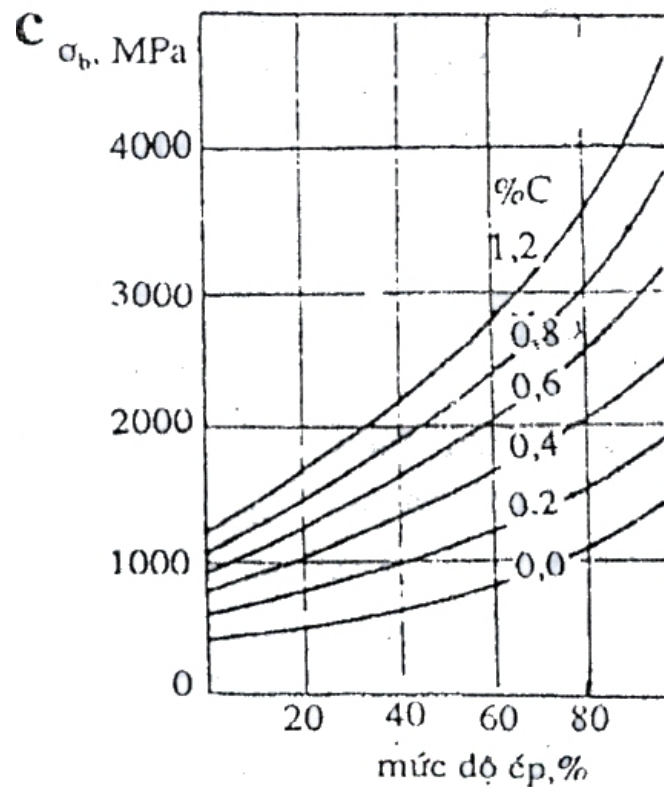
Dây thép được sản xuất từ nhà máy luyện kim bằng phương pháp kéo nguội. Cơ tính của dây thép phụ thuộc và hàm lượng các bon và mức độ biến dạng. Dây thép có

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 ($0,50 \div 0,70\%C$) dùng làm các lò xo tròn. Dây thép có hàm lượng các bon cao, mức độ biến dạng lớn dùng làm dây cáp...

8.6.THÉP CÓ CÔNG DỤNG ĐẶC BIỆT :

8.6.1.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



Hình 8.1 - Ảnh hưởng của độ biến dạng đến độ bền dây thép

khả năng chống ăn mòn trong một 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 : $0,125 \div 1,25$ mm/năm.
- Tính chống ăn mòn yếu (không đạt yêu cầu) : khi độ xâm thực $> 1,25$ mm/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) lên xấp xỉ nhau, 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 $> 12,5\%$

1-Thép không gỉ hai pha (máctenxit) :

Là loại thép có 0,1 ÷ 0,40%C và 13%Cr với hai pha là pherit và các bít crôm. Gồm các mác sau : 12Cr13, 20Cr13, 30Cr13 và 40Cr13. Nhóm thép này có tính chống ăn mòn cao trong không khí, nước sông, nước máy và axit HNO_3 . Công dụng : làm đồ trang sức, ốc vít không gỉ, chi tiết chịu nhiệt ($<450^\circ\text{C}$) dụng cụ mổ, ổ bi chống ăn mòn...

2-Thép không gỉ 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 : 8Cr13, 12Cr17, 15Cr25Ti...Chúng có đặc điểm là nếu nung nóng lâu ở cao hơn 475°C 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...

3-Thép không gỉ austenit :

Là loại thép có lượng các bon rất thấp, lượng crôm cao $> 16 \div 18\%$ và niken cao $\geq 6 \div 8\%$, tổ chức một pha là austenit. Điển hình nhất là họ 18.8 và 18.9 (18%Cr và $8 \div 10\%$ 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, dung dịch muối. Hoàn toàn ổn định trong HNO_3 với mọi nồng độ, trong H_2SO_4 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 $900 \div 1000^\circ\text{C}$. 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.

4-Thép không gỉ hoá bền tiết pha :

Có thành phần và tổ chức tương tự thép không gỉ austenit nhưng chứa lượng crôm và niken thấp hơn ($13 \div 17\%$ Cr, $4 \div 7\%$ 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.

8.6.2.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...

1-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 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 $\sigma_{0,2/1000} = 170$ MN/m²).

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 $650 \div 700^{\circ}\text{C}$. Để làm xu páp xả ta dùng loại thép có các bon trung bình ($0,35 \div 0,50\%$), chứa crôm cao ($9,00 \div 10,00\%$) 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.

3-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 ($540 \div 560^{\circ}\text{C}$) sử dụng mác : 12CrMo, 12CrMoV. Cánh tua bin hơi dùng thép : 15Cr12W2NiMoV, 15Cr11MoV. Với nồi hơi áp suất siêu cao dùng loại thép 9Cr14Ni19W2NbB.

CHƯƠNG 9 : THÉP DỤNG CỤ

Thép dụng cụ là loại được sử dụng để chế tạo các dụng cụ cắt gọt, biến dạng kim loại và dụng cụ đo. Tuy số lượng dụng cụ không nhiều lắm nhưng chúng có vai trò quyết định đến năng suất, chất lượng và giá thành của sản phẩm cơ khí. Việc chuẩn bị dụng cụ luôn luôn phải đi trước và phải hoàn thiện triệt để trước khi bước vào sản xuất.

9.1.THÉP VÀ HỢP KIM LÀM DỤNG CỤ CẮT

9.1.1.-Điều kiện làm việc và yêu cầu :

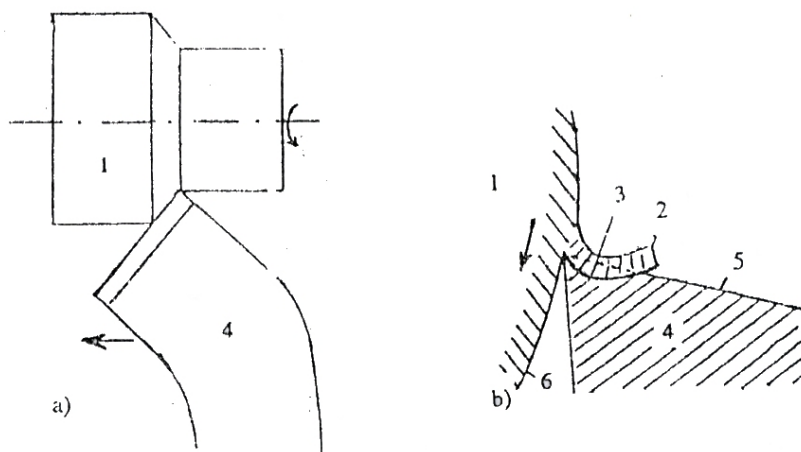
1-Điều kiện làm việc :

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.



Hình 9.1 - Sơ đồ tiện (a) và sơ đồ mặt cắt khi tiện

1)Phôi; 2)Phoi; 3)Rãnh lõm; 4)Dao; 5)Mặt trước; 6)Mặt sau

2-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 gỉ 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 ...

9.1.2. 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 m/phút.

1-Thép các bon :

Gồm các mác thép CD70, CD80... CD130 (hay CD70A... CD130A). Đây là loại thép chất lượng tốt và chất lượng cao, với lượng lưu huỳnh và photpho thấp ($P \leq 0,030 \div 0,035$; $S \leq 0,020 \div 0,030$). Chúng có đặc điểm :

- Sau khi tôi và ram thấp có độ cứng ≥ 60 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 $200 \div 250^{\circ}\text{C}$.

Công dụng : làm các dụng cụ cắt nhỏ, hình dáng đơn giản với năng suất thấp hay gia công bằng tay : dũa, lưỡi cưa sắt, đục...

2-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 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 $0,50\%\text{Cr}$ và $4-5\%\text{W}$. 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).

9.1.3. 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 ÷ 10 lần)
- Độ thấm tôi đặc biệt cao (thấm tôi với tiết diện bất kỳ)

1-Thành phần hoá học và tác dụng của các nguyên tố trong thép gió :

a-Các bon : từ $0,70 \div 1,50\%$ 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.

b-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.

c-Vonfram : 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÷570°C nên duy trì độ cứng sau khi tôi đến 600°C.

d-Môlipđen : 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 vonfram (19,3 g/cm³) nên 1%Mo thay thế được 2%W làm cho giá thành thấp.

e-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.

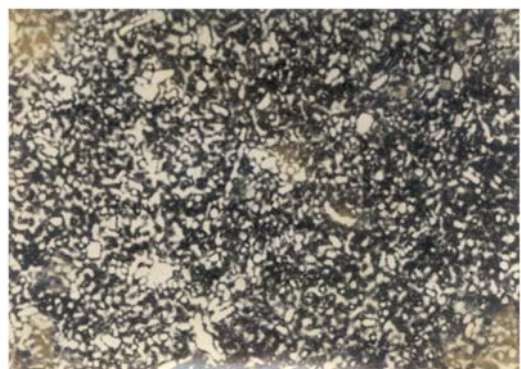
f-Côban : là nguyên tố không tạo thành cácbit, nó hoà tan vào sắt tạo thành dung dịch rắn. Lượng chứa của nó từ 5÷10% góp phần nâng cao tính cứng nóng, vượt quá giới hạn này làm cho thép bị dòn mà không nâng cao thêm tính cứng nóng.

2-Tổ chức tế vi :

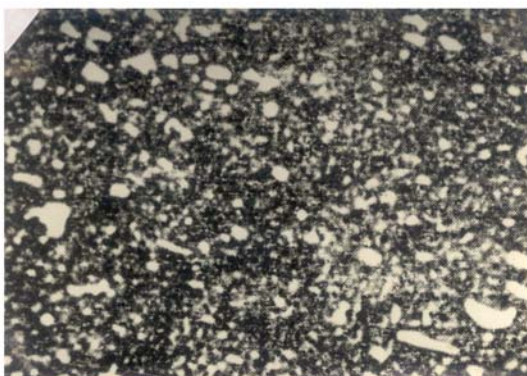
Là loại thép hợp kim cao (10÷20%) và các bon cao nên ở trạng thái sau khi đúc là thép lêđêburit, chứa nhiều các bit dưới dạng cùng tinh lêđêburit hình xương cá rất cứng và dòn. Vì vậy phải tiến hành cán, rèn với lượng ép lớn để làm nhỏ mịn các bit và ủ không hoàn toàn 840÷860°C đạt độ cứng 241÷269HB mới tiến hành cắt gọt được.



a)



b)



c)

Hình 9.2 - Tổ chức tế vi thép gió

a) Sau khi đúc

b) Sau khi cán rèn

c) Sau khi tôi ram

3-Nhiệt luyện :

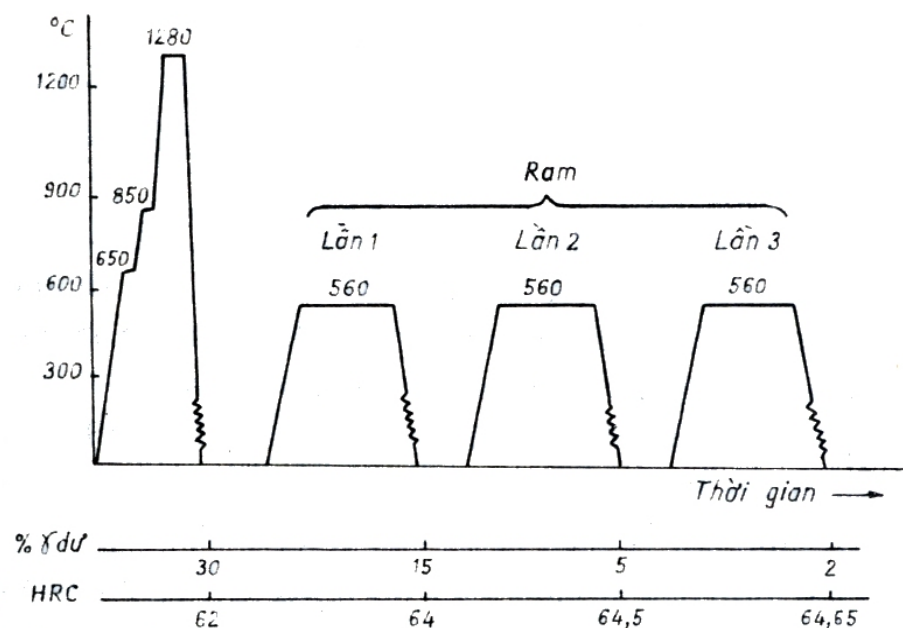
Tiến hành tôi và ram để nâng cao độ cứng, tính chống mài mòn và tính cứng nóng. Nhiệt độ tôi của các loại thép gió nói chung xấp xỉ 1300°C với sai số hẹp ($\pm 10^{\circ}\text{C}$). Không nung nóng cao hơn hay thấp hơn vì những lý do sau đây :

-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 $850 \div 900^{\circ}\text{C}$ thép có độ cứng thấp khoảng $45 \div 50\text{HRC}$, 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. Tôi 1000°C đã bão hoà Cr_{23}C_6 , $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ 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 cho 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 ($15 \div 20\%$) độ cứng $61 \div 63 \text{HRC}$ 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 $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ nhỏ mịn bắt đầu tiết ra làm máctenxit nghèo nguyên tố hợp kim, nâng cao điểm M_d lên và làm giảm ứng suất nên austenit dư mới chuyển biến thành máctenxit ram làm độ cứng tăng lên. Nếu tiến hành gia công lạnh thì chỉ ram một lần. Tổ chức sau khi ram : máctenxit ram, austenit dư (5%), các bit dư ($15 \div 20\%$), độ cứng đạt $63 \div 65 \text{HRC}$. 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.



Hình 9.3- Quy trình nhiệt luyện kết thúc thép gió 80W18Cr4VMo

4-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 rất rộng rãi làm các dụng cụ cắt gọt lớn, hình dáng phức tạp, điều kiện làm việc nặng nề và có năng suất cao, tuổi thọ lớn như : dao phay, doa, chuốt, xọc, mũi khoan, dao tiện, bào...

9.1.4.Hợp kim cứng :

Là loại vật liệu làm dụng cụ cắt gọt có tính cứng nóng cao nhất đến $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$, tốc độ cắt gọt có thể đạt hàng trăm m/phút.

1-Thành phần hóa học và cách chế tạo :

a-Thành phần hóa học : Thành phần chủ yếu của hợp kim cứng gồm các loại cacbit : các bit vonfram titan, tantan và kim loại coban làm chất dính kết. Tính cứng nóng cao và tốc độ cắt gọt lớn là do bản chất của những loại các bit nói trên.

b-Cách chế tạo : Hợp kim cứng được chế tạo bằng luyện kim bột. Tạo các bit vonfram, ti tan và tantan sau đó nghiền nhỏ đến cỡ hạt $0,10 \div 5 \mu\text{m}$. Coban cũng được nghiền nhỏ với cỡ hạt như trên. Trộn bột các bit và coban theo tỷ lệ quy định và khuấy đảo trong nhiều giờ để làm đồng đều thành phần. Ép thành hình sản phẩm và thiêu kết ở 1450°C để coban chảy ra dính kết các phần tử bột các bit với nhau.

2-Phân loại và ký hiệu :

Dựa vào số lượng các bit ta phân hợp kim cứng ra làm ba nhóm : nhóm một các bit, hai các bit và ba các bit.

a-Nhóm một các bit : Gồm có WC và Co. Ký hiệu : WCCo3, WCCo4, WCCo6, WCCo8, WCCo10. Trong đó số đứng sau Co chỉ lượng chứa của nó theo phần trăm, lượng WC bằng 100% trừ đi lượng Co.

Ví dụ : WCCo8 gồm có : 8%Co và 92%WC

b-Nhóm hai các bit : Gồm WC, TiC và Co. Ký hiệu : WCTiC30Co4, WCTiC15Co6 WCTiC5Co10... số đứng sau Co và TiC chỉ lượng chứa của chúng theo phần trăm. Lượng WC bằng 100% trừ đi tổng các tỷ lệ trên.

Ví dụ : WCTiC15Co6 gồm có : 6%Co, 15%TiC và 79%WC

c-Nhóm ba các bit : Gồm WC, TiC, TaC và Co. Ký hiệu : WCTTC7Co12, WCTTC10Co8, WCTTC20Co9...Số đứng sau Co và TTC chỉ lượng chứa của Co và TiC +TaC theo phần trăm (muốn tìm tỷ lệ của mỗi loại phải tra bảng). Tỷ lệ WC bằng 100% trừ đi tổng các tỷ lệ trên.

Ví dụ : WCTTC17Co12 gồm có : 12%Co, 17%(TiC+TaC) và 71%WC

3-Tổ chức và cơ tính :

a-Tổ chức : Tổ chức của hợp kim cứng gồm các hạt đa cạnh sắc nằm trên nền tối là Co. Yêu cầu chung là hạt càng nhỏ mịn và càng phân bố đều càng tốt. Do chế tạo bằng luyện kim bột nên bao giờ cũng có rỗ xốp, nhưng không được quá 2%. Trong quá trình tạo các bit không được để có graphit vì sẽ tạo ra các điểm mềm.

b-Cơ tính : Hợp kim cứng có độ cứng rất cao từ $82 \div 90\text{HRA}$ ($70 \div 75\text{HRC}$), tính chống mài mòn rất cao, tính cứng nóng lớn nhưng khá giòn. Với cùng lượng coban như nhau thì số lượng các bit càng nhiều cơ tính sẽ càng cao lên và được xem là càng tốt. Để kết hợp giữa độ cứng và tính, giòn tốt nhất ta thường dùng lượng coban khoảng 6-8%.

4-Công dụng :

Hợp kim cứng được sử dụng ngày càng nhiều để làm dụng cụ cắt gọt và khuôn dập. Do độ cứng và tính cứng nóng rất cao nên về phương diện cắt gọt thì hiệu quả sử dụng vonfram trong hợp kim cứng cao hơn thép gió khoảng 10 lần.

Hợp kim cứng được sử dụng làm các loại dụng cụ cắt gọt hình dáng đơn giản và nhỏ, thường ở dạng tấm mỏng như dao tiện, dao bào. Ngoài ra nó còn dùng làm khuôn dập, khuôn kéo có kích thước nhỏ, mũi khoan đất, đá...

So với thép dụng cụ, hợp kim cứng có tính giòn cao hơn, không chịu được va đập và tải trọng động, tính dẫn nhiệt kém chỉ khoảng 50% của thép.

9.2.THÉP LÀM DỤNG CỤ BIẾN DẠNG NGUỘI (KHUÔN DẬP NGUỘI) :

Là loại thép làm dụng cụ biến dạng dẻo kim loại ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại (thông dụng nhất là ở nhiệt độ thường). Đây là hình thức gia công rất phổ biến cho năng suất cao.

9.2.1.-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 $200 \div 250^{\circ}\text{C}$ 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. Tùy theo vật liệu đem dập độ cứng khuôn từ $58 \div 62 \text{ HRC}$, không nên cao hơn giới hạn này vì làm khuôn bị mòn, 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 bảo 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.

9.2.2.Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện :

1-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 $0,40 \div 0,60\%$. Khi yêu cầu chống mài mòn thật cao lượng các bon đến $1,50 \div 2,00\%$

- 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%

2-Chế độ nhiệt luyện :

Tôi và ram thấp. Khi tôi chú ý lấy nhiệt độ cao hơn so với dao cắt từ $20 \div 40^{\circ}\text{C}$ để austenit đồng nhất hơn. Khi ram cũng chọn nhiệt độ cao hơn.

9.2.3.Thép làm khuôn dập nguội :

1-Thép làm khuôn bé (chiều dày thành khuôn nhỏ hơn 75mm):

Ta 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.

2-Thép làm khuôn trung bình (chiều dày thành khuôn $75 \div 100$ mm):

Để làm khuôn trung bình hay khuôn bé, hình dáng phức tạp, chịu tải trọng lớn ta dùng các thép hợp kim thấp : 100Cr, 100CrWMn, 10CrWSiMn.

3-Thép làm khuôn lớn và chống mài mòn cao(chiều dày thành khuôn $200 \div 300$ mm):

Để làm các khuôn lớn, chịu tải nặng và chịu mài mòn lớn ta dùng loại thép chứa 12%Cr và lượng các bon rất cao ($1,50 \div 2,00\%$) : 200Cr12, 150Cr12Mo, 130Cr12V. Nhóm thép này có đặc điểm :

- Độ thấm tôi lớn : tôi trong dầu chiều sâu tôi đạt $150 \div 200$ 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.

4-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 $3 \div 5\%$ 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.

9.3.THÉP LÀM DỤNG CỤ BIẾN DẠNG NÓNG (KHUÔN DẬP NÓNG) :

Biến dạng nóng là hình thức gia công chủ yếu để chế tạo bán thành phẩm và phôi trong sản xuất cơ khí. Trong cơ khí thường dùng nhất là các loại khuôn rèn, ép ,kéo

9.3.1.Điều kiện làm việc và yêu cầu :

1-Điều kiện làm việc :

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 phôi nóng tới 1000°C , do vậy chúng bị nung nóng đến $500 \div 700^{\circ}\text{C}$ nhưng không thường xuyên, liên tục.

- Do được nung nóng đến nhiệt độ cao nên phôi 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.

2-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 $350 \div 450$ HB ($35 \div 46$ 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 mối nhiệt lớn.

9.3.2.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 $0,30 \div 0,50\%$ 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 $8 \div 10\%$ 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.

9.3.3. Thép làm khuôn rèn :

Các khuôn rèn thường có kích thước lớn, chịu tải trọng cao và va đập, bị nung nóng ít ($500 \div 550^\circ\text{C}$) 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 $400 \times 300 \times 300$ mm.

-Tôi và ram từ $500 \div 600^\circ\text{C}$.

-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.

9.3.4. Thép làm khuôn ép chảy (kéo, chôn, ép) :

Khác với khuôn rèn, thép làm khuôn chôn, 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 $60 \div 700^\circ\text{C}$ nên phải dùng loại thép hợp kim cao (khoảng 10%) bằng crôm và vonfram. Lượng các bon từ $0,30 \div 0,50\%$. 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 thấm các bon - nitơ ở nhiệt độ $500 \div 600^\circ\text{C}$ (cần lưu ý phải thấm thấp hơn nhiệt độ ram)

9.4. 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 ...

9.4.1. 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 $63 \div 65$ 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.

9.4.2. 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 $10^{-5} \div 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Các mác thép thông dụng : 100Cr, 100CrWMn, 140CrMn...

9.4.3. Thép làm cụ 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 bề mặt và ram thấp
- Thép 38CrMoAlA : thấm ni tơ.

CHƯƠNG 10 : 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...

10.1.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.

10.1.1.Khái niệm và phân loại :mmmmm

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 ($2,70 \text{ g/cm}^3$) : 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% đồng 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.

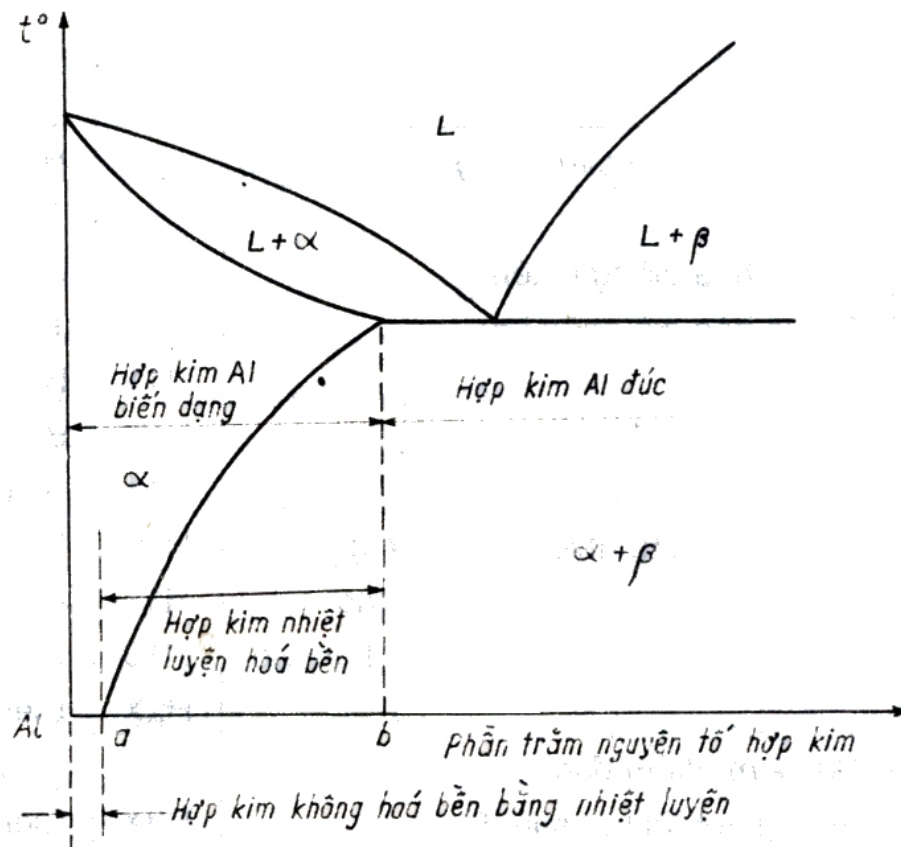
2-Phân loại hợp kim nhôm :

Trong kỹ thuật hầu như không sử dụng nhôm nguyên chất mà chủ yếu dùng hợp kim nhôm. Hợp kim nhôm được phân ra làm hai nhóm : hợp kim nhôm đúc và hợp kim nhôm biến dạng.

a-Hợp kim nhôm biến dạng : là các hợp kim chứa một lượng ít các nguyên tố hợp kim có thành phần nằm bên trái điểm b trên giản đồ pha. Để sản xuất các sản phẩm từ nhóm hợp kim này người ta dùng phương pháp biến dạng. Chúng được chia ra làm hai phân nhóm nhỏ : không hóa bền được bằng nhiệt luyện và hóa bền được bằng nhiệt luyện.

- Hợp kim nhôm biến dạng không hóa bền được bằng nhiệt luyện : gồm các hợp kim có thành phần nằm bên trái điểm a. Các hợp kim này có tổ chức là dung dịch rắn ở mọi nhiệt độ, không có chuyển biến pha nên không thể hóa bền được bằng nhiệt luyện. Muốn hóa bền chúng chỉ duy nhất bằng biến dạng nguội.

-Hợp kim nhôm biến dạng hóa bền được bằng nhiệt luyện : gồm các hợp kim có thành phần nằm bên phải điểm a, ở nhiệt độ thường có tổ chức hai pha là dung dịch rắn và pha thứ hai. Khi nung nóng đến nhiệt độ cao hơn giới hạn bão hòa pha thứ hai hòa tan hết vào dung dịch rắn (có chuyển biến pha) nên có thể hóa bền được bằng nhiệt luyện.



Hình 10.1-Phân loại hợp kim nhôm

Theo TCVN 1659-75 ký hiệu hợp kim nhôm biến dạng như sau : đầu tiên là ký hiệu của nguyên tố nhôm tiếp sau là ký hiệu các nguyên tố hợp kim, các số đứng sau nguyên tố hợp kim chỉ lượng chứa của chúng theo phần trăm.

Ví dụ : AlCu4,4Mg0,5Mn0,8 4,4%Cu; 0,5%Mg; 0,8%Mn; còn lại Al

AlCu4,4Mg1Fe1,5Mn0,6 4,4%Cu; 1%Mg; 1,5%Fe; 0,6%Mn; còn lại Al

b-Hợp kim nhôm đúc : Gồm các hợp kim chứa khá nhiều các nguyên tố hợp kim, có thành phần nằm bên phải điểm b. Các hợp kim này có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn, có tổ chức cùng tinh nên tính đúc cao. Do chứa nhiều pha thứ hai (chủ yếu là hợp chất hóa học) nên khá giòn, không thể biến dạng dẻo được, khả năng hóa bền bằng nhiệt luyện không đáng kể. Chế tạo sản phẩm chủ yếu bằng phương pháp đúc.

Theo TCVN 1659-75 hợp kim nhôm đúc ký hiệu như hợp kim nhôm biến dạng chỉ khác là ở cuối ký hiệu có thêm chữ Đ để chỉ là hợp kim đúc.

Ví dụ : AlSi12Cu2Mg1Mn0,6Ni1Đ 12%Si; 2%Cu; 1%Mg; 0,6%Mn; 1%Ni; còn lại là Al. Chữ Đ chỉ hợp kim nhôm đúc.

AlCu5Mg1Ni3Mn0,2Đ 5%Cu; 1%Mg; 3%Ni; 0,2%Ni còn lại Al

AlSi7Mg0,3Đ

7%Si; 0,3%Mg còn lại Al

Ngoài hai loại hợp kim nhôm thông dụng trên còn có loại hợp kim nhôm thiêu kết được chế tạo bằng luyện kim bột. Bằng cách pha nguyên liệu dưới dạng bột theo thành phần quy định và thiêu kết thành sản phẩm.

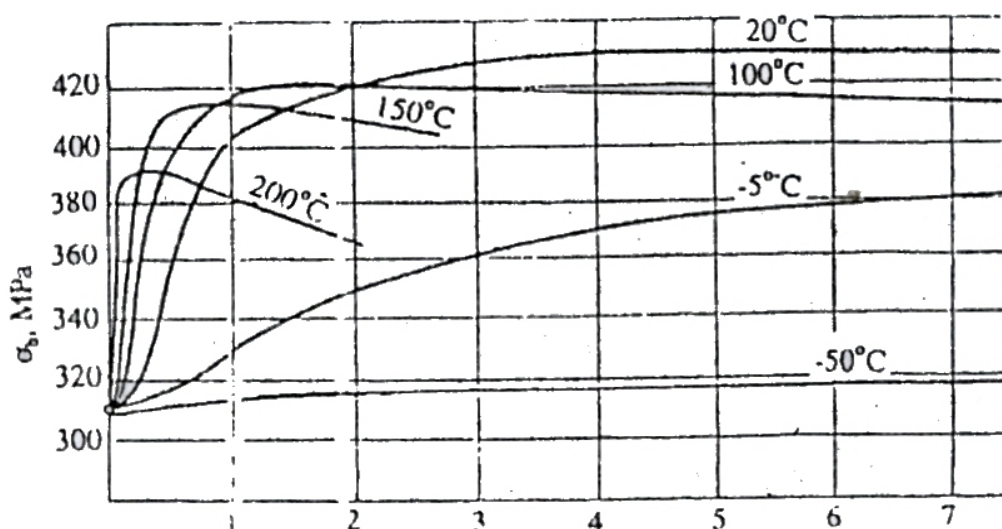
10.1.2. Hợp kim nhôm biến dạng :

Ta chỉ nhiên cứu hợp kim nhôm hóa bền được bằng nhiệt luyện vì chúng có vai trò quan trọng trong ngành vật liệu.

1-Hợp kim nhôm với 4% Cu :

Hợp kim nhôm với 4% đồng là cơ sở của hầu hết các hợp kim nhôm biến dạng. Từ giản đồ pha Al-Cu ta thấy rằng đồng hòa tan khá nhiều trong nhôm ở nhiệt độ cao (5,65% tại 548°C) nhưng lại giảm rất mạnh khi hạ nhiệt độ (còn 0,5% ở nhiệt độ thường). Lượng đồng dư thừa được tiết ra dưới dạng hợp chất hóa học $\text{CuAl}_{2\text{II}}$ (ký hiệu II để chỉ hợp chất này được hình thành từ trạng thái rắn).

Ở nhiệt độ thường tổ chức cân bằng của hợp kim là dung dịch rắn α chứa 0,5%Cu và một lượng nhỏ $\text{CuAl}_{2\text{II}}$ (khoảng 7%) có độ cứng và độ bền thấp (200MPa). Khi nung nóng đến cao hơn đường giới hạn hòa tan (520°C) pha $\text{CuAl}_{2\text{II}}$ hòa tan hết vào α và chỉ còn lại một pha là dung dịch rắn của nhôm chứa 4%Cu. Khi làm nguội nhanh sau đó pha $\text{CuAl}_{2\text{II}}$ không kịp tiết ra nên ta có dung dịch rắn α quá bão hòa đồng ở nhiệt độ thường độ bền tăng lên một ít (250 ÷ 300MPa) và tương đối dẻo. Nhưng sau khi tôi từ 5 đến 7 ngày độ bền và độ cứng đạt được giá trị cao nhất (đến 400MPa). Hiện tượng này gọi là hóa già tự nhiên. Nếu sau khi tôi ta tiến hành nung nóng thì thời gian đạt độ cứng và bền sẽ rút ngắn lại nhưng giá trị sẽ thấp hơn. Nhiệt độ nung càng tăng thì thời gian đạt độ bền , độ cứng sẽ càng rút ngắn nhưng giá trị của chúng càng thấp. Quá trình này gọi là hóa già nhân tạo.



Hình 10.2-Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian đến quá trình hóa già

Từ đó thấy rằng chế độ nhiệt luyện hợp kim nhôm %Cu như sau : tiến hành tôi và hóa già :

-Hóa già tự nhiên từ 5 ÷ 7 ngày nếu cần độ bền độ cứng cao nhất.

-Hóa già nhân tạo ở 100 ÷ 200°C nếu cần rút ngắn thời gian và yêu cầu độ bền độ cứng vừa phải.

2-Đura (nhôm cứng):

Đura là hợp kim hệ Al-Cu-Mg (4%Cu; 0,5 ÷ 1,5%Mg) các nguyên tố hợp kim đặc biệt là magiê làm tăng mạnh hiệu quả khi nhiệt luyện tôi và ram. Ngoài ra trong thành phần của đura thường có thêm Fe, Si và Mn. Fe và Si là tạp chất thường gặp trong nhôm mà không thể khử bỏ hết được, còn mangan đưa vào để tăng tính chống ăn mòn.

Đura có tổ chức nhiều pha ngoài dung dịch rắn thay thế của Cu và Mg trong nhôm ra còn có các pha Mg_2Al_3 ; $CuMgAl_2$ (S); $CuMg_5Al_5$ (T). Các pha này đóng vai trò pha hóa bền cho đura, đặc biệt là pha S và T. Đặc điểm của đura :

-Độ bền cao ($\sigma_b = 450 \div 480MPa$), khối lượng riêng nhỏ ($\gamma = 2,7 \text{ g/cm}^3$) do đó có độ bền riêng lớn (độ bền riêng bằng σ_b / γ) đến 15 - 16km.

-Tính chống ăn mòn kém do có nhiều pha có thế điện cực khác nhau. Để khắc phục hiện tượng này người ta phủ một lớp nhôm mỏng lên bề mặt đura bằng cán nóng.

Chế độ nhiệt luyện của đura : tôi ở nhiệt độ 505 ÷ 510°C trong nước và hóa già tự nhiên từ 5 ÷ 7 ngày.

Đura được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp hàng không và trong đời sống.



Hình 10.3-Tổ chức tế vi của đura sau nhiệt luyện

10.1.3.Hợp kim nhôm đúc :

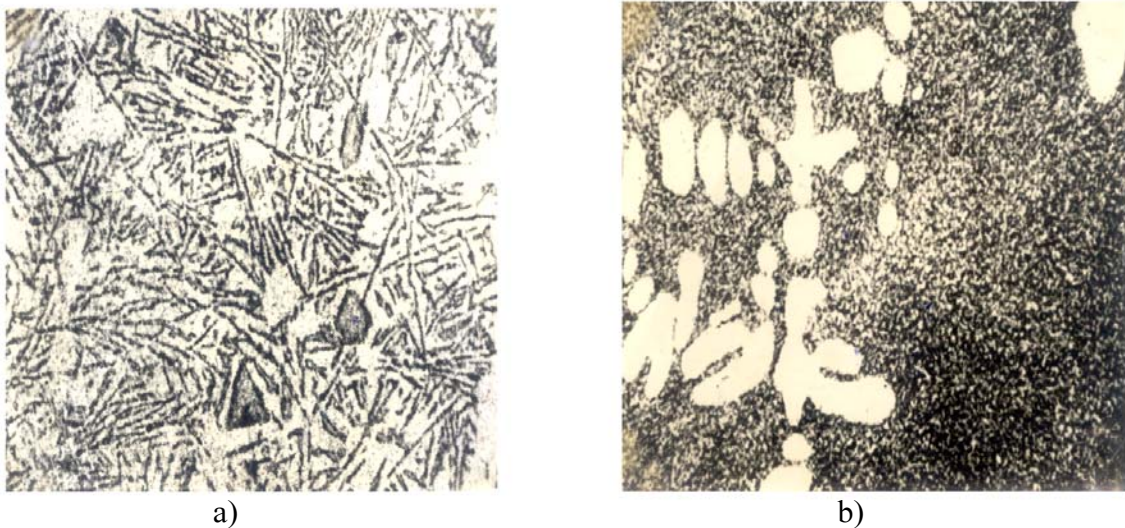
Hợp kim nhôm đúc thường dùng phổ biến nhất trên cơ sở Al-Si và thành phần chủ yếu là cùng tinh (do đó thường gọi là silumin). Cơ tính của vật đúc phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ nguội và biến tính khi đúc. Thường đúc trong khuôn kim loại để nhận được tổ chức nhỏ mịn do có tốc độ nguội lớn.

1-Silumin đơn giản :

Là hợp kim nhôm đúc mà thành phần chủ yếu là nhôm và silic với hàm lượng silic từ $10 \div 13\%$. Tổ chức chủ yếu là cùng tinh (Al+Si), rất thô to (các tinh thể Si có dạng hình que) độ bền và độ dẻo khá thấp ($\sigma_b = 130\text{MPa}$; $\delta = 3\%$). Do vậy phải biến tính để nâng cao cơ tính. Dùng một hỗn hợp muối ($2/3\text{NaF} + 1/3\text{NaCl}$) với tỷ lệ $0,05 \div 0,08\%$ để biến tính. Lúc này điểm cùng tinh dịch về bên phải và nhiệt độ chảy giảm $10 \div 20^\circ\text{C}$. Như vậy hợp kim có tổ chức trước cùng tinh gồm Al + (Al + Si) và cùng tinh này khá nhỏ mịn (tinh thể Si rất nhỏ) làm cơ tính cao ($\sigma_b = 180\text{MPa}$; $\delta = 8\%$). Silumin đơn giản có đặc điểm là :

- Có tính đúc cao (do tổ chức chủ yếu là cùng tinh)
- Cơ tính thấp không hóa bền được bằng nhiệt luyện.

Do đó silumin đơn giản thường dùng đúc định hình các chi tiết hình dáng phức tạp, yêu cầu độ bền không cao.



Hình 10.4-Tổ chức tế vi silumin trước biến tính (a) và sau biến tính (b)

2-Silumin phức tạp :

Silumin phức tạp cũng có tính đúc tốt nhưng cơ tính cao hơn do có thêm nguyên tố Cu, Mg có tác dụng tốt khi tôi và hóa già ($\sigma_b = 200 \div 250\text{MPa}$; $\delta = 1 \div 6\%$). Các silumin phức tạp có thành phần các nguyên tố thay đổi khá rộng : $4-30\%\text{Si}$; $< 1\%\text{Mg}$; $1 \div 7\%\text{Cu}$. Công dụng của chúng là làm pit tông các loại động cơ vì nhẹ, dễ tạo hình và ít kẹt. Ngoài ra còn làm thân và nắp động cơ ô tô.

10.2.ĐỒNG VÀ HỢP KIM ĐỒNG

10.2.1.Đồng nguyên chất :

Đồng là kim loại có kiểu mạng lập phương tâm mặt, không có đa hình. Đồng nguyên chất có màu đỏ nên còn gọi là đồng đỏ. Đồng có các đặc điểm sau :

- Tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao. Về tính dẫn điện chỉ đứng sau vàng và bạc.
- Chống ăn mòn tốt trong khí quyển, nước, nước biển hay kiềm, axit hữu cơ do có lớp ô xyt Cu_2O trên bề mặt.
- Tính dẻo rất cao, dễ biến dạng nóng, nguội để chế tạo thành các bán thành phẩm.

-Độ bền không cao lắm ($\sigma_b = 220\text{MPa}$) nhưng sau biến dạng dẻo tăng lên đáng kể ($\sigma_b = 425\text{MPa}$).

-Tính hàn khá tốt nhưng khi chứa nhiều tạp chất (đặc biệt là ô xy) giảm đi mạnh.

Tuy nhiên đồng cũng có một số nhược điểm :

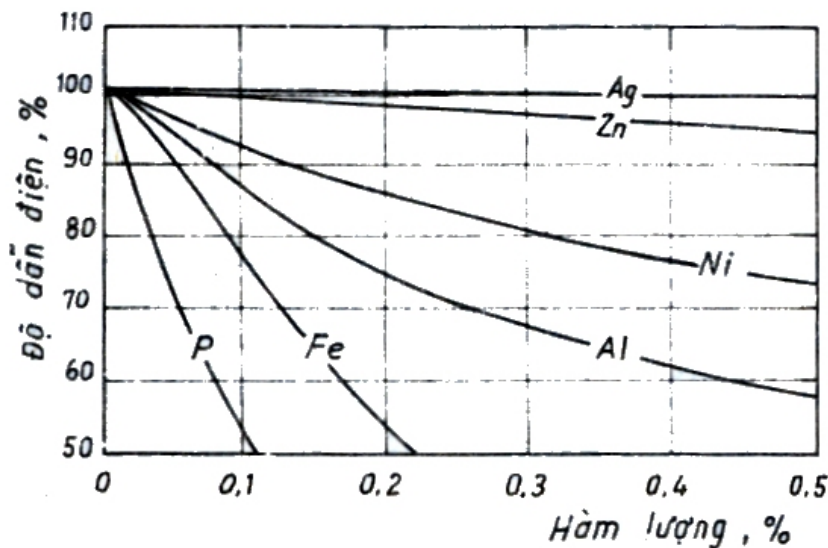
-Khối lượng riêng lớn ($\gamma = 8,94\text{g/cm}^3$)

-Tính gia công cắt gọt kém do phoi quá dẻo không gãy, để cải thiện thường cho thêm chì vào.

-Nhiệt độ nóng chảy cao 1083°C , nhưng tính đúc kém, độ chảy loãng nhỏ.

Theo TCVN 1659-75 đồng nguyên chất được ký hiệu Cu và các số chỉ lượng chứa của nó trong đó.

Ví dụ : Cu 99,99 có 99,99%Cu
 Cu 99,80 có 99,80%Cu



Hình 10.5-Ảnh hưởng của tạp chất đến độ dẫn điện của đồng

10.2.2. Phân loại hợp kim đồng :

Trong kỹ thuật ít sử dụng đồng nguyên chất mà chủ yếu sử dụng hợp kim đồng. Hợp kim đồng được chia ra làm hai nhóm sau : la tông và brông.

La tông (đồng thau) là hợp kim của đồng với nguyên tố chủ yếu là kẽm.

Brông (đồng thanh) là hợp kim của đồng với các nguyên tố khác trừ kẽm .

1-La tông :

La tông được chia làm hai loại : la tông đơn giản (chỉ có đồng và kẽm) và la tông phức tạp (có thêm một số nguyên tố khác). Theo TCVN 1659-75 quy định ký hiệu la tông như sau : đầu tiên là chữ L (chỉ la tông) tiếp sau là ký hiệu Cu và các nguyên tố hợp kim. Số đứng sau các nguyên tố hợp kim chỉ hàm lượng của chúng theo phần trăm.

Ví dụ : LCuZn30 la tông có 30%Zn, 70%Cu

LCuZn38Al1Fe1 la tông có 38%Zn; 1%Al; 1%Fe; còn lại Cu.

a-La tông đơn giản : Trong thực tế dùng loại chứa ít hơn 45%Zn nên tổ chức của nó chỉ có dung dịch rắn α và pha điện tử β .

α là dung dịch rắn của kẽm trong đồng có mạng A1 chứa đến 39%Zn ở 454°C. Đây là pha chủ yếu quyết định tính chất của la tông. Khi hòa tan vào đồng kẽm làm tăng độ bền khá mạnh, nhưng không làm giảm nhiều độ dẻo của hợp kim. Độ dẻo cao nhất ứng với 30%Zn.

β là pha điện tử ứng với công thức CuZn ($N = 3/2$), là pha cứng và giòn hóa bền cho la tông. Do vậy không dùng la tông chứa cao hơn 45%Zn vì lúc này tổ chức chỉ toàn là β' nên rất giòn. Trong thực tế chỉ dùng loại dưới 40%Zn với hai loại la tông một pha và la tông hai pha.

La tông một pha : thường chứa ít hơn 35%Zn (LCuZn10) có tính dẻo cao, được cán nguội thành bán thành phẩm làm chi tiết máy qua dập sâu. La tông với lượng kẽm nhỏ từ 5 ÷ 12% có màu đỏ nhạt dùng để làm tiền xu, huy chương, khay áo quần, dây kéo (fecmơtuya) ...La tông chứa 20%Zn (LCuZn80) có màu vàng giống như vàng nên thường làm trang sức. La tông chứa khoảng 30%Zn (LCuZn30) có độ dẻo cao dùng làm vỏ đạn các loại. Các la tông một pha bền và rất dẻo nên thường pha thêm 0,4 ÷ 3%Pb để dễ cắt gọt.

La tông hai pha : thường chứa 40%Zn có tổ chức hai pha ($\alpha + \beta$) có pha thêm chì để tăng tính gia công cắt. La tông hai pha cứng, bền và ít dẻo hơn so với loại một pha được cung cấp dưới dạng băng, ống, tấm để làm các chi tiết máy cần độ bền cao.



a)



b)

Hình 10.6-Tổ chức tế vi của latông 1 pha (a) và latông 2 pha (b)

b-La tông phức tạp : Ngoài Cu và Zn ra còn cho thêm các nguyên tố Pb (để tăng tính cắt gọt), Sn (tăng chống ăn mòn trong nước biển), Al và Ni (để nâng cao giới hạn bền) như : LCuZn36Al3Ni2; LCuZn30Sn1; LCuZn40Pb1. La tông phức tạp dùng làm các chi tiết máy yêu cầu độ bền cao hơn, làm việc trong nước biển...

2-Brông :

Là hợp kim của đồng với các nguyên tố chủ yếu không phải là kẽm như Sn, Al, Be ...Theo TCVN 1659-75 chúng được ký hiệu giống như la tông, chỉ khác là thay chữ L ở đầu ký hiệu bằng chữ B (chỉ brông).

1-Brông thiếc : là hợp kim đồng với nguyên tố chủ yếu là thiếc, là hợp kim đồng được sử dụng đầu tiên. Giản đồ pha Cu-Sn rất phức tạp và có nhiều pha. Hợp kim này khi đúc thiên tích rất mạnh vì vậy thường dùng ít hơn 15%Sn nên chỉ có hai pha : dung dịch rắn

α và pha điện tử δ . Chúng gồm hai loại : brông thiếc biến dạng và đúc. Đặc điểm của brông thiếc là :

- Độ bền cao, độ dẻo tốt nên thường dùng với lượng chứa từ $\div 8\% \text{Sn}$.
- Tính đúc tốt : ít co (độ co $< 1\%$) , điền đầy khuôn cao.
- Chống ăn mòn cao, đặc biệt trong khí quyển ẩm biển : $0,001 \text{mm/năm}$.

a-Brông thiếc biến dạng : thường chứa ít hơn $8\% \text{Sn}$ tổ chức là dung dịch rắn α và hợp kim hóa thêm P, Zn, Pb để nâng cao cơ tính, giảm ma sát và tăng tính gia công cắt. Công dụng : làm bạc lót, bánh răng (BCuSn4Zn4Pb4; BCuSn5Zn2Pb5).

b-Brông thiếc đúc : là loại chứa nhiều hơn $10\% \text{Sn}$ hay với tổng lượng các nguyên tố hợp kim lớn hơn 12% . Thường dùng các loại sau : BCuSn10Zn2; BCuSn5Zn5Pb5. Công dụng: làm các tượng đài, chuông, phù điêu, họa tiết trang trí...

2-Brông nhôm :

Là hợp kim của đồng với nhôm là chủ yếu. Từ giản đồ pha Cu-Al ta thấy nhôm có thể hòa tan tối đa vào đồng gần 10% . Tổ chức của nó chủ yếu là dung dịch rắn thay thế của Al trong Cu có độ dẻo và khá bền. Khả năng chống ăn mòn cao trong nước biển và khí quyển công nghiệp.

Brông nhôm một pha (chứa $5 \div 9\% \text{Al}$) : BCuAl5, BCuAl7, BCuAl9Fe4 dùng làm bộ ngưng hơi, hệ thống trao đổi nhiệt, lò xo tải dòng điện, chi tiết bơm, đồ dùng cho hải quân, đúc tiền xu...

Brông nhôm hai pha (chứa lớn hơn $9,4\% \text{Al}$) : có tổ chức là $(\alpha + \beta)$ có độ bền độ cứng cao hơn và có thể nhiệt luyện được như BCuAl10Fe4Ni4 dùng làm bạc lót trục.

3-Brông berili :

Là hợp kim của Cu với $2\% \text{Be}$ (BCuBe2) có giới hạn đàn hồi cao không thua kém thép đàn hồi ($\sigma_{dh} = 1000 \text{MPa}$), có độ cứng và tính chống ăn mòn cao làm việc đến $300 \div 340^\circ \text{C}$. Nó không phát ra tia lửa khi va đập nên rất thuận tiện trong công nghiệp khai thác mỏ, làm các thiết bị điện ở nhiệt độ cao...

10.3.HỢP KIM LÀM Ổ TRƯỢT :

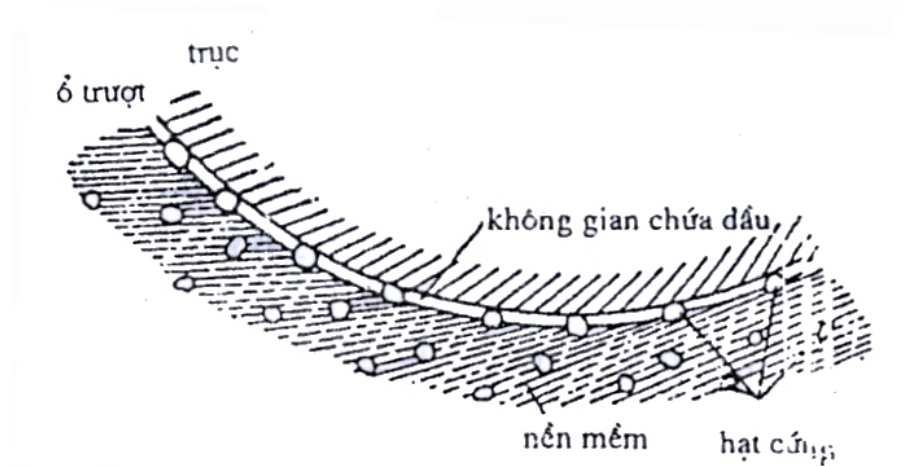
Mặc dù ổ lăn được sử dụng rất rộng rãi, nhưng ngày nay các loại ổ trượt vẫn có vị trí đáng kể trong máy móc và thiết bị vì chúng có một số ưu điểm nhất định : dễ chế tạo, dễ thay thế, giá thành thấp và trong một số trường hợp chỉ có ổ trượt mới lắp ghép được (trục khuỷu) hay chịu được va đập và tải trọng lớn (tua bin, trục xe lửa...).

10.3.1.Yêu cầu đối với hợp kim làm ổ trượt :

Để làm ổ trượt các hợp kim phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây :

-Có hệ số ma sát nhỏ với bề mặt trục thép. Đây là yêu cầu quan trọng nhất đối với hợp kim làm ổ trượt. Do vậy tổ chức của nó phải tạo ra diện tích tiếp xúc với bề mặt trục thép là nhỏ nhất và có khe hở để chứa dầu bôi trơn. Hợp kim được chế tạo theo nguyên lý hạt cứng (khoảng 5%) phân bố trên nền mềm, đây là loại thông dụng nhất. Ngoài ra có thể dùng nguyên lý nền cứng hạt mềm có hệ số ma sát lớn hơn. Trong quá trình làm việc phần mềm bị mòn đi và tạo thành rãnh chứa dầu bôi trơn.

-Ít làm mòn trục thép và chịu được áp lực cao. Để ít làm mòn trục thép ổ trượt được làm từ hợp kim của các kim loại mềm như : Sn, Pb, Al, Cu...Để chịu được áp lực cao và tiết kiệm kim loại màu các hợp kim ổ trượt được tráng lên máng bằng thép C08s.



Hình 10.7-Sơ đồ cấu tạo của hợp kim ổ trượt

- Có tính công nghệ tốt, dễ đúc, gia công và bám dính vào máng thép cao.
- Giá thành rẻ.

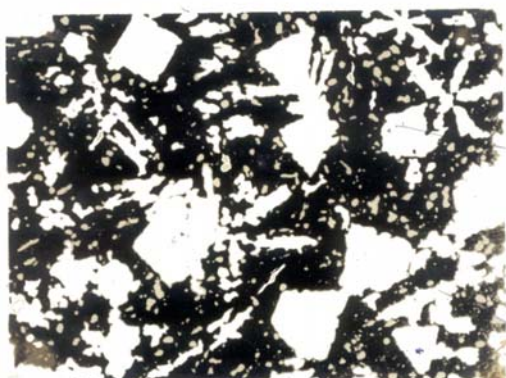
Các hợp kim làm ổ trượt được phân làm hai nhóm : nhóm có nhiệt độ nóng chảy thấp và nhóm có nhiệt độ nóng chảy cao.

10.3.2.Hợp kim làm ổ trượt có nhiệt độ chảy thấp (babit) :

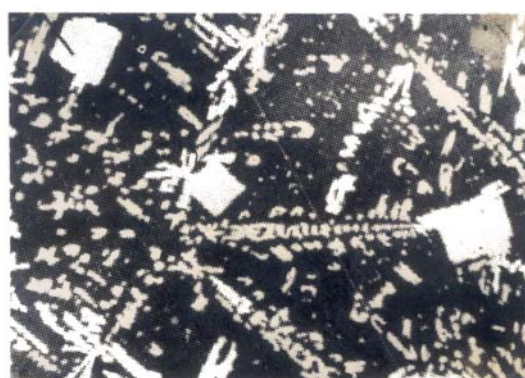
Các hợp kim làm ổ trượt trên cơ sở các kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như Sn, Pb, Zn...có tên gọi là babit (lấy tên của nhà vật liệu học người Anh tìm ra hợp kim này đầu tiên là Babbit). Đặc tính chung của babit là rất mềm ít làm mòn trục thép, hệ số ma sát nhỏ, giữ dầu tốt nhưng không chịu được áp suất và nhiệt độ cao.

1-Babit thiếc :

Là loại ổ trượt được sử dụng đầu tiên có sự kết hợp tương đối tốt giữa cơ tính, tính ma sát và tính chống ăn mòn nhưng quá đắt vì chứa nhiều thiếc. Chúng được dùng làm các ổ trượt quan trọng với tốc độ lớn và trung bình như : tua bin, động cơ diesel...Thông dụng nhất là hai loại SnSb11Cu6 (Б83) và SnSb8Cu3 (Б89). Tổ chức của chúng gồm nền mềm là dung dịch rắn Sn(Sb) màu tối và hạt cứng là SnSb (hạt đa cạnh sáng) Cu_3Sn (kim sáng).



a)



b)

Hình 10.8-Tổ chức tế vi của Б83(a) và Б89 (b)

2-Babít chì :

Là hợp kim trên cơ sở chì với $6 \div 16\% \text{Sn}$, $6 \div 16\% \text{Sb}$ và $1\% \text{Cu}$. Tổ chức của nó gồm nền mềm là cùng tinh ($\text{Pb}+\text{Sb}$) hạt cứng là SnSb và Cu_3Sn . Hiện tại sử dụng phổ biến PbSn6Sb6Cu1 (B6) và PbSn16Sb16Cu1 (B16) dùng làm ổ trượt trong các động cơ xăng thay cho babít thiếc. Loại chứa $6\% \text{Sb}$ chịu va đập, loại $16\% \text{Sb}$ do có nhiều hạt cứng hơn nên không chịu va đập.

3-Babít nhôm :

Là hợp kim trên cơ sở nhôm, đây là loại hợp kim ổ trượt có nhiều triển vọng nhất vì hệ số ma sát nhỏ, nhẹ, tính dẫn nhiệt cao, chống ăn mòn cao trong dầu, cơ tính cao, tuy nhiên tính công nghệ kém (khó dính bám vào máng thép). Thông dụng nhất là hệ Al-Sn với lượng thiếc từ $3 \div 20\%$, ngoài ra có thêm một lượng nhỏ Cu , Ni , Si . Tổ chức của nó gồm nền mềm là dung dịch rắn trên cơ sở Al và hạt cứng là các hợp chất hóa học trong dung dịch rắn. Các số hiệu : AlSn9Cu1 , AlSn20Cu1 , AlSn3Cu1 ... dùng trong các động cơ diesel chúng có đặc điểm là chịu được áp lực cao ($200 \div 300 \text{kg/cm}^2$) và tốc độ vòng lớn ($1 \div 20 \text{m/s}$)

10.3.4. Hợp kim làm ổ trượt có nhiệt độ chảy cao :

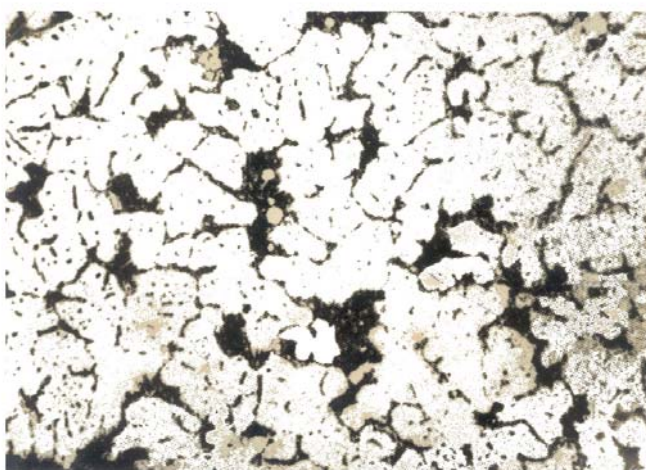
Nhóm này có đặc điểm chung là chịu được áp lực cao và có độ bền lớn. Tổ chức của chúng thường là nền cứng hạt mềm hay nền dai hạt mềm, hệ số ma sát lớn hơn.

1-Brông thiếc :

Thường dùng hai loại sau : BCuSn5Zn5Pb5 và BCuSn4Zn4Pb4 trong đó Pb không tan đóng vai trò hạt mềm, nền cứng là dung dịch rắn của Cu với Sn , Zn .

2-Brông chì :

Thông dụng nhất là BCuPb30 với các phần tử chì không tan là các hạt mềm, Cu là nền dai (cứng). Do nhiều chì nên cơ tính thấp do vậy phải tráng lên máng thép. Để nâng cao cơ tính thường dùng ít chì ($8 \div 10\%$) và pha thêm thiếc : BCuSn12Pb8 , BCuSn10Pb10 . Chúng được dùng làm các ổ trượt quan trọng : tua bin công suất lớn.



Hình 10.9- Tổ chức tế vi của brông chì

3-Gang xám, dẻo, cầu :

Có thể dùng các loại gang xám, dẻo, cầu nền péclit để là các ổ trượt. Trong đó graphit là các hạt mềm, péclit là nền cứng. Chúng được dùng làm các ổ trượt không quan trọng do hệ số ma sát lớn, không cần bôi trơn (vì đã có graphit). Theo tiêu chuẩn Nga có các số hiệu sau : AЧC-1; A Ч C-2; A Ч B-1; AЧ B-2; A Ч K-1; A Ч K-2.

CHƯƠNG 11 : VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI

Trong chương này ta nghiên cứu các loại vật liệu không chứa kim loại hay có kim loại nhưng không phải là thành phần chủ yếu như : vật liệu composit, ceramic, pôlyme, xi măng, thủy tinh, cao su...

11.1.VẬT LIỆU KẾT HỢP (COMPOSIT) :

11.1.1.Khái niệm và phân loại :

1-Khái niệm : Vật liệu com po zit là loại vật liệu gồm hai hay nhiều loại vật liệu khác nhau kết hợp lại, trong đó các ưu điểm của mỗi loại được kết hợp với nhau hoặc tạo nên một chất lượng mới hoàn toàn mà nếu đứng riêng lẻ không một loại vật liệu thành phần nào có thể đáp ứng được

2-Đặc điểm và phân loại :

-Đặc điểm :

+Là vật liệu nhiều pha : trong đó các pha rắn khác nhau về bản chất, không hòa tan lẫn nhau và phân cách với nhau bằng ranh giới pha. Phổ biến nhất là loại com po zit hai pha : pha liên tục trong toàn khối gọi là nền, pha phân bố gián đoạn, được nền bao bọc gọi là cốt.

+Trong vật liệu composit tỷ lệ, hình dáng, kích thước, sự phân bố của nền và cốt tuân theo quy luật đã thiết kế.

+Tính chất của các pha thành phần được kết hợp lại để tạo nên tính chất chung của composit. Ta lựa chọn các tính chất tốt để phát huy thêm.

-Phân loại :

*Phân loại theo bản chất của nền :

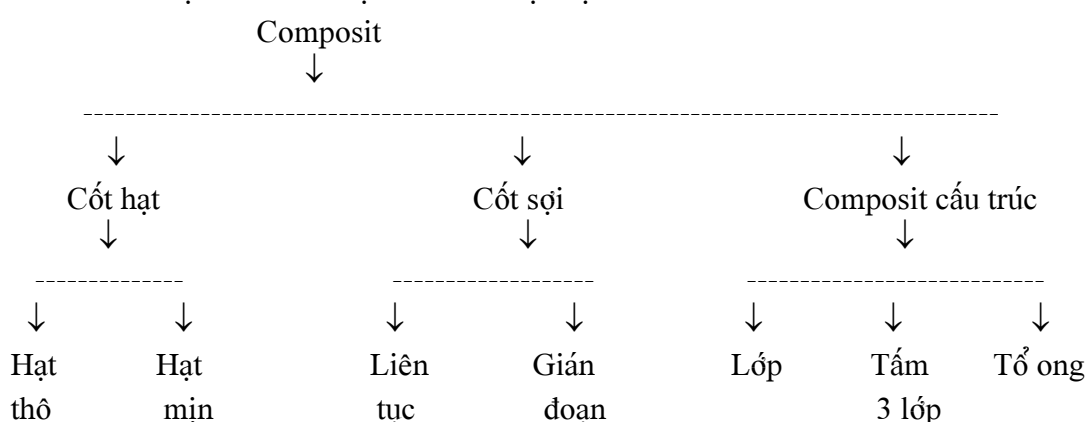
+Composit nền chất dẻo (composit polymerit)

+Composit nền kim loại (composit metallit)

+Composit nền gốm (Composit ceramic)

+Composit nền là hỗn hợp của hai hay nhiều pha.

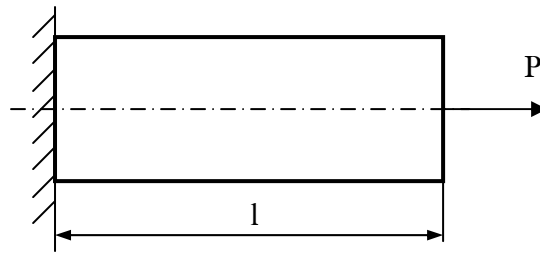
*Phân loại theo hình học của cốt hoặc đặc điểm cấu trúc :



3-Tính chất của vật liệu composit :

a-Cơ tính riêng :

Ta khảo sát một thanh chịu kéo dọc, đúng tâm.



Quan hệ giữa lực P và biến dạng Δl được biểu diễn như sau :

$$P = \frac{EF}{l} \Delta l$$

Trong đó : - E là mô đun đàn hồi của vật liệu (mô đun Young)

- F là tiết diện ngang

- l là chiều dài thanh

- Δl là độ giãn dài tuyệt đối

Độ cứng kéo (nén) EF/l đặc trưng cho tính chất cơ học của thanh trong miền đàn hồi. Ta xét hai loại vật liệu khác nhau, ký hiệu là 1 và 2, tỷ lệ các độ cứng sẽ là :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{E_1 F_1}{E_2 F_2} \cdot \frac{l_2}{l_1} \quad (11-1)$$

Tỷ lệ khối lượng của hai thanh được biểu diễn như sau :

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_1 l_1}{F_2 l_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (11-2)$$

Từ biểu thức (10 -1) và (10 -2) ta suy ra :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{E_1 / \rho_1}{E_2 / \rho_2} \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^2 \quad (11-3)$$

Trong một kết cấu với các chi tiết có kích thước cho trước, ta so sánh độ cứng của kết cấu khi $l_1 = l_2$ nên từ (11-3) ta có :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{E_1 / \rho_1}{E_2 / \rho_2} \cdot \frac{m_1}{m_2} \quad (11-4)$$

Trong các lĩnh vực công nghiệp : hàng không, vũ trụ, thể thao, xây dựng ...ta cần so sánh tính năng cơ học của các kết cấu có cùng khối lượng : $m_1 = m_2$, ta có :

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{E_1 / \rho_1}{E_2 / \rho_2} \quad (11-5)$$

Từ (11-5) ta thấy rằng một vật liệu được coi là tốt hơn khi có giá trị E/ρ cao hơn, có nghĩa là sẽ có độ cứng của thanh cao hơn. Đại lượng E/ρ được gọi là mô đun riêng của vật liệu (hay mô đun Young riêng).

Tương tự như vậy nếu gọi σ_b là ứng suất phá huỷ của vật liệu thì đại lượng σ_b/ρ được gọi là ứng suất riêng (hay độ bền riêng).

b-Cơ tính riêng của vật liệu :

Ta không thể sử dụng trực tiếp các sợi cốt vì đường kính của chúng quá nhỏ (10 đến 20 μm) vì vậy cần phải trộn sợi với nhựa polyme (nền) để được vật liệu composit cốt

sợi. Nền có chức năng liên kết, bảo vệ và truyền lực cho sợi. Vấn đề quan trọng là phải tìm được các vật liệu vừa có mô đun cao, khối lượng riêng nhỏ và giá thành hợp lý.

11.1.2.Cốt :

-Trong toàn khối composit thì cốt phân bố không liên tục và rất đa dạng, phụ thuộc vào loại composit cần chế tạo.

-Với loại composit kết cấu : cốt là các kim loại bền ở nhiệt độ thường và nhiệt độ cao, có mô đun đàn hồi lớn, khối lượng riêng nhỏ.

CƠ TÍNH RIÊNG CỦA MỘT SỐ VẬT LIỆU THÔNG DỤNG

Vật liệu	Mô đun E (GPa)	ứng suất phá huỷ σ_b (MPa)	Khối lượng riêng $\rho(kg / m^3)$	Mô đun riêng E/ ρ (MNm/kg)	Độ bền riêng σ_b (kNm/kg)
Thép	210	340-2100	7800	26,9	43-270
Hợp kim nhôm	70	140-620	2700	25,9	52-230
Gỗ	30	-	390	33,3	-
Thủy tinh	70	700-2100	2500	28	280-840
Von fram	250	1100-4100	19300	18,1	57-210
Beryl	300	700	1830	164	380
Sợi thủy tinh E	72,4	3500	2540	28,5	1380
Sợi thủy tinh S	85,5	4600	2480	34,5	1850
Sợi C mô đun cao	390	2100	1900	205	1100
Sợi C ứng suất cao	240	3500	1850	130	1800
Sợi kevlar	130	2800	1500	87	1870
Sợi bo	385	2800	2630	146	1100

-Các loại vật liệu cốt : Kim loại (thép không gỉ, W, B, Mo...), chất vô cơ (các bon, thủy tinh, gốm).

-Hình dạng, kích thước, hàm lượng và sự phân bố của cốt ảnh hưởng rất mạnh đến tính chất composit.

11.1.3.Nền :

Nền có vai trò sau đây :

-Liên kết toàn bộ các phần tử cốt thành một khối composit thống nhất.

-Tạo khả năng để tiến hành các phương pháp gia công vật liệu composit thành các chi tiết thiết kế.

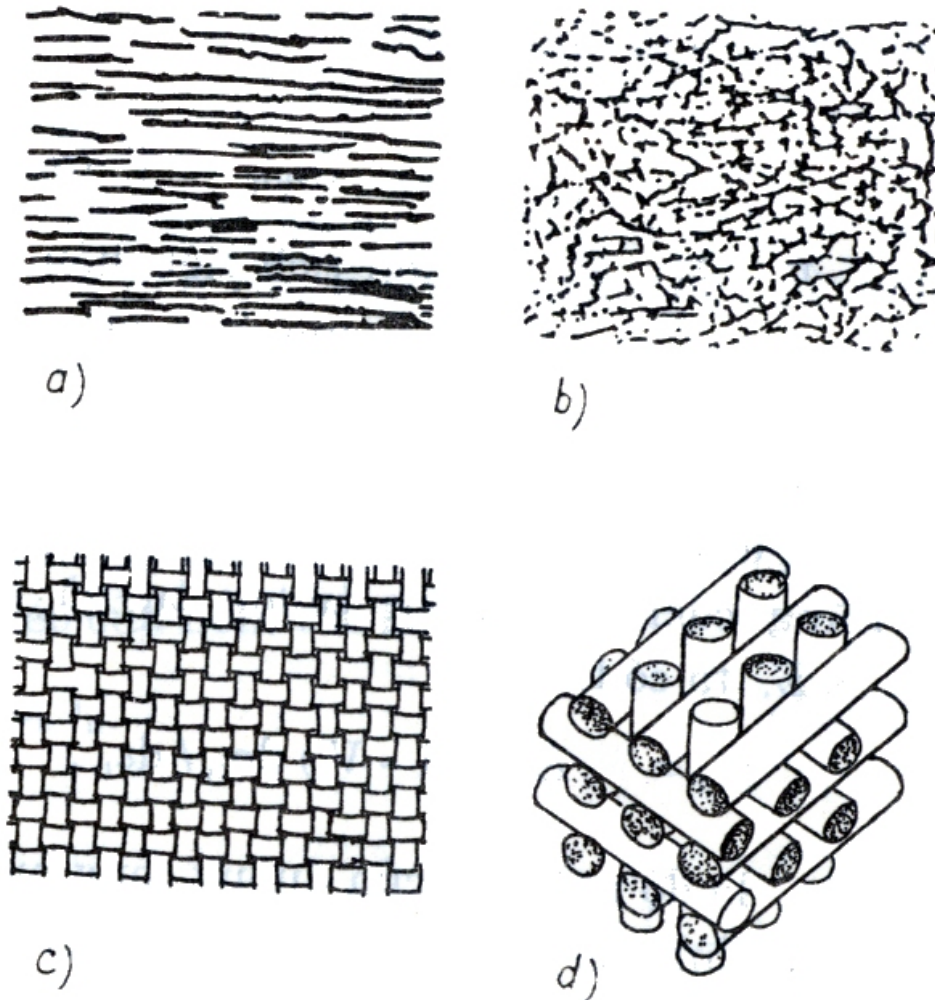
-Che phủ, bảo vệ cốt tránh các hư hỏng do tác dụng của môi trường.

Vật liệu nền : polyme, kim loại, gốm và hỗn hợp.

11.1.4. Các loại vật liệu composit thông dụng:

1-Composit hạt : Cấu tạo gồm các phần tử cốt dạng hạt đẳng trục phân bố đều trong nền. Các phần tử cốt là các pha cứng và bền hơn nền : ô xyt, nitrit, các bit...

-Composit hạt thô nền polyme : hạt cốt là thạch anh, thủy tinh, stêalit, ô xyt nhôm...Được sử dụng phổ biến trong đời sống : cửa, tường ngăn, trần nhà..



Hình 11.1- Sơ đồ phân bố cốt sợi:

- a) Một chiều song song; b) Ngẫu nhiên, rời trong một mặt
- c) Dệt hai chiều vuông góc trong một mặt;
- d) Đan, quấn 3 chiều vuông góc

-Composit hạt thô nền kim loại : hạt cốt là các phần tử cứng : WC, TiC, TaC nền là Co dùng làm dụng cụ cắt gọt, khuôn kéo, khuôn dập...Ngoài ra còn có các hợp kim giả : W-Cu, W-Ag, Mo-Cu, Mo-Ag...sử dụng trong kỹ thuật điện.

-Composit hạt thô nền gốm : điển hình là bê tông. Cốt là tập hợp các hạt rắn : đá, sỏi... liên kết bởi nền là xi măng.

Bê tông atphan (nền là xi măng atphan) dùng rải đường, làm cầu, cống...Bê tông với nền là xi măng pooc lăng sử dụng rộng rãi trong xây dựng nhà cửa, các công trình...

-Composit hạt mịn : các phần tử cốt có kích thước rất nhỏ $< 0,1 \mu m$, cứng và ổn định nhiệt cao, phân bố trên nền kim loại hay hợp kim, được sử dụng trong lĩnh vực nhiệt độ cao.

2-Composit sợi : Đây là loại vật liệu kết cấu quan trọng nhất, hiện đang nghiên cứu và sử dụng phổ biến. Cấu tạo của nó gồm cốt dạng sợi phân bố trong nền theo quy luật đã thiết kế. Gồm các loại sau đây :

-Composit sợi thủy tinh : hiện tại là loại vật liệu thông dụng nhất, cốt là sợi thủy tinh, nền là polieste, đôi khi dùng bakêlit. Công dụng :mũi xe hơi, cửa, thùng xe lạnh, sitec, mũi máy bay, vỏ bảo vệ buồng lái tàu vũ trụ.

-Composit sợi các bon : Cốt là sợi các bon, hay sợi các bon thủy tinh. Nền là êpôxi-phê non, polieste hay các bon. Công dụng : thân máy bay quân sự, phần lái cánh tàu bay, thùng xe hơi, công nghiệp tàu thủy, vật liệu cách nhiệt của động cơ, đĩa ma sát...

-Composit sợi hữu cơ : Cốt là các sợi polime, nền là polime. Công dụng : vật liệu cách nhiệt, cách điện, các kết cấu ô tô, máy bay...

11.2.VẬT LIỆU CÉRAMIC (GỐM) :

11.2.1.Khái niệm : là vật liệu vô cơ được chế tạo bằng cách dùng nguyên liệu ở dạng hạt (bột) ép thành hình và thiêu kết để tạo thành sản phẩm (luyện kim bột). Sau khi thiêu kết vật liệu ceramic đã có ngay các cơ lý hóa tính cần thiết.

11.2.2.Đặc điểm: Trong vật liệu ceramic bao giờ cũng tồn tại ba pha :

-Pha tinh thể (pha hạt) ở dạng hợp chất hóa học hay dung dịch rắn, là pha chủ yếu quyết định các tính chất của vật liệu. Pha tinh thể thường dùng là : ô xýt, nitrit, borit, các bit hay kim loại nguyên chất.

-Pha thủy tinh (vô định hình) là chất liên kết các hạt lại với nhau, chiếm tỷ lệ từ $1 \div 40\%$ thể tích.

-Pha khí : do được chế tạo bằng luyện kim bột nên trong sản phẩm bao giờ cũng có lỗ xốp nhất định, trong đó chứa các khí và tạo thành pha khí. Pha này ảnh hưởng rất lớn đến một số tính chất của vật liệu. (độ bền kéo, uốn). Pha khí thường gặp là các lỗ xốp hở. Nếu là các lỗ xốp kín sẽ làm giảm mạnh độ bền.

11.2.3.Các loại vật liệu ceramic thông dụng :

1-Céramic xốp làm tấm lọc :

Thông dụng nhất là loại cé ra mic xốp với hạt hình cầu, có độ xốp 30-40% có khả năng lọc các tạp chất cỡ hạt đến $10 \mu m$. Nếu dùng loại hạt không phải hình cầu độ xốp đạt được $60 \div 70\%$ lọc được tạp chất cỡ $1 \div 2 \mu m$.

Công dụng : -Các lọc trên cơ sở bronze : lọc nhiên liệu lỏng, dầu, không khí, nước.

-Các lọc bằng thép không rỉ : lọc khí lò cao, không khí, axit, kiềm.

-Các lọc bằng titan : lọc axit acétic, nước cường toan, các khí cháy.

-Các lọc bằng tantan : lọc axit sunphuric, nitrit, clohydrit.

2-Céramic xốp công dụng đặc biệt :

Là ceramic trên cơ sở bột thép không rỉ Cr12Ni9 và các hợp kim trên cơ sở Ni, Co, W, Mo dùng để chống đóng băng trên đuôi và cánh của máy bay. Do vậy làm tăng thêm công suất động cơ từ $0,5 \div 1,5\%$.

3-Céramic xốp chống ma sát :

Các ổ trượt chế tạo từ ceramic xốp rẻ tiền hơn các loại babit. Đặc điểm của ceramic xốp chống ma sát là do có các lỗ xốp ($20 \div 35\%$ thể tích) chứa dầu bôi trơn, ổn định trong suốt quá trình làm việc. Với áp lực không lớn và tốc độ vòng nhỏ, dầu chứa trong các lỗ xốp đủ đảm bảo cho máy làm việc lâu dài mà không cần cho thêm dầu mỡ. Công dụng: sử dụng chủ yếu trong công nghiệp dệt và thực phẩm. Gồm có các loại sau :

a-Hợp kim trên cơ sở sắt (bạc sắt xốp) : chủ yếu dùng bột sắt, trộn thêm $0,3 \div 3\%$ graphit ngoài ra có thể cho thêm : bột can xi ($2,5 \div 10\%$) hay lưu huỳnh ($0,8 \div 1\%$), 4% ZnS hay $3,5\%$ CuS. Sau khi thiêu kết xong đem ngâm trong dầu nóng với thời gian từ $40 \div 90$ giờ tùy theo yêu cầu độ ngâm dầu.

b-Hợp kim trên cơ sở đồng (đồng dầu) : thường dùng hợp kim Cu-Sn, Cu-Sn-Pb-Zn. Phổ biến nhất là loại hợp kim Cu-Sn : dùng 90% bột đồng trộn với 10% bột thiếc, cho thêm $1 \div 3\%$ graphit để giảm ma sát.

c-Vật liệu xốp kim loại -chất dẻo :

Bằng cách tẩm các chất dẻo : flo, teflon, fluoran lên bề mặt các ổ trượt bằng la tông, thép không rỉ... Công dụng : làm ổ trượt không cần bôi trơn trong môi trường không khí, nước, xăng dầu, một số loại axit.

4-Vật liệu ceramic đặc :

Loại vật liệu này có mật độ cao và độ bền cao gần xấp xỉ vật liệu rèn, đúc. Ưu điểm nổi bật của nó là có thể sản xuất hàng loạt các chi tiết phức tạp, có dung sai nhỏ và không cần gia công tiếp sau đó. Công dụng : chế tạo bánh răng, cam, bánh cóc, vòng bi, mâm bơm cánh quạt, đai ốc đặc biệt... Gồm các loại sau :

a-Vật liệu trên cơ sở sắt : Dùng bột sắt thuần túy hay hợp kim sắt các bon, pha thêm các nguyên tố Cu, Ni, Cr, P. Thông dụng nhất hiện nay là hợp kim Fe-Cu, Fe-Ni không có các bon.

b-Vật liệu trên cơ sở kim loại màu : Ceramic trên cơ sở kim loại màu thông dụng nhất là trên cơ sở Cu-Al. Trong các lĩnh vực đặc biệt còn sử dụng trên cơ sở Ti, Zr, Be, U..

c-Vật liệu trên cơ sở bột đồng : dùng bột đồng hay la tông, bronze có pha thêm stearat Li, stearat Zn. Công dụng : làm các chổi điện, tiếp điểm, màng lọc, chi tiết chịu ma sát và chống mài mòn.

d-Vật liệu trên cơ sở bột chì : loại này có khối lượng riêng lớn, chống ăn mòn cao, cách âm tương đối tốt. Công dụng : làm các chi tiết cách âm trong máy bay, bánh đà máy in nhỏ...

11.3.VẬT LIỆU POLYME (VẬT LIỆU HỮU CƠ) :

11.3.1.Khái niệm về polyme :

1-Định nghĩa : Polyme (còn gọi là cao phân tử) là phân tử của nhiều hợp phần cơ bản (xuất phát từ tiếng Hylạp cổ, poly : nhiều, me : phần).

-Theo định nghĩa của liên hiệp quốc tế về hóa cơ bản và ứng dụng : polyme là một hợp chất gồm các phân tử được hình thành do sự lặp lại nhiều lần của một loại hay nhiều loại nguyên tử hay một nhóm nguyên tử, liên kết với nhau với số lượng khá lớn để tạo nên một loại tính chất mà chúng thay đổi không đáng kể khi lấy đi hoặc thêm vào một vài đơn vị cấu tạo.

2-Phân loại polyme : có nhiều cách phân loại khác nhau :

a-Theo nguồn gốc hình thành :

-Polyme thiên nhiên : có nguồn gốc thực vật hay động vật : xenlulô, enzym, cao su, amiăng, graphit thiên nhiên

-Polyme tổng hợp (nhân tạo) : được sản xuất từ những loại monome bằng cách trùng hợp, trùng ngưng như các loại polyolephin, polyvinylclorit, polyamit, và cao su nhân tạo. Đây là loại quan trọng nhất, được sử dụng rất rộng rãi trong thực tế.

b-Theo thành phần :

-Polyme hữu cơ : là polyme có mạch cơ bản là một hydrocacbon (các chất dẻo và cao su)

-Polyme vô cơ : là các polyme mà trong mạch cơ bản của chúng không có hydrocacbon. Thành phần cơ bản của polyme vô cơ là : ô xýt silic, ô xyt nhôm, ô xyt can xy và ô xýt ma giê (thủy tinh silicat, gốm, mica, amiăng...)

-Polyme hữu cơ phân tử (chỉ có một phần hữu cơ) : Trong mạch cơ bản của chúng chứa các nguyên tử vô cơ : Si, Ti, Al và nối với các gốc hữu cơ : metyl ($-CH_3$), phenol ($-C_6H_5$), etyl ($-C_2H_5$)

c-Theo cấu trúc (hình dáng đại phân tử) :

-Polyme mạch thẳng : Đại phân tử của nó là các chuỗi các mắt xích nối liền nhau theo đường dích dắc hay hình xoắn ốc (loại này có polyêtylen PE, polyamid PA).

-Polyme mạch nhánh : là loại mạch thẳng nhưng trong đại phân tử của nó có thêm các nhánh (polyizobutylen PIB)

-Polyme không gian : Các monome có ba nhóm hoạt động tạo nên polyme không gian ba chiều, có tính cơ, lý, nhiệt đặc biệt. (nhựa êpoxy, phenon -formaldehyt).

-Polyme mạng lưới : Các mạch cạnh nhau trong polyme này được nối với nhau bằng liên kết đồng hóa trị ((các loại cao su lưu hóa)

d-Phân loại theo tính chịu nhiệt :

-Polyme nhiệt dẻo : Thông thường là các polyme mạch thẳng. Ở nhiệt độ xác định chúng có thể chảy, trở thành dẻo và nhỏ hơn nhiệt độ này chúng rắn trở lại. Đây là loại polyme có giá trị thương mại quan trọng nhất hiện nay.

-Polyme nhiệt rắn : Là các polyme có khối lượng phân tử không cao lắm, ở nhiệt độ cao chúng không thể chảy mềm và không hòa tan trong dung môi.

e-Phân loại theo lĩnh vực sử dụng : Chia ra các loại chất dẻo, sợi, cao su, sơn và keo.

3-Tính chất của polyme :

a-Tính nóng chảy và hòa tan : Do khối lượng phân tử lớn nên polyme không thể biến sang trạng thái khí. Khi nung nóng chúng không thể chuyển thành chất lỏng có độ nhớt thấp (sền sệt). Nếu trọng lượng phân tử lớn và độ phân cực mạnh thì chúng không hòa tan trong bất kỳ dung môi nào.

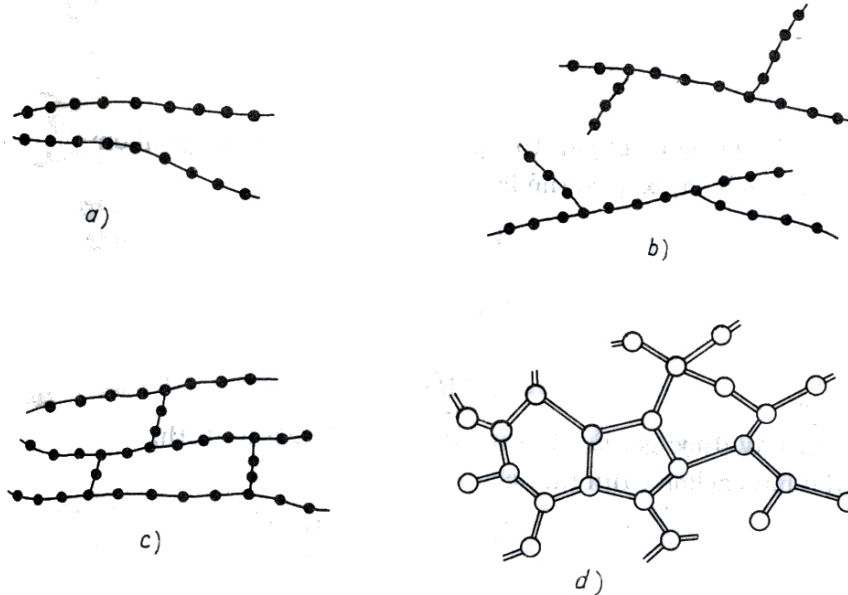
b-Cơ tính của polyme : Cơ tính của polyme phụ thuộc vào cấu tạo, nhiệt độ và các trạng thái vật lý.

-Biến dạng dưới tác dụng của lực : mô đun đàn hồi, giới hạn bền kéo, tính dẻo và độ dẫn dãi của polyme được xác định tương tự như kim loại. σ_b kéo khoảng 100MPa, độ

giãn dài tương đối cực đại khoảng 1000% (kim loại tối đa 100%). Khi nhiệt độ tăng mô đun đàn hồi giảm, độ bền kéo giảm, độ dẻo tăng.

-Tăng tốc độ biến dạng làm tăng tính dẻo và có thể biến dạng dị hướng.

-Độ bền mỏi : có thể bị phá hủy mỏi dưới tác dụng của tải trọng có chu kỳ, tuy nhiên giới hạn mỏi nhỏ hơn rất nhiều so với kim loại



Hình 11.2- Cấu trúc khái quát của polyme mạch thẳng (a) , nhánh (b), mạng lưới (c) và không gian (d). Các nút tròn là các me.

-Độ dai va đập : phụ thuộc vào điều kiện tác dụng của lực va đập, nhiệt độ và kích thước mẫu. Nhìn chung độ dai va đập của polyme nhỏ.

-Độ bền xé : là năng lượng cần thiết để xé rách một mẫu có kích thước theo tiêu chuẩn, quyết định khả năng làm việc của bao bì, vỏ bọc dây điện...

c-Các tính chất khác :

-Tính chất lão hóa : là hiện tượng độ cứng tăng dần, mất dần tính đàn hồi và dẻo dần tới polyme bị giòn, cứng và nứt vỡ theo thời gian. Thông dụng nhất là sự ô xy hóa polyme bởi ô xy của khí quyển.

-Khối lượng riêng : không cao lắm $0,9 \div 2,2 \text{ g/cm}^3$ tùy từng loại.

-Độ bền riêng (Độ bền kéo/khối lượng riêng) : một số polyme lớn hơn kim loại (Nylon 6,6 có độ bền riêng là 71 km)

-Tính chất nhiệt : Dẫn nhiệt rất thấp, thường làm chất cách nhiệt dưới dạng bọt, mút...

-Tính chất điện : điện trở suất rất cao $10^{15} - 10^{18} \Omega / \text{cm}$, là chất cách điện tuyệt vời.

-Tính chất quang : một số polyme có thể truyền ánh sáng. Muốn vậy chúng phải ở dạng vô định hình (poly cacbonat PC truyền sáng 80%, polyeste PET truyền sáng 90%).

11.3.2. Các loại polyme thông dụng và công dụng :

1-Chất dẻo : là loại vật liệu có số lượng và sản lượng cao nhất hiện nay.

a-Khái niệm : Chất dẻo là loại vật liệu có thể biến dạng mà không bị phá hủy và có thể định hình với áp lực thấp nhất.

b-Các chất dẻo thông dụng :

-Acrylonitril - butadien - styren (ABS) tên thương mại :marbon, cycolac, lustran abson. Công dụng : đệm lót tủ lạnh, đồ chơi, dụng cụ làm vườn.

-Acrylic (polymetymet-acrylat) PMA, tên thương mại lucite, plexigalass. Công dụng : kính, cửa máy bay, dụng cụ đo đạc, thiết kế

-Flocarbon PTFE hay TFE, tên thương mại teflon TFE, halon TFE. Công dụng : van các loại, đường ống, đệm chịu hóa chất, chất bọc chống ăn mòn, chi tiết điện tử làm việc ở nhiệt độ cao.

-Polyamit PA, tên thương mại : nylon, zytel, plaskon. Công dụng : ổ trượt, bánh răng, bàn chải, tay cầm, vỏ bọc dây điện, dây cáp...

-Polycarbonat PC, tên thương mại merlon, lexan. Công dụng : mặt nạ an toàn, chao đèn, kính, nền cho phim ảnh.

-Polystyren PS, tên thương mại styren, luxtrex, rexolite. Công dụng : hộp ắc quy, bảng điện trong nhà, đồ chơi, tường nhà, dụng cụ gia đình...

-Vinyl PVC, tên thương mại PVC, pliovic, saran, tygon. Công dụng : bọc dây điện bằng ghi âm, thảm trải sàn nhà, đường ống...

-Phenolic : tên thương mại epon, epirez, araldite. Công dụng : bọc các mô tơ điện, vỏ điện thoại, dụng cụ điện.

-Polyeste : tên thương mại selectron, laminac, paraplex. Công dụng : một số chi tiết trong ô tô, ghế các loại, vỏ và thân quạt điện, thuyền composit, mặt nạ.

-Silicon : tên thương mại nhựa DC. Công dụng : vật liệu cách điện ở nhiệt độ cao.

2-Elastome : Thông dụng nhất là các loại cao su tổng hợp : cao su styren - butadien (SBR), nitrit-butadien (NBR), cao su silicon.

-Polyisopren : tên thương mại cao su tự nhiên (NR). Công dụng : xăm, lốp, ống, đệm...

-Copolymestyren - butadien : tên thương mại GRB, buna S (SBR). Công dụng : như loại trên

-Copolyme acrilonitril - butadien : tên thương mại buna A, nitril (NBR). Công dụng : Ống mềm dùng trong dầu hỏa, hóa chất, dầu mỡ, đế gót giày...

-Clopren : tên thương mại neopren (CR). Công dụng : bọc dây cách điện, thiết bị hóa chất, băng chuyền, các loại ống, đệm ...

-Polysiloxan : tên thương mại silicon. Công dụng : cách điện ở nhiệt độ cao, thấp. dùng trong y tế, chất trám đường ống trong công nghiệp thực phẩm.

11.4.THỦY TINH :

Trong phần này ta chỉ nghiên cứu thủy tinh vô cơ hay còn gọi là thủy tinh silicat vì được chế tạo chủ yếu trên cơ SiO_2 . Thủy tinh silicat chia ra làm hai nhóm lớn : thủy tinh vô cơ (dạng vô định hình) và xitan (có cấu tạo tinh thể)

11.4.1.Thủy tinh vô cơ :

Là dạng cấu tạo đặc biệt của các dung dịch đông đặc, là một khối nóng chảy phức tạp có độ nhớt cao của các ô xyt a xit và ô xyt bazơ.

1-Cấu tạo của thủy tinh :

Trạng thái thủy tinh hóa là một dạng riêng của trạng thái vô định hình của vật chất. Khi chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn vô định hình trong quá trình nguội nhanh và tăng độ nhớt thì tổ chức không trật tự, đặc trưng của trạng thái lỏng được giữ nguyên lại trong trạng thái rắn. Do đó thủy tinh vô cơ có cấu trúc bên trong là không trật tự và không đồng nhất. Bộ sườn thủy tinh hóa của thủy tinh là một mạng lưới không gian không có quy luật, tạo ra bởi các hình trực thoi của ô xyt silic $[\text{SiO}_4]^{-4}$.

Trong thành phần thủy tinh vô cơ gồm có : ô xit silic, bo, photpho, gecmani, asen thủy tinh hóa tạo nên mạng lưới cấu trúc, các ô xyt natri, ka li, can xi, magiê, ba ri làm thay đổi các tính chất hóa lý của nó. Ngoài ra còn có các ô xyt nhôm, sắt, chì, titan, be ri...làm cho thủy tinh có các tính chất kỹ thuật cần thiết. Tóm lại thủy tinh công nghiệp là một hệ thống nhiều nguyên phức tạp.

2-Phân loại thủy tinh :

a-Theo bản chất hóa học :

- Thủy tinh aluminosilicat ($\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$)
- Thủy tinh bosilicat ($\text{B}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$)
- Thủy tinh alumobosilicat ($\text{Al}_2\text{O}_3.\text{B}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$)
- Thủy tinh alumophotphat ($\text{Al}_2\text{O}_3.\text{P}_2\text{O}_5$)

b-Theo lượng chứa các chất biến tính :

- Thủy tinh kiềm (chứa các ô xyt K_2O , Na_2O)
- Thủy tinh không kiềm.
- Thủy tinh thạch anh.

c-Theo công dụng :

- Thủy tinh kỹ thuật (thủy tinh quang học, kỹ thuật điện, thí nghiệm ..)
- Thủy tinh xây dựng (thủy tinh làm cửa, tủ kính, gạch thủy tinh...)
- Thủy tinh sinh hoạt (chậu, bát, đĩa, gương soi..)

3-Tính chất của thủy tinh :

a-Thủy tinh có tính chất vô hướng.

b-Cơ tính :

Có độ bền nén cao ($50 \div 100\text{kG/mm}^2$), giới hạn bền kéo rất thấp ($3 \div 9\text{kG/mm}^2$), giới hạn bền uốn rất thấp ($5 \div 15\text{kG/mm}^2$), mô đun đàn hồi cao ($4500 \div 10000\text{kG/mm}^2$), độ dai va đập thấp ($1,5 \div 2,5 \text{ kG.cm/cm}^2$).

c-Tính chất quang học :

Tính trong suốt, phản xạ, tán xạ, hấp thụ và khúc xạ ánh sáng.

d-Hệ số giãn nở nhiệt nhỏ, tính chịu nhiệt tương đối cao (xác định bởi nhiệt độ mà tại đó làm nguội nhanh thủy tinh trong nước đến 0°C mà không bị nứt).

11.4.2.Xítan :

1-Khái niệm về xítan :

Xítan là vật liệu thể rắn đa tinh thể, được tạo thành bằng cách kết tinh định hướng thủy tinh. Tên gọi xítan là do ghép hai từ silicium và cristal có nghĩa là thủy tinh tinh thể hay gốm thủy tinh.

Chế tạo xitan bằng cách nấu chảy mẻ liệu thủy tinh có thành phần xác định và pha thêm chất xúc tác để tạo mầm kết tinh. Sau đó làm nguội đến trạng thái dẻo, tạo hình theo yêu cầu và cho kết tinh. Quá trình kết tinh gọi là xitan hóa.

Thành phần mẻ liệu thủy tinh chế tạo xitan có các loại ô xyt LiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO ... cùng các chất tạo mầm Au, Ag, Cu nằm lơ lửng trong thủy tinh lỏng dưới dạng keo.

2-Tổ chức và tính chất của xitan :

-Tổ chức của xi tan có nhiều pha, gồm các hạt của một hay một số loại tinh thể khác nhau, ở giữa các pha tinh thể là một lớp thủy tinh (dạng vô định hình). Lượng pha tinh thể trong khoảng từ 30-95%.

-Tính chất : tính chất của xitan được quyết định bởi tổ chức và thành phần giữa các pha. Xitan có tính đẳng hướng, chịu mài tốt, ít khuyết tật bề mặt, không có rỗ xốp và ít co.

3-Phân loại xitan : Xi tan được chia làm ba loại

-Xitan quang học : được chế tạo từ thủy tinh hệ Li có chất tạo mầm là các chất nhuộm dạng keo. Khi chiếu các tia cực tím hay tia rơnghen vào sẽ xảy ra quá trình hóa quang học. Quá trình kết tinh xảy ra khi nung lại sản phẩm.

-Xitan nhiệt : được chế tạo từ thủy tinh hệ $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$... với chất tạo mầm là TiO_2 , FeS. Cấu trúc tinh thể của xitan được hình thành khi nhiệt luyện lại chi tiết. (Nung cao hơn nhiệt độ t_g và làm nguội nhanh trong dòng khí nén hay dầu).

-Xitan xỉ : nhận được từ xỉ lò cao và có thêm chất biến tính như : các muối sunphat, bột sắt...

4-Công dụng :

Xitan dùng làm ổ đỡ, các chi tiết trong động cơ đốt trong, vỏ dụng cụ điện tử, ống dẫn trong công nghiệp hóa, cánh máy nén khí, vòi phun động cơ phản lực, dụng cụ đo ...

11.4.3.Nấu thủy tinh :

1-Nguyên liệu để nấu thủy tinh :

a-Nguyên liệu chính :

-Cát trắng hay cát thạch anh là tốt nhất để cung cấp SiO_2 .

- Na_2CO_3 và Na_2SO_4 để cung cấp Na_2O , thêm vào K_2CO_3 để tạo ra K_2O . Hai ô xyt này hạ thấp nhiệt độ chảy, tăng độ hòa tan và tốc độ khử bọt

-Đá vôi, đolômit ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$), BaCO_3 , BaSO_4 để tạo ra CaO , MgO , BaO giúp cho khử bọt dễ dàng và có tác dụng hóa học tốt hơn.

b-Nguyên liệu phụ :

-Chất tạo màu : nhóm này có tác dụng tạo màu cho thủy tinh theo ý muốn, gồm khá nhiều chất tùy theo yêu cầu về màu sắc. Ví dụ : MnO_2 tạo màu tím, Cr_2O_3 cho màu lục vàng, FeO cho màu xanh...

-Chất khử màu : do một số tạp chất làm cho thủy tinh có một số màu như xanh lam, vàng nhạt... Lúc này phải dùng các chất khử màu : ô xyt aseníc, ô xyt ăngtimoan, đi ô xyt xêri, ô xyt cô ban, sêlen, ô xyt niken...

-Chất ô xy hóa và chất khử : dùng khi nấu thủy tinh màu. Chất ô xy hóa : perôxit mangan, chất khử : mặt cửa, than đá, tacrat kali a xít ($\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)...

-Chất gây đục : dùng khi cần tạo thủy tinh đục ta cho thêm vào hợp chất của ăngtimoan, thiếc, photpho...

-Chất khử bọt : điôxit xê ri, triôxyt asenic ...

2-Quá trình nấu thủy tinh : Gồm năm giai đoạn sau :

-Giai đoạn tạo silicat (Na_2SiO_3)

-Giai đoạn tạo thủy tinh.

-Giai đoạn khử bọt

-Giai đoạn đồng nhất hóa.

-Giai đoạn làm nguội.

11.4.4.Các loại thủy tinh :

1-Thủy tinh dân dụng :

a-Thủy tinh bao bì :

Yêu cầu của thủy tinh bao bì là : độ bền hóa học cao, không phản ứng với các chất chứa bên trong độ bền cơ học cao, chịu được va chạm, chịu được áp suất và sự thay đổi đột ngột về nhiệt độ. Thủy tinh bao bì được phân ra làm hai loại :

-Loại miệng hẹp (đường kính trong < 30 mm) : các loại chai bia, rượu, nước ngọt, thuốc...

-Loại miệng rộng (đường kính trong > 30 mm) : các lọ, bình, chậu ...

b-Thủy tinh bát đĩa, pha lê :

Yêu cầu của thủy tinh bát đĩa , pha lê :

-Phải chế tạo từ thủy tinh trong suốt không màu.

-Không có các khuyết tật : vẩn sợi, bọt và bóng khí

-Bề mặt phải sạch bóng, mép cạnh không được sắc nhọn

Công dụng : cốc uống nước, ly rượu, lọ hoa, chùm đèn, bát đĩa...

2-Thủy tinh chịu nhiệt và tác dụng hóa học :

Nói chung các loại thủy tinh đều có khả năng chịu tác dụng hóa học và chịu nhiệt nhất định, nhưng loại thủy tinh này dùng làm các dụng cụ chịu nhiệt độ cao hơn nhiều và làm việc trong môi trường chịu tác dụng hóa học mạnh. Hiện nay sử dụng phổ biến nhất là loại thủy tinh trên cơ sở bốn cấu tử : SiO_2 - Al_2O_3 - CaO - MgO có pha thêm hợp chất flo để dễ nấu chảy và một ít ô xyt kim loại. Gồm có các loại :

a-Thủy tinh làm dụng cụ thí nghiệm :

Loại thủy tinh này thuộc hệ hiệu cấu tử khá phức tạp, thành phần của nó gồm : B_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO , BaO và pha thêm TiO_2 , ZrO_2 . Nó có khả năng chịu tác dụng hóa học tốt và chịu nhiệt khá cao.

Công dụng : Ống nghiệm, cốc đốt, lọ đựng hóa chất, pipet, bu rết ...

b-Thủy tinh làm ống đựng thuốc (ấm pun) :

Đây là loại thủy tinh trung tính để không tác dụng hóa học phá hủy thuốc. Trong thành phần không được chứa các ô xyt kim loại nặng PbO , ZnO , Sb_2O_3 , As_2O_3 .

c-Thủy tinh làm nhiệt kế :

Là loại thủy tinh khó nấu chảy không có tính kiềm hay ít kiềm. Trong thành phần của nó có chứa ôxyt nhôm và ô xyt kim loại kiềm thổ cao.

d-Thủy tinh thạch anh :

Được nấu từ đá thạch anh tự nhiên hay cát thạch anh tinh khiết. Được chia làm hai loại : thạch anh không trong suốt được nấu từ các thạch anh (có nhiều bọt khí nhỏ) và thạch anh trong suốt được nấu từ thạch anh thiên nhiên.

Công dụng : làm tháp cô đặc trong công nghiệp hóa học, làm vỏ lò nung, ống bảo vệ nhiệt kế, vật cách điện, đèn chiếu tia tử ngoại...

3-Thủy tinh quang học :

a-Yêu cầu của thủy tinh quang học

- Hằng số quang học phù hợp với yêu cầu
- Không có tính lưỡng chiết hay chỉ trong giới hạn cho phép.
- Tính chất quang học phải đồng nhất.
- Không có bọt, không bị tán xạ, khúc xạ...
- Trong suốt, không màu.
- Chịu hóa học và chịu nhiệt tốt

b-Công dụng : làm các dụng cụ quang học như kính lúp, kính hiển vi, thiên văn ...

4-Thủy tinh điện chân không :

a-Yêu cầu :

- Cách điện tốt, không thấm thấu khí.
- Có thể cho qua ánh sáng trong vùng nhìn thấy được và quang phổ hồng ngoại.
- Khi đốt nóng dễ tạo hình và hàn kín.
- Tính chịu nhiệt và hóa học cao.
- Tính giãn nở tương ứng các kim loại thường dùng trong kỹ thuật điện chân không

như : W, Mo, Pt, hợp kim Fe, Ni Co...

b-Công dụng : Làm bóng đèn, cổ đèn, bugi, vỏ ống phát điện tử, buồng màn hình TV (kinescóp) ...

c-Các loại thủy tinh điện chân không :

- Thủy tinh nhóm platin : có hệ số giãn nở tương tự platin, làm chân đèn, cổ kinescóp, bóng đèn, dụng cụ điện quang...
- Thủy tinh nhóm molybden : hệ số giãn nở tương tự Mo, dùng làm ống rơnghen, ống cách dây dẫn, cách điện trong dụng cụ bán dẫn, cửa sổ bộ nhân quang điện...
- Thủy tinh nhóm vonfram : có nhiệt độ nóng chảy cao và góc tổn thất điện môi nhỏ, dùng làm bóng đèn tròn, cổ tụ chân không, vỏ đèn thu khuếch đại, đèn phát...

5-Sợi thủy tinh :

Từ thủy tinh thạch anh, thủy tinh có hàm lượng SiO_2 cao tiến hành kéo sợi có đường kính từ 3-30 μm với chiều dài theo yêu cầu. Sợi thủy tinh dùng làm vật liệu cách điện, cách nhiệt, làm cốt trong vật liệu composit, cáp quang ...

6-Thủy tinh xây dựng :

Được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng, gồm thủy tinh tấm và gạch thủy tinh không màu hoặc có màu sắc theo yêu cầu. Chúng được dùng làm cửa, tấm lát, tường (phản lấy ánh sáng), các nơi trang trí...

7-Thủy tinh đặc biệt :

a-Thủy tinh phòng vệ (phòng ngự):

Là các loại thủy tinh dùng làm các màn chắn, cửa sổ trong các máy có phát ra các tia X, γ , β , α ...Ưu điểm của thủy tinh phòng vệ là có thể ngăn được các tia bức xạ có hại, khối lượng nhỏ và cho phép ta quan sát được các hoạt động của thiết bị đo.

*Yêu cầu của thủy tinh phòng vệ :

- Có độ trong suốt cao, không màu, không bọt, vân
- Có hàm lượng chì cao.
- Chịu được tác dụng của tia γ . Hầu hết các loại thủy tinh thường khi bị tác dụng của tia γ đều bị nhuộm màu, kết tinh do đó mất khả năng truyền ánh sáng.

*Các hệ thủy tinh phòng vệ :

- PbO - CdO - SiO₂ hút trung tử và tia γ
- CdO - BaO - B₂O₃ hút trung tử
- PbO - Nb₂O₃ - P₂O₅ hút trung tử rất tốt.
- PbO - Bi₂O₃ - SiO₂ hút tia X, tia γ rất mạnh .
- PbO - B₂O₃ - Ta₂O₅ hút tia γ

b-Thủy tinh cảm quang :

Là loại thủy tinh khi chiếu các tia bức xạ vào màu sắc của nó không thay đổi, nhưng nếu tiếp sau đó đem đốt nóng để xử lý nhiệt với thời gian khác nhau màu sắc sẽ nổi lên đậm nhạt khác nhau. Chất cảm quang thường dùng : Cu, Au, Ag, Ba...

Công dụng : dùng trong in ấn, công nghiệp điện tử, vật liệu ảnh, trang trí, mỹ phẩm.

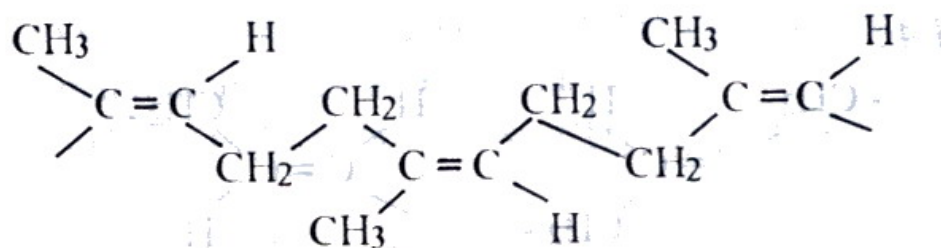
11.5.CAO SU :

11.5.1.Khái niệm và phân loại :

1-Khái niệm : Cao su là một polyme hữu cơ mà ở nhiệt độ thường nó có tính đàn hồi cao (khả năng chịu biến dạng đàn hồi ở nhiệt độ thường đến 1000%), chịu kéo tốt, chịu nén kém, không thấm khí, nước, ổn định trong các môi trường tẩy rửa, cách điện tốt, có mật độ thấp.

Về cấu tạo : cao su là một polyme có các phân tử vô giới hạn, có một mối nối đôi giữa các các bon trong mạch nguyên tử của đại phân tử. Khối lượng phân tử lớn 400000-450000. Đại phân tử có mạch thẳng hay mạch nhánh yếu, gồm các mắt xích riêng biệt có xu hướng gấp lại thành cụm, có thể tích nhỏ.

Về tính chất : Cao su là polyme nhiệt dẻo. Do sự có mặt trong các phân tử cao su các mối liên kết vô hạn bảo đảm ở những điều kiện nhất định chuyển sang trạng thái ổn định nhiệt. Khi cho lưu huỳnh vào cao su, các nguyên tử lưu huỳnh hoá trị hai tách mối



Hình 11.3 - Công thức cấu tạo của cao su

nối kếp giữa hai nguyên tử các bon trong mạch chính để nối các mạch cao su với nhau theo hướng cắt ngang. Nguyên tử lưu huỳnh có vai trò như chiếc cầu giữa các phân tử cao su do đó nhận được các mạch không gian gọi là cao su được lưu hoá. Tùy theo lượng lưu huỳnh đưa vào cao su mà độ dày đặc của mạch lưới có khác nhau. Với từ 1 ÷ 5% lưu huỳnh cao su có mạch lưới thưa, mềm, đàn hồi cao. Lượng lưu huỳnh tăng lên mạch cao su trở nên dày đặc hơn, tính chất cứng hơn và khi đạt lượng tối đa 30% cao su bão hoà lưu huỳnh trở nên cứng và không đàn hồi được, gọi là êbonit.

2-Phân loại :

- Cao su thiên nhiên
- Cao su tổng hợp.

Trong cao su tổng hợp lại chia ra hai loại:

- Theo công dụng có :
 - +Cao su tổng hợp công dụng chung
 - +Cao su tổng hợp công dụng đặc biệt
- Theo cấu tạo hoá học chia ra 3 loại :
 - +Cao su có cấu tạo điều chỉnh được
 - +Cao su trùng hợp
 - +Cao su đặc biệt

11.5.2.Cao su thiên nhiên :

Cao su thiên nhiên được lấy từ nhựa của một loại cây rừng nguồn gốc từ các rừng nhiệt đới châu Mỹ la tinh và châu Á, tên gọi là hêvea. Nhựa cây hêvea chảy ra có tên gọi là latex. Latex là một hỗn hợp màu trắng, đục có khoảng 40% hạt cao su khô nằm lơ lửng trong nước, có chứa một số chất hoà tan. Các hạt cao su khô có kích thước từ 0,159µm đến 6µm. Latex chỉ ổn định sau khi chảy ra khỏi cây trong một thời gian ngắn, sau đó bắt đầu keo tụ, hạt cao su tách ra khỏi pha lỏng và có mùi hôi. Để ngăn ngừa sự keo tụ ta cho thêm vào latex 0.15%NH₃ và nó sẽ ổn định lâu dài. Nhựa latex được cô đặc lại, ly tâm tách phần nước ra và cán thành tấm mỏng gọi là crếp. Rửa sạch và sấy khô crếp ở nhiệt độ 40 ÷ 45°C bằng khói. Sau khi sấy crếp có màu vàng nên gọi là crếp khói. Nếu khi cô đặc cho vào latex 1%Na₂SO₃ khi keo tụ H₂SO₄ tách ra tẩy trắng cao su và diệt vi khuẩn, gọi là crếp trắng.

Cấu tạo mạch phân tử cao su thiên nhiên gồm các mắt xích chuỗi dài của một số lớn các nhóm izôpenten .

Nhóm này còn gọi là izopren, được sắp xếp chủ yếu theo dạng đồng phân cis. Tính chất chung của cao su thiên nhiên :

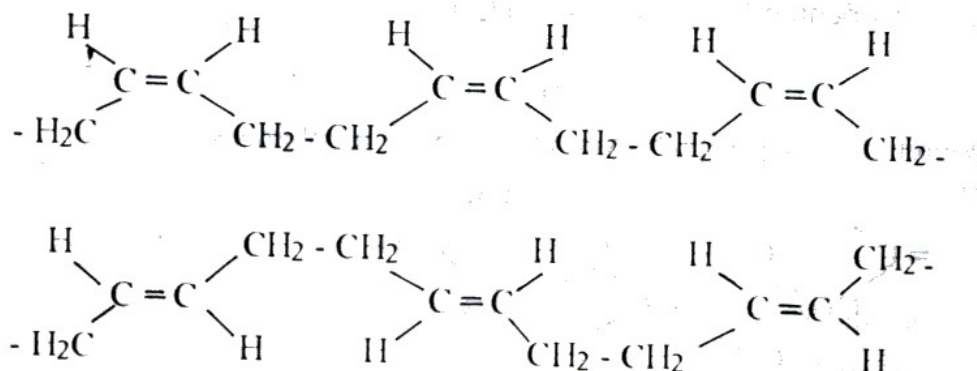
- Tỷ trọng : 0,91 ÷ 0,93 g/cm³
- Hệ số giãn nở thể tích : 656.10⁻⁶dm³/ °C
- Độ dẫn nhiệt : 335.10⁻⁶ cal/cm.S.°C
- Nhiệt dung : 0,45 ÷ 0,50cal /g.°C

Ở nhiệt độ 80-100°C trở nên dẻo, -70°C bị giòn và bị phân hoá ở 200°C. Trong cao su thiên nhiên còn chứa 2 ÷ 2,2% kiểu sắp xếp theo đồng phân trans.

11.5.3.Các loại cao su tổng hợp thông dụng :

1-Cao su divinyl (C₄H₆)_n :

Còn gọi là butadien là tên gọi của monome ban đầu để tổng hợp thành butadien, công thức của nó là $(C_4H_6)_n$.



Hình 11.4-Công thức cấu tạo của cao su divinyl

Tính chất cao su divinyl :

- Tỷ trọng : $0,91g/cm^3$
- Nhiệt độ thủy tinh hoá (dòn) : -110^0C
- Giới hạn bền kéo đứt : 200 kG/cm^2
- Độ giãn dài khi kéo đứt : 470% .

Cao su divinyl ít bị mài mòn hơn cao su thiên nhiên, nhưng độ bền nhiệt, tính chịu lạnh và chống xé rách kém hơn.

Công dụng : làm lốp xe ô tô, găng tay, xe đạp, áo mưa, găng tay, các sản phẩm công nghiệp... cần chú ý pha thêm cao su thiên nhiên vào để nâng cao tính chất của nó.

2-Cao su polyizopren (izopren) :

Ta có thể tổng hợp được cao su izopren có cấu tạo tương tự như cao su thiên nhiên $(C_5H_8)_n$. Tuy nhiên trong cấu tạo của nó có cả đồng phân cis và đồng phân trans nên tính đàn hồi không cao, độ nhớt thấp, một số tính chất cơ lý khác không bằng cao su thiên nhiên nhưng tốt hơn cao su butadien.

Tính chất cao su izopren :

- Tỷ trọng : $0,92g/cm^3$
- Nhiệt độ thủy tinh hoá : -70^0C
- Giới hạn bền kéo đứt : $250 \div 300kG/cm^2$
- Độ giãn dài khi kéo đứt : 770%

Công dụng tương tự như cao su butadien.

11.5.4.Cao su có công dụng đặc biệt :

Cao su thiên nhiên, butadien và izopren dễ bị ăn mòn trong dầu mỡ vì chúng dễ hoà tan trong dung môi béo. Muốn cao su ổn định trong dầu mỡ thì trong mạch của nó phải có tính phân cực. Các monome để tạo nên cao su chịu dầu mỡ là cao su tổng hợp, tùy theo yêu cầu của sản phẩm mà các chất phụ gia cho vào khác nhau và công nghệ chế biến cũng khác nhau.

1-Cao su cloropren (nairit, neopren, perbunan-C) :

Nguyên liệu sản xuất từ axetylen trùng hợp thành monome cloropren. Tính chất :

- Tỷ trọng : 1,21-1,25 g/cm³
- Giới hạn bền kéo đứt 2-2,65kG/mm²
- Độ dẫn dài tương đối : 600-750%
- Nhiệt độ làm việc : 100-130°C
- Nhiệt độ chịu lạnh -34°C

Cao su cloropren không ăn mòn đồng, chống lão hoá ôzôn tốt, đàn hồi tốt, chống rung tốt, ổn định trong dầu mỡ, nhiên liệu. Tính chịu nhiệt và chịu lạnh kém. Công dụng : bọc dây điện, dây cáp cao áp.

2-Cao su butadien nitril (haicar, perbunan, buna-N) :

Là sản phẩm đồng trùng hợp của butadien và nitril của axit acrylic. Tính chất của nó phụ thuộc vào lượng nitril cho vào trong thành phần cao su.

Lượng nitril %	18	26	40
Tỷ trọng (g/cm ³)	0,943	0,962	0,986
Nhiệt độ thủy tinh hoá °C	-55	-42	-32
Độ bền kéo đứt (kG/cm ²)	-	280	350
Độ dẫn dài %	-	600	-

Cao su butadien nitril là chất bán dẫn, điện trở riêng $\rho = 10^{10} \div 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$. Có tính chống mài mòn tốt, đàn hồi kém, chống lão hoá tốt, ổn định trong các môi trường xăng dầu, nhiên liệu từ -30 đến 130°C.

Công dụng : làm dây đai, băng tải, ống dẫn, đệm, lót, phớt máy bơm dầu..

3-Cao su chống mài mòn (adipren, gentan S, elastotan) :

Cao su uretan có tính chống mài mòn cao, độ bền cao, độ đàn hồi tốt, ổn định trong dầu mỡ, ổn định bức xạ. Trong mạch cấu tạo của nó không có mối nối đôi (liên kết không no) nên rất ổn định với ôxy và ôzôn. Nhiệt độ làm việc từ -30 đến 130°C.

Công dụng : làm lốp xe ô tô, băng tải, bọc ống và máng vận chuyển vật liệu hạt, gót giày....

4-Cao su chịu nhiệt :

Được sản xuất từ cao su silicon chưa lưu hoá có cấu tạo mạch thẳng. Thường dùng nhất là cao su dimetyl siloxan. Nhiệt độ làm việc từ -55 đến 250°C, tính bám dính kém, bị trương nở trong các dung môi và dầu mỡ, độ bền thấp, tính thấm khí cao, chống mài mòn kém.

- Tính chất : - Tỷ trọng : 2,13g/cm³
 -Điện trở riêng : $9,4 \cdot 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$
 -Điện áp đánh thủng $2 \div 28 \text{ kV/mm}$.

Công dụng : làm các chi tiết chịu nhiệt độ khá cao trong các bộ phận máy móc.

11.6.XI MĂNG VÀ BÊ TÔNG :

11.6.1.Xi măng :

Xi măng là chất kết dính thủy lực do khi tác dụng với nước tạo ra các hợp chất có tính dính kết, các hợp chất này đóng rắn trong nước và các sản phẩm đóng rắn bề trong nước. Các loại xi măng gồm có :

- Xi măng pooc lăng : dựa trên cơ sở $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ chứa thêm $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.
- Xi măng alumin : trên cơ sở $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ có chứa thêm $\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.
- Xi măng xỉ lò cao : giống xi măng pooc lăng nhưng có thêm thạch cao hay vôi.

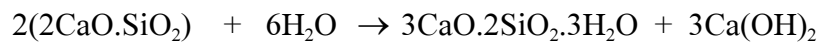
Trong các loại trên thì xi măng pooc lăng là loại thông dụng nhất. Quá trình sản xuất xi măng pooc lăng như sau :

-Nguyên liệu gồm đá vôi, đất sét (cung cấp Al_2O_3) và quặng sắt (cung cấp Fe_2O_3) theo tỷ lệ quy định được nghiền mịn và trộn đều.

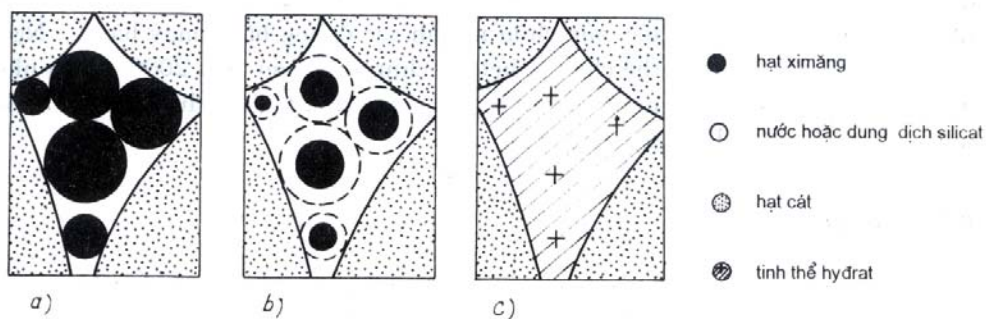
-Phôi liệu được nung luyện trong lò quay ở $1400-1500^\circ\text{C}$ để tạo ra các khoáng chất như : $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (viết C_3S), $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S), $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A) và $4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF). Sản phẩm này gọi là clinke.

-Nghiền mịn clinke đến cỡ hạt $0,5 \div 50 \mu\text{m}$ thành dạng bột gọi là xi măng. Trong quá trình nghiền clinke thường cho thêm các chất phụ gia để điều chỉnh một vài tính chất của xi măng (ví dụ thêm thạch cao để điều chỉnh độ đông kết của xi măng).

Khi hoà tan xi măng với nước sẽ bị hydrat hoá theo các phản ứng phản ứng sau đây :



Nếu xi măng có độ mịn đạt yêu cầu và được trộn đủ nước thì quá trình hydrat hoá xảy ra hoàn toàn. Nếu thiếu nước một phần xi măng không được phản ứng. Nếu thừa nước sẽ tạo ra các lỗ, kênh chứa nước làm cho vữa linh động dễ thao tác nhưng độ bền sau khi đông kết sẽ bị giảm. Sau quá trình hydrat hoá là giai đoạn kết tinh tạo ra các tinh thể hydrat với kích thước $10 \div 10 \mu\text{m}$ làm cho khối xi măng trở nên vững chắc và chịu được tải trọng yêu cầu.



Hình 11.5- Sơ đồ mô tả quá trình hydrat hoá và đông đặc của vữa xi măng

Để đánh giá độ bền cơ học của xi măng ta dùng chỉ tiêu mác xi măng được quy định là giới hạn bền nén của mẫu của hỗn hợp xi măng - cát theo tỷ lệ 1/3 bảo dưỡng 28 ngày trong điều kiện quy định. Theo TCVN 2682-1992 : PC30 là xi măng pooc lăng có giới hạn bền nén là 30MPa.

11.6.2. Bê tông :

Bê tông được chế tạo từ hỗn hợp các vật liệu silicat với kích thước hạt khác nhau (ví dụ : sỏi hay đá dăm cỡ $1 \div 4 \text{ cm}$, cát vàng cỡ hạt $0,1 \div 0,2 \text{ mm}$, xi măng cỡ hạt $0,5 \div 50 \mu\text{m}$). Để tạo ra mật độ cao cho bê tông : hạt cát điền đầy vào chỗ trống giữa các viên sỏi, đá dăm, còn các hạt xi măng sẽ chen vào khoảng trống giữa các hạt cát. Ngoài ra bề mặt của các hạt cát, sỏi, đá dăm sẽ xúc tiến tạo mầm ký sinh cho quá trình kết tinh của các hợp chất hydrat của xi măng.

Cốt liệu của bê tông thường sử dụng là : cát, sỏi, đá vôi, đá granit...(khối lượng riêng cỡ $\div -3 \text{ g/cm}^3$). Để chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu phải là loại xốp, khối lượng riêng nhỏ (khoảng 1 g/cm^3) như : xỉ lò cao, đá xốp thiên nhiên hay dùng phụ gia tạo ra bọt khí trong quá trình đóng rắn. Cơ tính của bê tông tương tự như ceramic là có độ bền nén cao, độ bền kéo thấp. Giới hạn bền nén của bê tông thuộc vào tỷ lệ hỗn hợp, bảo dưỡng...dao động từ $5 \div 60 \text{ MPa}$, còn giới hạn bền kéo chỉ bằng từ $1/8 \div 1/10$ bền nén.

11.6.3. Bê tông cốt thép :

Ta bố trí thêm cốt thép theo quy luật nhất định (thanh, dây, lưới ...) trong bê tông tươi sẽ tạo ra bê tông cốt thép. Cốt thép trong khối bê tông làm cho kết cấu chịu kéo , nén và uốn tốt hơn. Nếu có hiện tượng nứt trong bê tông thì sự phát triển của vết nứt cũng bị cốt ngăn cản. Sỏi dĩ thép được dùng làm cốt trong bê tông vì ngoài độ bền kéo cao, độ dẻo lớn, thép có hệ số nở nhiệt gần giống bê tông, ăn mòn chậm trong môi trường bê tông và dính kết tương đối chắc với bê tông. Nếu bề mặt thép có gân (thép rằn) sẽ là tăng diện tích tiếp xúc và có khả năng khoá hãm.

Để tăng khả năng chịu nén cho bê tông ta tạo ứng suất nén dư dọc theo chiều cốt thép chịu lực chính và gọi là bê tông ứng suất trước (bê tông ứng lực trước). Phương pháp này dựa vào đặc điểm của vật liệu giòn là chịu nén tốt hơn chịu kéo và do vậy khi làm việc ứng suất kéo tác dụng vượt quá ứng suất nén dư thì khối bê tông mới bị phá huỷ. Có hai cách tạo bê tông ứng suất trước :

1-Dây thép có độ bền cao được đặt vào khuôn rỗng, được kéo với lực kéo lớn và giữ căng. Sau khi đổ bê tông vào khuôn và đông cứng mới bỏ lực kéo ra. Lúc này do biến dạng đàn hồi bị mất đi dây thép bị co lại gây cho cấu kiện bê tông ứng suất nén do ứng suất được truyền tải tới bê tông thông liên kết bê tông dây thép.

2-Dây thép được luồn qua các ống bằng kim loại hay cao su đã có sẵn trong bê tông đã đông cứng và được kéo căng đặt vào hai mặt đối diện của cấu kiện, làm cho cấu kiện ở trạng thái nén. Sau đó đổ vữa bê tông vào các lỗ bao kín dây thép. Khi bê tông đã đông cứng và bảo dưỡng tốt mới tháo kích ra.

Bê tông ứng suất trước được dùng trong các cấu kiện cầu đường sắt, đường cao tốc cũng như nhiều kết cấu xây dựng khác.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Mở đầu</i>	1
<i>Chương 1: Cấu tạo của kim loại và hợp kim</i>	2
1.1.Cấu tạo mạng tinh thể lý tưởng của kim loại nguyên chất	2
1.2.Cấu tạo của kim loại lỏng và điều kiện kết tinh	15
1.3.Cấu tạo của hợp kim	24
1.4.Giải đồ pha của hợp kim hai cấu tử	30
<i>Chương 2 : Biến dạng dẻo và cơ tính</i>	47
2.1.Biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo	47
2.2.Các đặc trưng cơ tính	61
2.3.Nung kim loại đã qua biến dạng dẻo	70
2.4.Biến dạng nóng	71
<i>Chương 3 : Ăn mòn và bảo vệ vật liệu</i>	73
3.1.Khái niệm về ăn mòn kim loại	73
3.2.Các dạng ăn mòn kim loại	74
3.3.Bảo vệ kim loại chống ăn mòn	80
3.4.Sự ăn mòn các vật liệu gốm	85
3.5.Sự thoái hoá của vật liệu polyme	86
<i>Chương 4 : Nhiệt luyện thép</i>	87
4.1.Khái niệm về nhiệt luyện thép	87
4.2.Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép	89
4.3.Ủ và thường hoá thép	103
4.4.Tôi thép	105
4.5.Ram thép	113
4.6.Các dạng hỏng xảy ra khi nhiệt luyện thép	114
<i>Chương 5 : Các phương pháp hoá bền bề mặt</i>	116
5.1.Tôi bề mặt	116
5.2.Hoá nhiệt luyện	119
<i>Chương 6 : Các loại gang</i>	125
6.1.Khái niệm chung về gang	125
6.2.Gang xám	126
6.3.Gang dẻo	127
6.4.Gang cầu	129
6.5.Gang hợp kim	130
<i>Chương 7 : Khái niệm chung về thép</i>	131
7.1.Khái niệm chung về thép	131
7.2.Khái niệm về thép hợp kim	135
<i>Chương 8 : Thép kết cấu</i>	143
8.1.Khái niệm chung về thép kết cấu	143

8.2.Thép thấm các bon	144
8.3.Thép hoá tốt	146
8.4.Thép đàn hồi	148
8.5.Thép có công dụng riêng	149
8.6.Thép có công dụng đặc biệt	151
<i>Chương 9 : Thép dụng cụ</i>	154
9.1.Thép và hợp kim làm dụng cụ cắt	154
9.2.Thép làm dụng cụ biến dạng nguội	159
9.3.Thép làm dụng cụ biến dạng nóng	160
9.4.Thép làm dụng cụ đo	161
<i>Chương 10 :Kim loại và hợp kim màu</i>	163
10.1.Nhôm và hợp kim nhôm	163
10.2.Đồng và hợp kim đồng	167
10.3.Hợp kim làm ổ trục	170
<i>Chương 11: Các vật liệu khác</i>	174
11.1.Vật liệu composit	174
11.2.Vật liệu ceramic	178
11.3.Vật liệu polyme	179
11.4.Thủy tinh	182
11.5.Cao su	187
11.6.Xi măng và bê tông	190

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1-Vật liệu học - Lê Công Dưỡng - NXB Khoa học và kỹ thuật- 1997
- 2-Kim loại học và nhiệt luyện - Nghiêm Hùng - NXB Đại học và THCN - 1979.
- 3-Giáo trình vật liệu học - Nghiêm Hùng -Trường đại học Bách khoa Hà nội - 1999
- 4-Kim loại học và nhiệt luyện - Trường đại học Bách khoa Hà Nội - 1988
- 5-Sách tra cứu thép gang thông dụng - Nghiêm Hùng - Trường đại học bách khoa Hà nội - 1997.
- 6-Sử dụng vật liệu phi kim loại trong ngành cơ khí - Hoàng Trọng Bá - NXB Khoa học và kỹ thuật - TP Hồ Chí Minh - 1995
- 7-Vật liệu composit - Trần Ích Thịnh - NXB Giáo dục - Hà nội - 1994
- 8-Vật liệu composite cơ học và công nghệ - Nguyễn Hoa Thịnh - Nguyễn Đình Đức - NXB khoa học và kỹ thuật Hà Nội - 2002
- 9-Ăn mòn và bảo vệ kim loại - W.A.Schultze - Phan Lương Cầm - Trường đại học Bách khoa Hà Nội - 1985
- 10-Ceramic - And Carbon - Matrix composites - Acadeician V.I. Trefelov -Institute for Problems of Materials Science - Kiev - 1995.
- 11-Des matériaux (Deuxième édition revue et augmentée) -Jean Marie DORLOT, Jean - Paul BAILON, Jacques MASOUNAVE. Éditions de L'école Polytechnique de Montréal - 1985.
- 12-Technique de l'ingénieur traité matériaux métalliques - Centre Francais d'exploitation.
- 13-Metallovedenie i termiteskaia abrbotka metallov - I.M. Lakhtin - Maxcva - 1979.
- 14- Element of X - ray crystallography - Azaroff . L.V - Megraw - Hill Book Co. Newyor - 1968.
- 15- Génie des matériaux - Jean Bernard Guillot- École centrale Paris - 2000-2001
- 16-Introduction à la science des matériaux - Jean-P.Mercier, Gérald Zambelli, Wilfred Kurz - 1999 (Presses Polytechniques et Universitair Romands)
- 17- Génie des matériaux (Travaux dirigés) - Jean Bernard Guillot - 1999-2000 - Écle centrale Paris
- 18- Matériaux composites - Cour et complément -Philippe Bompard 1993-1994 - École centrale Paris
- 19- Materialovedenie - I.M.Lakhtin - Maxcva - 1977