MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN **4**
1.1. VẬT LIỆU VÀ TÍNH CHẤT CƠ BẢN VẬT LIỆU *4*
1.2. KIM LOẠI *4*
1.3. NHỮNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA KIM LOẠI *6*
1.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ KIM LOẠI VÀ HỢP KIM *8*
1.5. THỬ ĐỘ CỨNG *10*
1.6. THỬ VA ĐẬP *13*
CHƯƠNG 2: MẠNG TINH THỂ KIM LOẠI **14**
2.1. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ NGUYÊN CHẤT *14*
2.2. MẬT ĐỘ NGUYÊN TỬ VÀ LỖ HỔNG MẠNG TINH THỂ *16*
2.3. TÍNH ĐA HÌNH CỦA KIM LOẠI *17*
2.4. ĐƠN TINH THỂ VÀ ĐA TINH THỂ *18*
2.5. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ THỰC TẾ CỦA KIM LOẠI *19*
CHƯƠNG 3: QUÁ TRÌNH CHUYỂN PHA TRONG VẬT LIỆU **23**
3.1. CẤU TẠO CỦA KIM LOẠI LỎNG VÀ ĐIỀU KIỆN KẾT TINH *23*
3.2. ĐIỀU KIỆN NĂNG LƯỢNG CỦA QUÁ TRÌNH KẾT TINH *23*
3.3. HAI QUÁ TRÌNH CỦA SỰ KẾT TINH *24*
3.4. CẤU TẠO HỢP KIM *31*
3.5. GIẢN ĐỒ PHA CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ *37*
3.6. GIẢN ĐỒ PHA Fe – C (Fe – Fe_3C) *45*
3.7. MỘT SỐ QUY ƯỚC THÉP VÀ GANG *50*
3.8. CÁC ĐIỂM TỚI HẠN *51*
CHƯƠNG 4: NHIỆT LUYỆN THÉP **53**
4.1. KHÁI NIỆM VỀ NHIỆT LUYỆN THÉP *53*
4.2. CÁC TỔ CHỨC ĐẠT ĐƯỢC KHI NUNG NÓNG VÀ LÀM NGUỘI THÉP *55*
4.3. Ủ THÉP *66*
4.4. THƯỜNG HÓA *68*
4.5. TÔI THÉP *69*
4.6. CƠ NHIỆT LUYỆN THÉP *74*
4.7. RAM THÉP *75*
4.8. CÁC DẠNG HỎNG XẢY RA KHI NHIỆT LUYỆN THÉP *76*
CHƯƠNG 5: CÁC PHƯƠNG PHÁP HÓA BỀN BỀ MẶT **79**
5.1. TÔI BỀ MẶT *79*
5.2. HÓA NHIỆT LUYỆN *82*
5.4. THẤM CÁC BON *83*
5.5. THẤM NI TƠ *85*
5.6. THẤM CÁC BON - NITƠ (THẤM XYANUA) *86*
5.7. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÓA NHIỆT LUYỆN KHÁC *87*
CHƯƠNG 6: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP **88**

6.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP *88*
6.2. PHÂN LOẠI THÉP CÁC BON *89*
6.3. KÝ HIỆU THÉP CÁC BON (TIÊU CHUẨN THÉP CÁC BON) *90*
6.4. KHÁI NIỆM VỀ THÉP HỢP KIM *91*
6.5. PHÂN LOẠI THÉP HỢP KIM *96*
6.6. KÝ HIỆU THÉP HỢP KIM *97*
CHƯƠNG 7: THÉP KẾT CẤU **99**
7.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP KẾT CẤU *99*
7.2. THÉP THẤM CÁC BON *100*
7.6. THÉP HOÁ TỐT *101*
7.7. THÉP ĐÀN HỒI *103*
7.8. THÉP CÓ CÔNG DỤNG RIÊNG *105*
7.9. THÉP CÓ CÔNG DỤNG ĐẶC BIỆT *107*
CHƯƠNG 8: THÉP DỤNG CỤ **109**
8.1. THÉP VÀ HỢP KIM LÀM DỤNG CỤ CẮT *109*
8.2. THÉP LÀM DỤNG CỤ BIẾN DẠNG NGUỘI (KHUÔN DẬP NGUỘI) *113*
8.3. THÉP LÀM DỤNG CỤ BIẾN DẠNG NÓNG (KHUÔN DẬP NÓNG) *114*
8.4. THÉP LÀM DỤNG CỤ ĐO *115*
CHƯƠNG 9: CÁC LOẠI GANG **117**
9.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GANG *117*
9.2. GANG XÁM *117*
9.3. GANG XÁM BIẾN TRẮNG *119*
9.4. GANG DẺO *119*
9.5. GANG CẦU *120*
9.6. GANG HỢP KIM *121*
CHƯƠNG 10: KIM LOẠI VÀ HỢP KIM MÀU **122**
10.1. NHÔM VÀ HỢP KIM NHÔM *122*
10.2. ĐỒNG VÀ HỢP KIM ĐỒNG *126*
10.3. HỢP KIM LÀM Ổ TRƯỢT *129*
CHƯƠNG 11: VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI **132**
11.1. VẬT LIỆU KẾT HỢP (COMPOSIT) *132*
11.2. VẬT LIỆU CÉRAMIC (GỐM) *134*
11.3. VẬT LIỆU CÉRAMIC ĐẶC *135*
11.4. VẬT LIỆU POLYME (VẬT LIỆU HỮU CƠ) *136*
11.5. CAO SU *138*
11.6 VẬT LIỆU GỖ *143*
PHỤ LỤC: CÁC HỆ THỐNG KÝ HIỆU VẬT LIỆU KIM LOẠI **150**
I. HỆ THỐNG KÝ HIỆU VẬT LIỆU CÁC NƯỚC **150**
II. BẢNG TIÊU CHUẨN KIM LOẠI THƯỜNG SỬ DỤNG **156**
1- Thành phần hoá học các mác thép cạc bon chất lượng thường phân nhóm B *156*

2- Thành phần hoá học và cơ tính của nhóm thép kết cấu chất lượng tốt. *156*
4- Thành phần hoá học và của thép thấm cacbon *157*
5- Thành phần hoá học của một số thép hoá tốt *158*
6. Thành phần hóa học của thép đàn hồi *158*
7. Thành phần hoá học và cơ tính của thép dễ cắt *158*
8 - Một số loại thép dụng cụ chính của Mỹ (Tiêu chuẩn SAE/AISI) *159*
9 - Thành phần hóa học của một số thép dụng cụ hợp kim thấp *160*
10 - Thành phần hóa học của một số loại thép gió *160*
11. Thành phần hoá học của một số thép khuôn dập nguội *160*
12. Thành phần hóa học của một số thép khuôn dập nóng *161*
13 - Thành phần hóa học và cơ tính của một số loại thép không gỉ *161*
14. Một số mác gang thông dụng *162*
15. Ký hiệu, công dụng của một số đồng đỏ (TCVN 1659 - 75) *163*
16 - Thành phần, ký hiệu của một số latông theo TCVN và CDA *163*
17. Thành phần, ký hiệu một số brông theo TCVN và CDA *163*
18 - Ký hiệu và trạng thái gia công hợp kim nhôm của Nga, Mỹ và Canada *164*
19 - Tiêu chuẩn ký hiệu hợp kim nhôm theo Aluminum Association *164*
20 - Bảng quy đổi thành phần, ký hiệu một số HK nhôm theo TCVN và Aluminum Association (AA) *165*

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. VẬT LIỆU VÀ TÍNH CHẤT CƠ BẢN VẬT LIỆU

1.1.1. Tính chất các vật liệu

Vật liệu là các vật chất mà con người sử dụng trong sản xuất cơ khí để tạo dựng nên sản phẩm cho cuộc sống như máy móc, thiết bị, xây dựng công trình, nhà cửa…

Các nhóm vật liệu phổ biến dùng trong công nghiệp là vật liệu kim loại, vật liệu vô cơ - ceramic, vật liệu hữu cơ - polyme, vật liệu kết hợp - compozit. Trong đó:

- Vật liệu kim loại (Hình 1.1 - a) là những vật thể dẫn điện tốt, có ánh kim, có khả năng biến dạng dẻo tốt ngay cả ở nhiệt độ thường, kém bền vững hóa học. Vật liệu kim loại thông dụng là thép, gang, đồng, nhôm…và các hợp kim của chúng, đây cũng là nhóm vật liệu được dùng chủ yếu trong sản xuất cơ khí và là đối tượng chính của môn học.

- Vật liệu vô cơ - ceramic (Hình 1.1 - b) là các chất dẫn điện kém, không biến dạng dẻo và rất giòn, rất bền vững hóa học và nóng chảy ở nhiệt độ rất cao. Các vật liệu ceramic thông dụng là gốm, sứ, thủy tinh, gạch thường và gạch chịu lửa…

- Vật liệu hữu cơ - polyme (Hình 1.1 - c) là những chất dẫn điện kém, có khả năng biến dạng dẻo ở nhiệt độ cao, bền vững hóa học ở nhiệt độ thường, nóng chảy hoặc phân hủy ở nhiệt độ tương đối thấp. Hai nguyên tố thành phần chủ yếu trong loại vật liệu này là cacbon và hydro. Vật liệu hữu cơ tự nhiên thường gặp là các loại gỗ, cao su và các loại vật liệu hữu cơ nhân tạo như polyetylen (PE), polyvinylclorua (PVC)…

- Vật liệu kết hợp - compozit (Hình 1.1 - d) là loại vật liệu tạo thành từ sự kết hợp giữa hai hay nhiều loại vật liệu khác, ví dụ như: bê tông cốt thép, vật liệu kết hợp giữa kim loại và polyme, hoặc giữa polyme và ceramic…

Hình 1.1 Các loại vật liệu dùng trong công nghiệp

a) Kim loại (thép); b) Vô cơ (sứ cách điện); c) Hữu cơ ; d) Compozit

Trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hoa học của Menđêlêep, hiện tại co 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.

1.2. KIM LOẠI

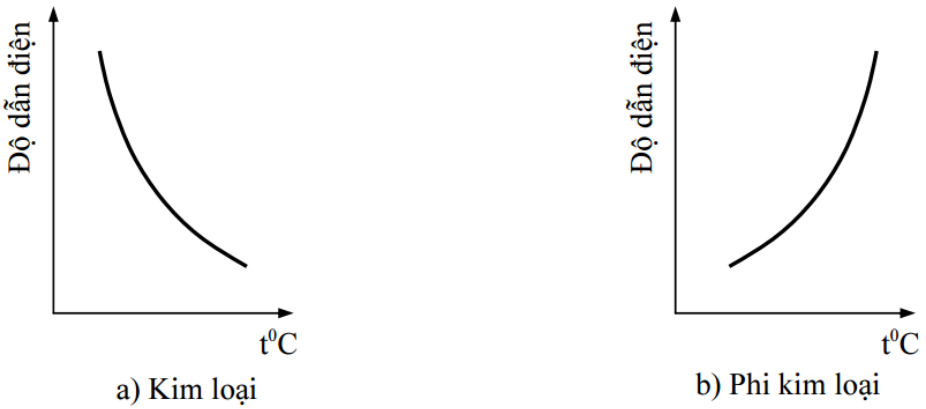
1.2.1. Định nghĩa: *Kim loại là vật thể sáng, dẻo, có thể rèn được, có tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao.*

Bất cứ kim loại nào bề mặt chưa bị ôxy hóa đều có vẽ 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 thoả mãn những tính chất trên.

Ví du: Stibi (Sb: antimon) rất giòn không thể rèn được, pradeodim (Pr) dẫn điện rất kém.

Tiêu chuẩn để phân biệt kim loại và phi kim loại 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 thì điện trở giảm).



Hình 1.2 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 sánh chiếu vào thì điện tử sẽ hấp thụ năng lượng. Do đó nó có năng lượng cao hơn, bị kích thích và nhảy lên mức năng lượng trên. Tại mức năng lượng này là không ổn định do đó điện tử chỉ tồn tại trong thời gian ngắn và sau đó trở về mức năng lượng cũ. Khi đó chúng thải bớt một phần năng lượng dưới dạng bức xạ làm cho kim loại có vẽ lấp lánh sáng. Tính dẫn điện và dẫn nhiệt cũng giải thích tương tự. Còn tính chất dẻo giải thích dựa vào liên kết kim loại.

1.2.2. Phân loại kim loại

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

a-Theo khối lượng riêng: Kim loại được chia thành 2 nhóm là kim loại nặng và kim loại nhẹ.

- Kim loại nặng là kim loại có khối lượng riêng lớn hơn 5g/cm^3.

Ví dụ như sắt (γ = 7,8), vàng (γ = 19,5), thuỷ ngân (γ = 13,1) …

- Kim loại nhẹ là kim loại có khối lượng riêng nhỏ hơn 5g/cm3.

Ví dụ như nhôm (γ = 2,7), titan (γ = 4,5), man gan (γ = 1,73) …

a- Theo nhiệt độ nóng chảy kim loại được chia làm 2 nhóm:

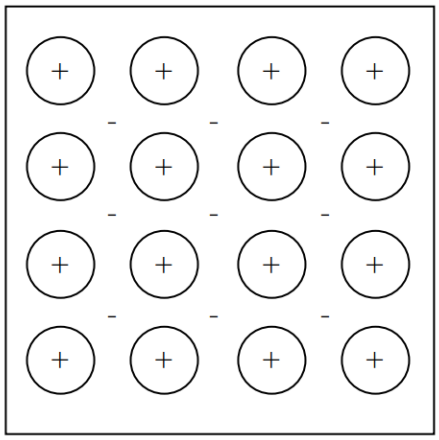
- Kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao như sắt (1539 ^{0}C), vonphram (3410 ^{0}C), titan (1668 ^{0}C), đồng (1085 ^{0}C).
- Kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như chì (327 ^{0}C), nhôm (657 ^{0}C), stibi (631 ^{0}C), …

b- Theo tính chất hoạt động

- Kim loại kiềm natri, kali, liti….
- Kim loại chuyển tiếp sắt, crôm, mangan, vanadi, ….

1.2.3. 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 các 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 giữa các điện tử với nhau tồn tại một lực đẩy, giữa các ion và điện tử tồn tại lực hút. Sự cân bằng giữa các lực này là là cơ sở để liên kết kim loại. Đây là dạng liên kết quan trong của kim loại, nhờ mối liên kết này mà kim loại có tính dẻo rất cao.



Hình 1.3 mối liên kết kim loại

1.3. NHỮNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA KIM LOẠI

Tính chất cơ học	Tính chất vật lý	Tính chất hóa học	Tính chất công nghệ
Độ bền	Khối lượng riêng	Tính chịu ăn mòn	Tính đúc
Độ cứng	Tính nóng chảy	Tính chịu nhiệt	Tính rèn
Độ dẻo	Tính giãn nở	Tính chịu axit	Tính hàn
Độ dai va đập	Tính dẫn nhiệt		Tính cắt gọt
	Tính dẫn điện		
	Từ tính		

1.3.1 Cơ tính

Là những đặc trưng cơ học biểu thị khả năng của kim loại hay hợp kim chịu tác động của các loại tải trọng. Các đặc trưng đó bao gồm:

a. Độ bền: *Là khả năng chống lại các tác dụng của lực bên ngoài mà không bị phá hỏng*.

Tùy theo các dạng khác nhau của ngoại lực mà ta có các loại độ bền như độ bền kéo (σ_k), độ bền nén (σ_n), độ bền uốn (σ_u).

Đơn vị đo của độ bền theo hệ SI (thường dùng) 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; $1KG/mm^2 = 10$ MPa).

b. Độ cứng: *Là khả năng chống lại biến dạng dẻo cục bộ khi có ngoại lực tác dụng lên kim loại thông qua vật nén. Nếu cùng một giá trị lực nén mà vết lõm trên mẫu đo càng lớn thì độ cứng của vật liệu đó càng kém.*

Thử độ cứng được thực hiện trên máy thử, và được đánh giá bằng các đơn vị đo độ cứng như độ cứng Brinen (HB), Rocvell (HRA, HRB, HRC), Vicke (HV).

c. Độ dẻo: *Là khả năng vật liệu thay đổi hình dáng kích thước mà không bị phá hủy khi chịu tác dụng của lực bên ngoài.*

Để xác định độ dẻo người ta thường tiến hành đánh giá theo cả hai chỉ tiêu cùng xác định trên mẫu sau khi thử độ bền kéo:

- Độ giãn dài tương đối (δ) là khả năng vật liệu thay đổi chiều dài sau khi bị kéo đứt.

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} .100\ \% \quad (1.1)$$

- Độ thắt tiết diện tương đối (ψ): Là khả năng vật liệu chịu thay đổi tiết diện sau khi bị kéo đứt.

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} .100\ \% \quad (1.2)$$

Ở đây: l_0 và l_1 là chiều dài mẫu trước và sau khi kéo, được tính cùng đơn vị đo.

F_0 và F_1 là diện tích tiết diện mẫu trước và sau khi kéo, được tính cùng đơn vị đo.

d. *Độ dai va đập*: *Là khả năng vật liệu chịu được tải trọng va đập mà không bị phá hủy, ký hiệu là a_k và đơn vị đo là J/mm^2 hoặc kJ/m^2.*

1.3.2. Lý tính

Là những tính chất của kim loại thể hiện qua các hiện tượng vật lý khi thành phần hóa học của kim loại đó không thay đổi.

Lý tính cơ bản của kim loại gồm có khối lượng riêng, nhiệt độ nóng chảy, tính dãn nở, tính dẫn nhiệt, tính dẫn điện và từ tính.

a. Khối lượng riêng: Là khối lượng của 1 cm^3 vật chất.

$$\gamma = \frac{m}{v} \quad (1.3)$$

Trong đó: m là khối lượng của vật chất.

V là thể tích của vật chất.

b. Tính nóng chảy: Kim loại có tính chảy loãng khi bị đốt nóng và đông đặc lại khi làm nguội. Nhiệt độ ứng với lúc kim loại chuyển từ thể đặc sang thể lỏng hoàn toàn gọi là điểm nóng chảy. Điểm nóng chảy có ý nghĩa quan trọng trong công nghệ đúc, hàn.

c. Tính dẫn nhiệt: Là tính truyền nhiệt của kim loại khi bị đốt nóng hoặc bị làm lạnh. Tính truyền nhiệt của kim loại giảm xuống khi nhiệt độ tăng và ngược lại khi nhiệt độ giảm xuống.

d. Tính giãn nở: Là tính chất thay đổi thể tích khi nhiệt độ của kim loại thay đổi. Được đặc trưng bằng hệ số giãn nở.

e. Tính dẫn điện: Là khả năng cho dòng điện đi qua của kim loại. So sánh tính dẫn nhiệt và dẫn điện ta thấy kim loại nào có tính dẫn nhiệt tốt thì tính dẫn điện cũng tốt và ngược lại.

f. Từ tính: Là khả năng bị từ hóa khi được đặt trong từ trường. Sắt, coban, niken và hầu hết các hợp kim của chúng đều có tính nhiễm từ. Tính nhiễm từ của thép và gang phụ thuộc vào thành phần và tổ chức bên trong của kim loại.

1.3.3. Hóa tính

Là độ bền của kim loại đối với những tác dụng hóa học của các chất khác như ôxy, nước, axit… mà không bị phá hủy. Tính năng hóa học của kim loại có thể chia thành các loại sau:

a. Tính chịu ăn mòn: Là độ bền của kim loại đối với sự ăn mòn của môi trường xung quanh.

b. Tính chịu nhiệt: là độ bền của kim loại đối với sự ăn của ôxy trong không khí ở nhiệt độ cao.

c. Tính chịu axit: Là độ bền của kim loại đối với sự ăn mòn của môi trường axit.

1.3.4 Tính công nghệ

Là khả năng thay đổi trạng thái của kim loại, hợp kim, tính công nghệ bao gồm các tính chất sau:

a. Tính đúc: Được đặc trưng bởi độ chảy loãng, độ co và thiên tích.

Độ chảy loãng biểu thị khả năng điền đầy khuôn của kim loại và hợp kim. Độ chảy loãng càng cao thì tính đúc càng tốt.

Độ co càng lớn thì tính đúc càng kém.

b. Tính rèn: Là khả năng biến dạng vĩnh cửu của kim loại khi chịu lực tác dụng bên ngoài mà không bị phá hủy.

Thép có tính rèn cao khi được nung nóng ở nhiệt độ phù hợp. Gang không có tính rèn vì giòn. Đồng, nhôm, chì có tính rèn tốt ngay cả ở trạng thái nguội.

c. Tính hàn: Là khả năng tạo thành sự liên kết giữa các phần tử khi nung nóng chỗ hàn đến trạng thái chảy hay dẻo.

d. Tính cắt gọt: Là khả năng kim loại gia công dễ hay khó, được xác định bằng tốc độ cắt gọt, lực cắt gọt và độ bóng bề mặt kim loại sau khi cắt gọt.

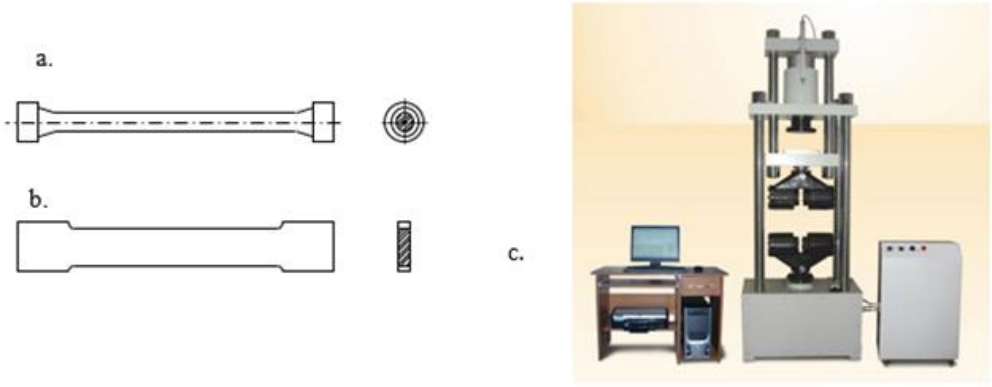
Một kim loại hay một hợp kim nào đó mặc dù có những tính chất rất quý nhưng tính công nghệ kém thì cũng khó được sử dụng rộng rãi vì khó chế tạo thành sản phẩm.

1.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

1.4.1. Phương pháp đo

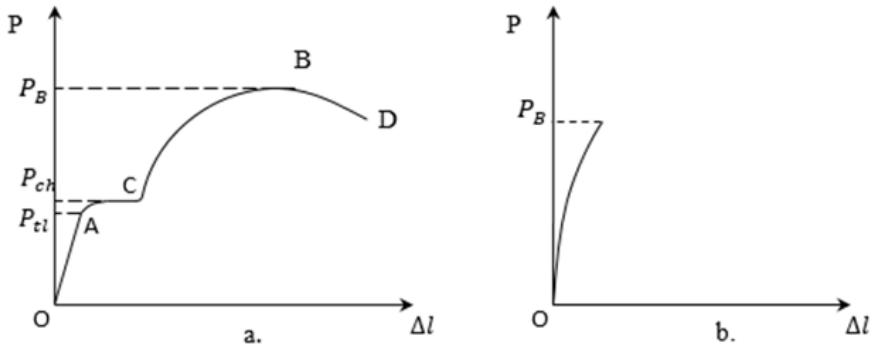
Để xác định được giá trị độ bền kéo của kim loại và hợp kim trước tiên phải chế tạo mẫu của vật liệu đó. Mẫu được chế tạo theo tiêu chuẩn của từng nước. Ở Việt Nam mẫu thử có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật (Hình 1.4 - a, b). Sau đó mẫu được kẹp trên máy kéo nén vạn năng được truyền động bằng cơ khí hoặc thủy khí (Hình 1.4 - c).

Khi tiến hành kéo mẫu trên máy, máy sẽ vẽ biểu đồ quan hệ giữa lực kéo và biến dạng của mẫu. Tùy theo tính chất của vật liệu là vật liệu dẻo (thép, đồng, nhôm…) hay vật liệu giòn (gang) mà ta có các dạng biểu đồ tương ứng (Hình 1.5).



Hình 1.4. Mẫu thử và sơ đồ nguyên lý máy thử kéo nén

a, b Mẫu thử. c. Máy thử kéo nén



Hình 1.5. Biểu đồ quan hệ giữa lực kéo và biến dạng khi kéo

a-Vật liệu dẻo; b-Vật liệu giòn

Trên biểu đồ quan hệ lực kéo và biến dạng của mẫu làm bằng vật liệu dẻo ta thấy có các giai đoạn như sau:

OA: Giai đoạn đàn hồi, quan hệ giữa lực và biến dạng là quan hệ bậc nhất lực kéo lớn nhất gọi là lực tỉ lệ P_{tl}.

Giới hạn tỉ lệ:

$$\sigma_{tl} = \frac{P_{tl}}{F_0} \qquad (1.4)$$

Trong đó F_0 là diện tích ban đầu của mặt cắt ngang.

AC: Giai đoạn chảy, lực không tăng nhưng biến dạng tăng, giá trị lực là lực chảy.

Giới hạn chảy:

$$\sigma_{ch} = \frac{P_{ch}}{F_0} \qquad (1.5)$$

CBD: Giai đoạn củng cố (tái bền). Giới hạn bền được tính:

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0} \quad (1.6)$$

Riêng đối với vật liệu giòn ta thấy mẫu bị đứt khi biến dạng còn bé, vật liệu chỉ có giới hạn bền.

$$\sigma_b^k = \frac{P_B}{F_0} \quad (1.4)$$

1.4.2. Ý nghĩa

Nhờ các chỉ tiêu phản ánh độ bền của kim loại và hợp kim mà ta đánh giá được khả năng sử dụng của kim loại và hợp kim đó:

- Khả năng chịu tải trọng tĩnh: Nếu các chi tiết máy có cùng hình dáng, kích thước, nhưng làm bằng các vật liệu khác nhau thì:

  - Vật liệu nào có σ_{tl} lớn hơn sẽ có khả năng chịu được tải trọng lớn hơn mà vẫn đảm bảo được tính đàn hồi.
  - Vật liệu nào có σ_{ch} lớn hơn sẽ chịu được tải trọng lớn hơn mà vẫn không bị biến dạng.
  - Vật liệu nào có σ_B lớn hơn sẽ có khả năng chịu được tải trọng lớn hơn mà vẫn chưa bị phá hủy.

- Tuổi thọ sử dụng: Nếu các chi tiết máy làm việc cùng chịu tải trọng như nhau nhưng được làm từ các loại vật liệu khác nhau thì vật liệu nào có độ bền cao hơn sẽ có tuổi thọ lâu hơn.

- Làm nhỏ gọn kết cấu: Nếu các chi tiết máy có cùng kết cấu và được chế tạo từ những vật liệu khác nhau thì chi tiết máy nào làm bằng vật liệu nào có độ bền cao hơn sẽ có kích thước nhỏ gọn hơn.

1.5. THỬ ĐỘ CỨNG

Mỗi loại vật liệu khác nhau sẽ có độ cứng khác nhau. Để đánh giá độ cứng người ta sử dụng các phương pháp đo độ cứng khác nhau như phương pháp đo độ cứng Brinen, phương pháp đo độ cứng Rocvel, phương pháp đo độ cứng Vicke.

1.5.1. Phương pháp thử

a) *Phương pháp đo độ cứng Brinen*

Người ta dùng tải trọng của máy ép thử để ấn viên bi thép lên bề mặt mẫu (Hình 1.7). Trị số độ cứng được tính theo công thức sau:

$$HB = \frac{P}{F} \quad (1.8)$$

Trong đó:

P: Tải trọng của máy thử (kg).

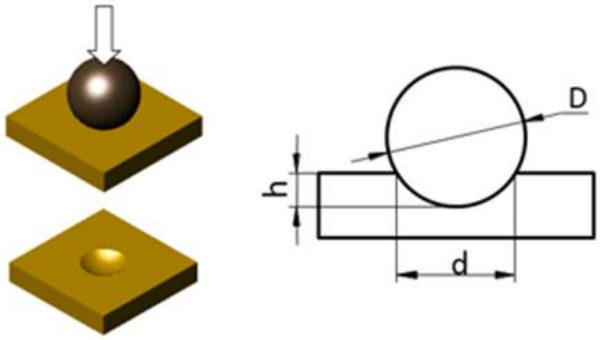
F: Diện tích mặt chỏm cầu vết lõm (mm^2).

Nếu gọi đường kính viên bi là D, đường kính vết lõm là d, chiều sâu vết lõm là h thì ta có công thức tính độ cứng như sau:

$$F = \frac{\pi D^2}{2} - \frac{\pi D}{2}\sqrt{D^2 - d^2} = \frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2}) \rightarrow HB = \frac{2P}{\pi D\,(D - \sqrt{D^2 - d^2})}\ [Kg/mm^2]$$

Hình 1.6. Máy thử Brinen

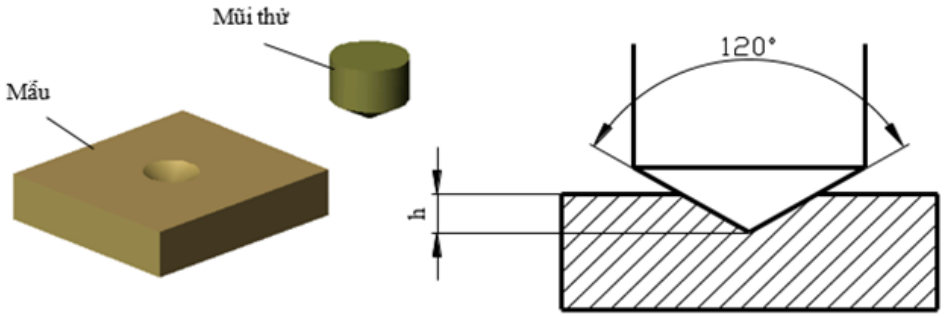
a- Máy tự động. b- Máy cầm tay



Hình 1.7. Phương pháp đo độ cứng Brinen

b) Phương pháp đo độ cứng Rocvel

Phương pháp này cũng dùng lực để ép đầu thử lên bề mặt mẫu, đầu thử có thể là viên bi thép hoặc mũi côn kim cương có góc ở đỉnh là 120^0 (Hình 1.8).



Hình 1.8. Phương pháp đo độ cứng Rocvel

Đồng hồ trên máy thử có 3 thang đo A, B, C tương ứng với các lực thử P1 = 60 kg, P2 = 100 kg, P3 = 150 kg. Mỗi thang đo có ký hiệu hoặc đơn vị lần lượt như sau:

Thang A: lực thử P1, mũi thử kim cương. Ký hiệu (đơn vị): HRA.

Thang B: lực thử P2, mũi thử là viên bi thép. Ký hiệu (đơn vị): HRB.

Thang C: lực thử P3, mũi thử kim cương. Ký hiệu (đơn vị): HRC.

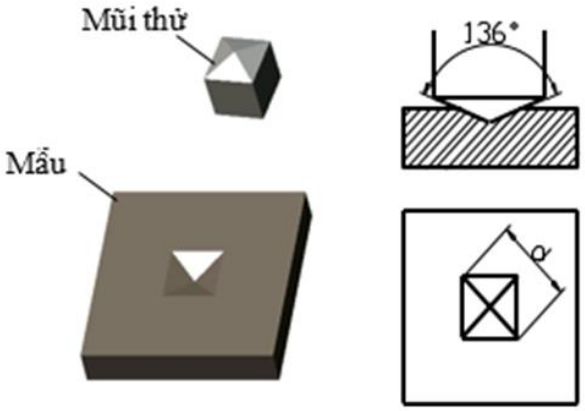
Thang đo B dùng để đo các vật liệu mềm, kích thước nhỏ và trung bình và thường là các thành phẩm (kim loại màu hoặc thép đã ủ hoặc thường hóa).

Thang đo A dùng để đo các vật liệu cứng và mỏng (hợp kim cứng, thép đã tôi)

Thang đo C dùng để đo các vật liệu cứng và dày (thường là các sản phẩm bằng thép đã tôi như khuôn dập)

c) Phương pháp đo độ cứng Vicke

Dùng mũi đo kim cương hình chóp đáy là hình vuông, góc giữa hai mặt đối xứng là 136^0 (Hình 1.9)



Hình 1.9. Phương pháp đo độ cứng Vicke

Độ cứng Vike được ký hiệu bằng HV (kg/mm^2):

$$HV = 1.8544 \frac{P}{d^2}$$

Trong đó: P là tải trọng (kg), d là độ dài đường chéo của vết lõm (mm^2).

Phương pháp đo độ cứng Vicke được dùng để đo cho cả vật liệu cứng và vật liệu mềm.

1.5.2. Ý nghĩa

- Thông qua độ cứng của vật liệu có thể đặc trưng cho tính chất làm việc của các chi tiết máy:

+ Khả năng chống mài mòn: Bề mặt chi tiết máy có độ cứng càng cao thì khả năng chống mài mòn càng tốt.

+ Khả năng cắt gọt của dao hoặc khuôn dập nguội: Độ cứng của dao càng cao thì khả năng cắt gọt càng tốt, năng suất làm việc sẽ lớn.

- Thông qua độ cứng có thể đặc trưng cho tính công nghệ của vật liệu ở dạng phôi:

+ Mỗi loại vật liệu khác nhau sẽ có khoảng gia công cắt thích hợp theo một hệ số độ cứng nhất định, ví dụ như thép có trị số độ cứng thích hợp nhất là từ 150 ÷ 200HB.

+ Khả năng mài bóng: Độ cứng càng cao thì khả năng mài bóng càng tốt.

1.5.3. Quan hệ giữa các loại độ cứng

Giữa các loại độ cứng trên không có mối quan hệ toán học, muốn biết được mối quan hệ giữa các loại độ cứng ta phải tra bảng. Nhưng trong thực tế có thể quan niệm độ cứng cao hay thấp (đối với thép) theo các chỉ tiêu sau:

- Loại độ cứng dễ cắt gọt hoặc dập nguội khi trị số nhỏ hơn 220HB, 20HRC, 100HRB.
- Loại độ cứng trung bình khi trị số khoảng 250 ÷ 450 HB, 25 ÷ 45 HRC.
- Loại độ cứng cao khoảng 50 ÷ 64 HRC.
- Loại độ cứng rất cao khi trị số lớn hơn 64 HRC hoặc 84 HRA.

1.6. THỬ VA ĐẬP

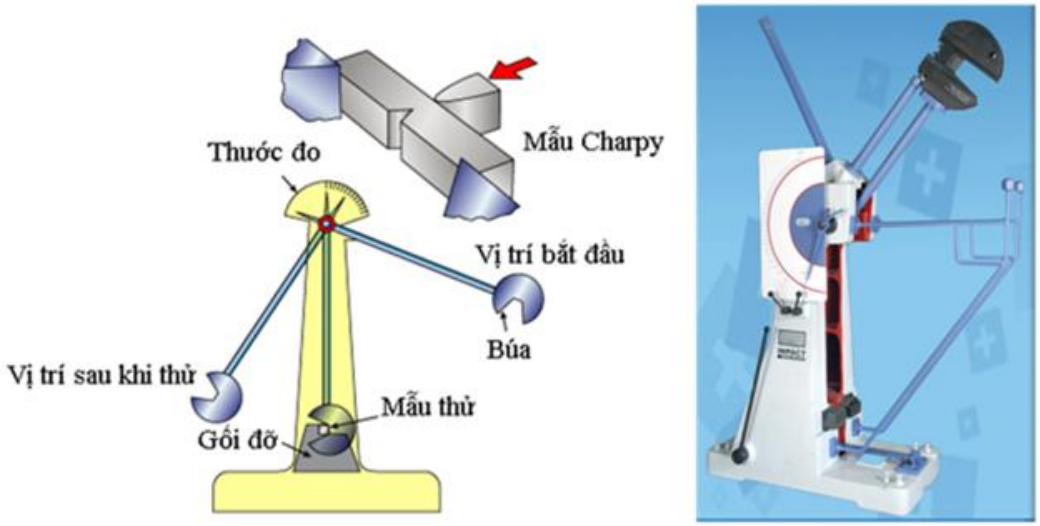
Để thử độ dai va đập người ta thực hiện trên máy thử va đập bằng lực đập của búa với độ cao h để phá hủy mẫu kim loại (Hình 1.10).

Có hai loại mẫu được sử dụng để xác định độ dai va đập:

Mẫu charpy có kích thước 10x10x55mm, khi thử phải ngàm hai đầu trên máy.

Mẫu Izod có kích thước 10x10x75 mm, xẻ rãnh chữ V sâu 2 mm cách một đầu 28mm và ngàm tại đầu này trên máy.

Quả búa con lắc của máy đập vào mặt đối diện chỗ xẻ rãnh, đồng hồ của máy chỉ giá trị công phá hủy mẫu.



Hình 1.10. Mẫu thử và máy thử va đập

Độ dai va đập a_k được xác định bởi công thức:

$$a_k = \frac{A}{F}$$

Trong đó: A là công để phá hỏng mẫu (Nm), F là diện tích mặt cắt ngang của mẫu tại chỗ xẻ rãnh (m^2).

1.7. Tiêu chuẩn nhà nước TCVN 1659 – 75 và TCVN 1765-1975 (SV tham khảo)

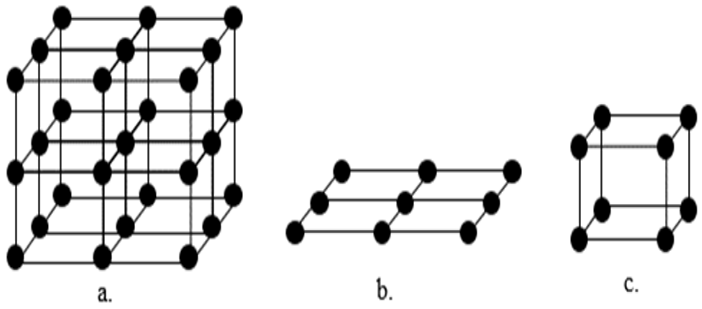
CHƯƠNG 2: MẠNG TINH THỂ KIM LOẠI

2.1. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ NGUYÊN CHẤT

2.1.1. 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 mặt phẳng song song cách đều nhau gọi là mặt tinh thể. Tập hợp 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 sắp xếp liên tiếp nhau tạo nên.



Hình 2.1 a- Mạng tinh thể; b-Mặt tinh thể; c- Khối cơ sở

c. Thông số mạng: (còn gọi là hằng số mạng): Là khoảng cách giữa 2 nguyên tử trên một cạnh của khối cơ sở. Thông số mạng là kích thước cơ bản của mạng tinh thể, từ đó suy ra khoảng cách bất kỳ trong mạng.

Đơn vị đo thông số mạng là kx (nano mét) hay ăng strông, 1kx = 1,00202 A^0 = 1,00202 10^{-8}cm. Theo thông số mạng ta có thể tính được đường kính nguyên tử kim loại. Thông số mạng thường ký hiệu a.

Trong các kim loại thường gặp 3 kiểu mạng tinh thể sau đây:

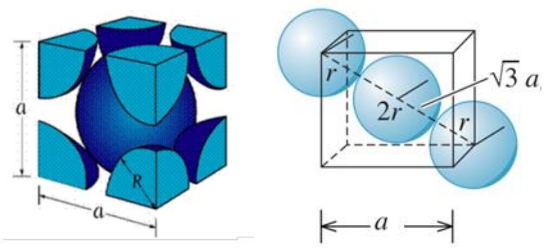
a. Lập phương tâm khối (thể tâm A2): Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và trung tâm của khối lập phương. Nếu coi phân tử là hình cầu và biểu diễn gần như thật thì nguyên tử nằm ở đỉnh chéo nhau của khối lập phương tiếp xúc nhau qua nguyên tử trung tâm. Các nguyên tử còn lại không tiếp xúc với nhau. Khoảng cách gần nhất 2 nguyên tử là:

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

Thường gặp trong các kim loại: Fe_α, Cr, Mo, V.

Số nguyên tử trong ô cơ sở:

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



Hình 2.2a- Mô hình và cách sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở lập phương tâm khối.

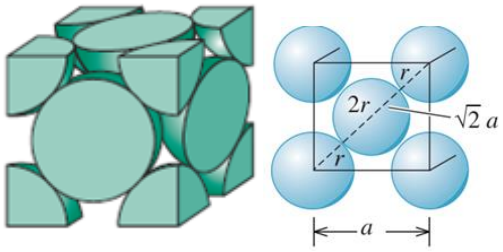
b. Lập phương tâm mặt (diện tâm A1): Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và tâm của các bề mặt bên của khối lập phương. Nếu coi phân tử là hình cầu và biểu diễn gần như thật thì nguyên tử nằm ở đỉnh và ở tâm của các mặt thì tiếp xúc với nhau. Các nguyên tử còn lại không tiếp xúc với nhau. Khoảng cách gần nhất 2 nguyên tử là:

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

Thường gặp trong các kim loại: Fe_γ, Cu, Ni, Al, Pb.

Số nguyên tử trong ô cơ sở:

$$n = 8.\frac{1}{8} + 6.\frac{1}{2} = 4 \text{ (nguyên tử)}$$



Hình 2.2b- Mô hình và cách sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở lập phương tâm mặt.

c. Sáu phương xếp chặt (diện tâm A3): Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và ở hai tâm mặt đáy của lăng trụ hình lục giác đều, ba nguyên tử ở trung tâm ba lăng trụ tam giác cách nhau.

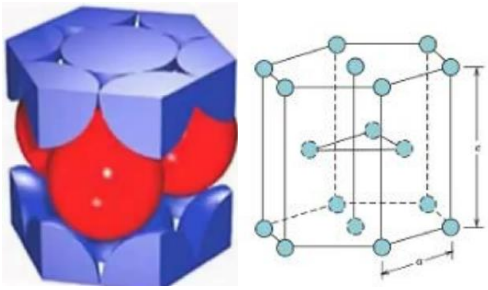
Mạng sáu phương xếp chặt có hai thông số mạng là a và c, tỷ số a/c gọi là hệ số xếp chặt.

Trong trường hợp lý tưởng $\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$, trong thực tế tỉ số c/a không đúng là 1,633 mà dao động khoảng 1,57 ÷ 1,64 và cũng coi là xếp chặt.

Thường gặp trong các kim loại: Zn, Cd (cadmi), Co_α, Mg, Ti, Ru (rutheni)…

Số nguyên tử trong ô cơ sở:

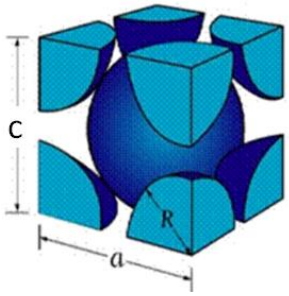
$$n = 12.\frac{1}{6} + 2.\frac{1}{2} + 3 = 6 \text{ (nguyên tử)}$$



Hình 2.2c- Mô hình và cách sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở sáu phương xếp chặt.

d. Chính phương tâm khối: (thể tâm) Trong tổ chức thép sau khi tôi (mactenxít) 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 2 thông số mạng là a và c, tỉ số a/c gọi là độ chính tâm.

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 nào cả.



Hình 2.2c- Mô hình và cách sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở chính phương tâm khối.

2.2. MẬT ĐỘ NGUYÊN TỬ VÀ LỖ HỔNG MẠNG TINH THỂ

2.2.1. Mật độ nguyên tử trong mạng tinh thể

Do ta coi nguyên tử kim loại là hình cầu, dù chúng sắp xếp sít chặt bao nhiêu đi nữa giữa chúng với nhau vẫn còn các khoảng trống nhất định. Vì vậy phải đưa ra vấn đề mật độ nguyên tử trong mạng tinh thể.

Mật độ nguyên tử trong tinh thể là phần thể tích (diện tích) có nguyên tử chiếm chỗ tính ra phần trăm.

Mật độ khối: $M_v = \frac{nv}{V}.100\%$

Trong đó: n- số nguyên tử có trong khối cơ sở

υ- thể tích của một nguyên tử

v- thể tích của khối cơ sở

Mật độ mặt: $M_s = \frac{n_s}{S}.100\%$

Trong đó: n_s- số nguyên tử có trong mặt đang xét

s- diện tích của một nguyên tử

S- diện tích của mặt đang xét.

➢ ***Tính mật độ khối của mạng tinh thể căn bản***

- *Mật độ khối của mạng lập phương tâm khối:*

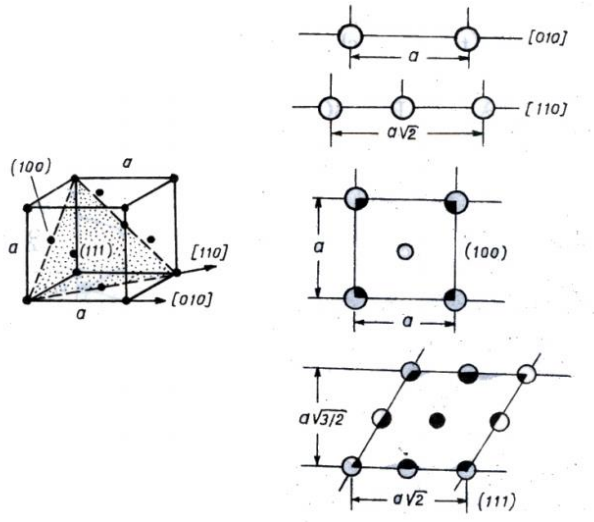
$$M_v = \frac{2.\frac{4}{3}\pi\left(a\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^3}{a^3}.100\% = \frac{\pi.\sqrt{3}}{8}.100\% = 68\%.$$

- *Mật độ khối của mạng lập phương tâm mặt:*

$$M_v = \frac{4.\frac{4}{3}\pi\left(a\frac{\sqrt{2}}{4}\right)^3}{a^3}.100\% = \frac{\pi.\sqrt{2}}{6}.100\% = 74\%.$$

2.2.2. Lỗ hổng trong mạng tinh thể

Do nguyên tử hình cầu nên giữa chúng luôn luôn có các lỗ hổng. Có hai loại lỗ hổng: Lỗ hổng trong khối tám mặt và lỗ hổng trong khối bốn mặt, các kiểu mạng khác nhau có số lỗ hổng khác nhau. Các lỗ hổng này quyết định sự hoà tan của các nguyên tử khác vào mạng của chúng.



Hình 2.3- Xác định mật độ sắp xếp M_l, M_s của khối cơ sở mạng tinh thể

a) Mạng lập phương tâm khối

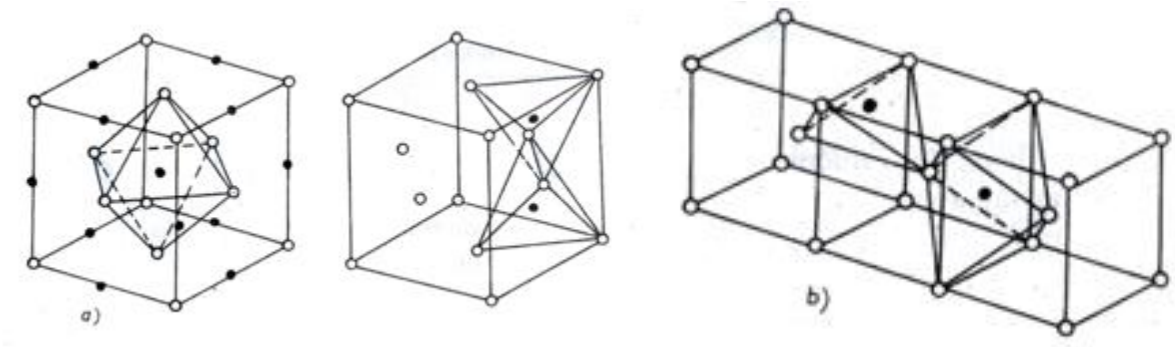
- Loại thứ nhất: Nằm trong khối tám mặt tạo bởi sáu nguyên tử và có tâm nằm ở giữa các cạnh và trung tâm của các mặt bên, kích thước của nó là 0,154d. Tất cả có sáu lỗ hổng như vậy.

- Loại thứ hai: Nằm trong khối bốn mặt, có tâm ở ¼ 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 nhỏ hơn.

b) Mạng lập phương tâm mặt

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

- Loại thứ 2: Nằm trong khối bốn mặt, tâm nằm trong khoảng ¼ của đường chéo khối {111}, kích thước 0,225d, tất cả có 8 lỗ hổng như vậy. Mạng lập phương tâm mặt có ít lỗ hổng hơn nhưng kích thước lớn hơn.



Hình 2.4- Các lỗ hổng trong mạng lập phương tâm mặt (a) và lập phương tâm khối (b).

2.3. TÍNH ĐA HÌNH CỦA KIM LOẠI

2.3.1. Khái niệm và ví dụ

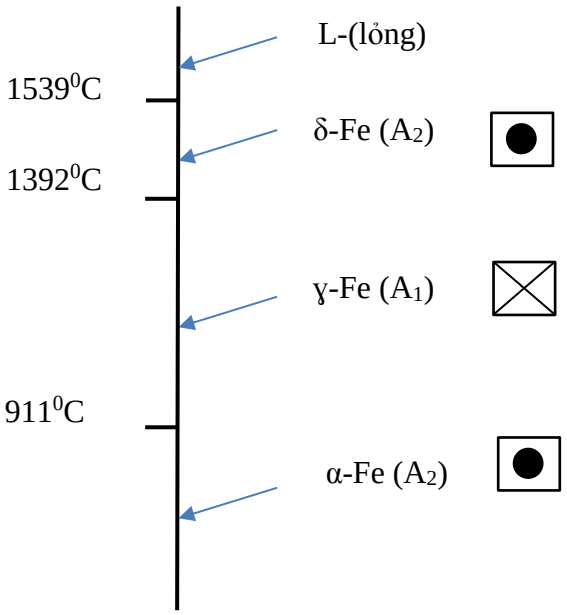
Kim loại có nhiều mạng tinh thể khác nhau ở trong khoảng nhiệt độ và áp xuất khác nhau, tính chất đó gọi là tính đa hình.

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 chữ Hy lạp: α, β, ɣ …Trong đó α là ký hiệu cho dạng đa hình ở nhiệt độ thấp nhất, các chữ số còn lại ký hiệu lần lượt ở các nhiệt độ cao hơn.

Ví dụ: Sắt là kim loại có tính đa hình, ở nhiệt độ < 911^0C và từ 1392 ^{0}C đến 1539 ^{0}C có kiểu mạng lập phương tâm khối gọi là Fe_α. Khoảng từ 911 ^{0}C đến 1392^0C có mạng lập phương tâm mặt gọi là Fe_γ.

Thiết 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 ÷30^0C thì trở thành Sn_α có màu xám dạng bột.



2.3.2. 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 sắt Fe_β thể tích giảm đi khoảng 1%, từ Sn_β sang Sn_α thể tích tăng 25%.

- *Thay đổi về cơ tính:* Sn_β sang Sn_α độ bền không còn nữa.

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

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

2.4. ĐƠN TINH THỂ VÀ ĐA TINH THỂ

2.4.1. Tính có hướng của tinh thể

Mạng tinh thể luôn luôn thể hiện tính có hướng (dị hướng) của nó nghĩa là theo các hướng khác nhau, tính chất của mạng (cơ, lý, hoá tính…) khác nhau. Tính có hướng do cấu tạo mạng tinh thể, các phương và

các 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 250 MN/m^2. Tinh thể Magiê (mạng sáu phương xếp chặt) có điện trở theo trục a có p = $4,53.10^6$ Ωcm, theo trục c có p = $3,78.10^6$ Ωcm.

2.4.2. Đơn tinh thể và đa tinh thể

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

Để hình dung về đơn tinh thể, ta lấy khối cơ sở và tịnh tiến nó theo ba trục toạ 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 phải áp dụng để có được tinh thể phải áp dụng công nghệ đặc biệt "nuôi" đơn tinh thể. Ngày nay người ta chỉ mới chế tạo được đơn tinh thể có kích thước nhỏ, dài khoảng 3 cm.

Một số đơn tinh thể, đặc biệt là khoáng vật, có bề mặt ngoài khá nhẵn, hình dáng xác định, đó là 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 (dị hướng) theo các hướng khác nhau có mật độ nguyên tử khác nhau.

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

b. ***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:

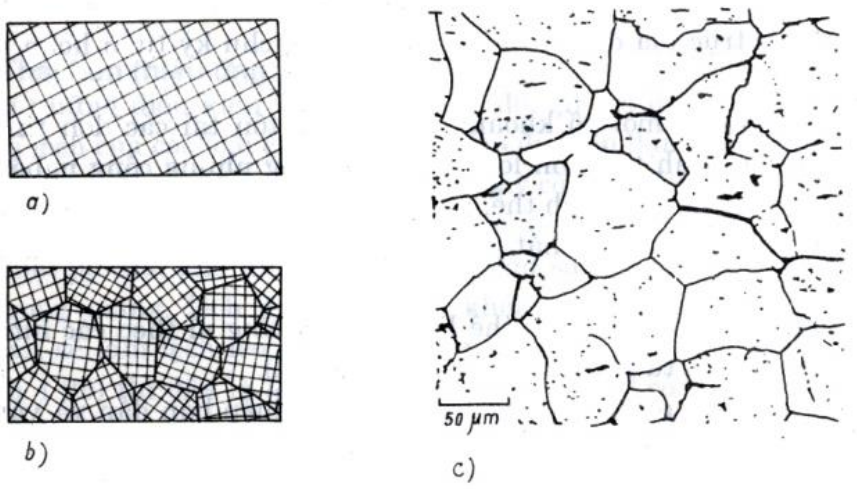
- Do định hướng của mạng tinh thể của mỗi hạt là ngẫu nhiên nên phương mạng giữa các hạt lệch nhau một góc nào đó.
- Tại vùng biên giới hạt mạng tinh thể bị xô lệch.
- Đa tinh thể có tính đẳng hướng.

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 thể hiện tính có hướng của nó.

Ví dụ: Dây thép khi kéo nguội với độ biến dạng rất lớn (làm dây cáp cần cẩu, cáp treo, dây phanh xe đạp…) độ bền theo phương dọc lớn hơn rất nhiều so với phương ngang sợi.

2.5. CẤU TẠO MẠNG TINH THỂ THỰC TẾ CỦA KIM LOẠI

Trong kim loại thực tế các nguyên tử không hoàn toàn nằm ở 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 tạp chất. Kích thước các nguyên tử lạ này luôn khác nguyên tử kim loại gây nên sự sai lệch trong mạng tinh thể. Sai lệch mạng tinh thể chiếm số lượng rất thấp (1÷2% thể tích) nhưng ảnh hưởng rất lớn đến cơ tinh kim loại.



Hình 2.5- Mô hình đơn tinh thể (a) và đa tinh thể (b) và ảnh tế vi đa tinh thể sau tẩm thực.

2.5.1. Phân loại 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 là sai lệch điểm, sai lệch đường và sai lệch mặt.

a. ***Các sai lệch điểm***: *Là sai lệch có kích thước bé theo ba chiều đo (vài thông số mạng) có dạng điểm hay bao quanh một điểm.*

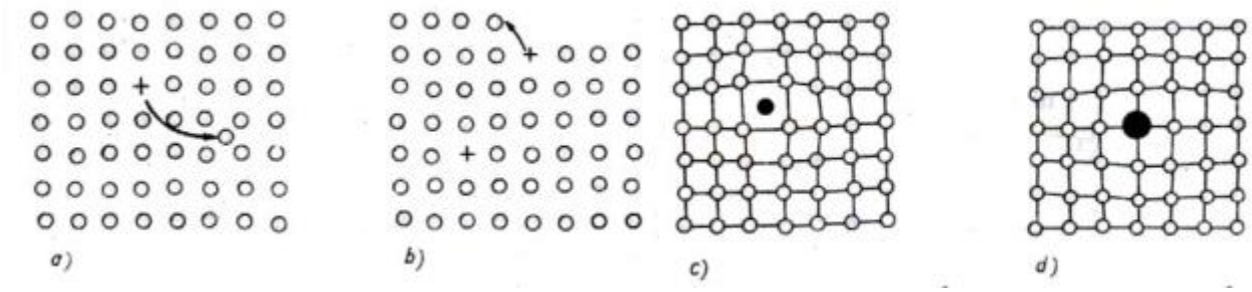
Gồm có các loại sau đây:

- Nút trống là các nút không có nguyên tử chiếm chỗ.
- Các nguyên tử nằm xen giữa các nút mạng.
- Các nguyên tử lạ nằm trên 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 cho các nguyên tử xung quanh nó có xu hướng xích lại gần nhau, nguyên tử xen giữa nút mạng làm cho các nguyên tử xung quanh có xu hướng dồn ép lại.

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



Hình 2.6- Các sai lệch điểm trong mạng tinh thể

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

b. ***Các sai lệch đường***

Là sai lệch có kích thước lớn theo một chiều đo và bé theo hai chiều đo còn lại. Nó dạng đường thẳng, đường cong, đường xoắn ốc.

Bao gồm các loại sau: Một dãy 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 dạng lệch mặt

Là dạng 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 song, mặt ngoài tinh thể.

2.5.2. Lệch và tác dụng lệch trong tinh thể

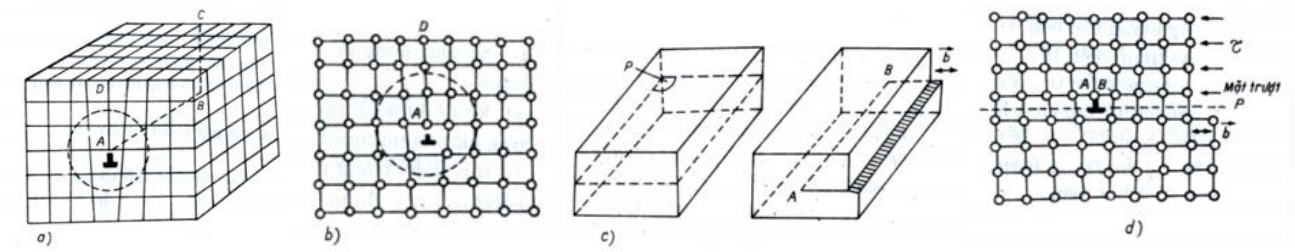
a. Lệch

Nhờ sự phát triển của lý thuyết lệch cho phép giải thích được nhiều vấn đề như cơ cấu trượt, sự sai số 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 3 loại là lệch đường, lệch xoắn và lệch hỗn hợp.

- *Lệch đường (lệch thẳng, lệch biên).*

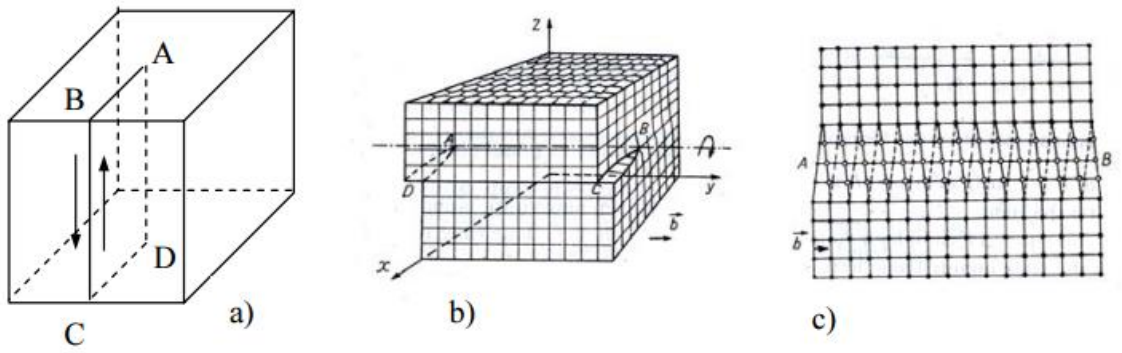
Ta có thể hình dung lệch đường như sau: Ta có một mạng tinh thể hoàn chỉnh gồm nhiều mặt tinh thể song song và cách đều nhau hợp thành. Giả sử ta gài vào đó thêm một bán mặt tinh thể ABCD, phần trên mạng tinh thể như bị nén lại, còn phần dưới nó như bị kéo ra tương đối. Vùng xung quanh AB (mép của bán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



Hình 2.7- Mô hình sai lệch đường trong mạng tinh thể

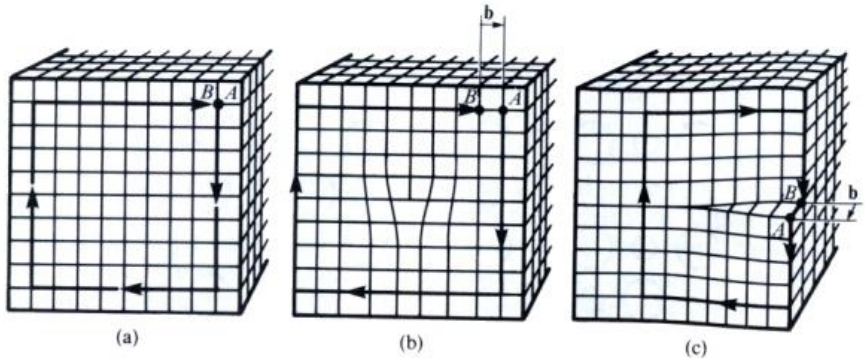
- *Lệch xoắn*

Ta có thể hình dung lệch xoắn như sau: Cắt mạng tinh thể hoàn chỉnh bằng bán mặt ABCD sau đó xê dịch hai phần của mạng tương đối với nhau theo mặt cắt đi một thông số mạng (các nguyên tử trong vùng từ B → A dịch đi một khoảng nhỏ hơn 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 quấn quanh trục AD có dạng mặt vít và ta có dạng lệch xoắn. AD gọi là trục của lệch xoắn và có thể dài đến hành vạn thông số mạng, còn tiết diện xô lệch chỉ vài thông số mạng.



Hình 2.8- Lệch xoắn: mô hình tạo thành (a), mô hình không gian (b) và sự sắp xếp nguyên tử trong vùng lệch

- *Lệch hỗn hợp:* Lệch hỗn hợp là tổng hợp của 2 loại lệch trên và có dạng hình học rất phức tạp.



Hình 2.9- Cách xác định véctơ trượt (Burgers)
a) Trong tinh thể hoàn chỉnh; b) Trong lệch đường; c) Trong lệch xoắn

b. Tác dụng của lệch

Lệch có tác dụng vai trò rất lớn trong tinh thể, nó ảnh hưởng rất nhiều đến 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 kim loại nhỏ hơn nhiều so với tính toán.

Ví dụ: Sắt có $\delta_b$lt = 13.000 MN/m^2, trong khi đó $\delta_b$tt = 250 MN/m^2,

CHƯƠNG 3: QUÁ TRÌNH CHUYỂN PHA TRONG VẬT LIỆU

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

Phần lớn các kim loại được luyện bằng phương pháp nấu chảy, sau đó đem đúc thành sản phẩm hay bán sản phẩm. Chất lượng vật đúc phụ thuộc vào 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 được gọi là kết tinh lần thứ I.*

a. 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 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 kim loại lỏng có những đặc điểm sau:

- Lên 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 nguyên tử luôn giữ khoảng cách nhất định với các nguyên tử bên cạnh và luôn có 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 huỷ và thay bằng sự sắp xếp có trật tự mới.
- Trong kim loại lỏng có nguyên tử tự do.

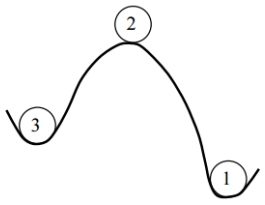
b. Tính chất của kim loại lỏng

- Thể tích kim loại lỏng và rắn khác nhau không nhiều lắm, phần lớn kim loại nóng chảy tăng 2÷6%, trừ Ga (Gali) và Bi (Bitmut) thể tích giảm 30%.
- Nhiệt nóng chảy bé, chỉ bằng 5÷10% nhiệt hoá 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%.

3.2. 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 vị trí A luôn có xu hướng lăn xuống vị trí B ổn định hơn. Trong trường hợp này, năng lượng dự trữ là thế năng của hòn bi.



Hình 3.1- Sơ đồ biểu thị vị trí ổn định (1), không ổn định (2), và giả sử ổn định (3)

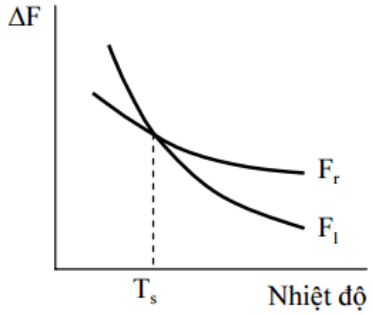
Trong hệ thống vật chất gồm chuyển động của các chất điểm (nguyên tử, phân tử) thì năng lượng dự trữ được đặc trưng bằng năng lượng tự do F.

$$F = U - T.S$$

Trong đó: -U là nội năng của hệ thống

-S là entrôpi

-T là nhiệt độ tuyệt đối ^0K



Hình 3.2- Sơ đồ biến đổi năng lượng tự do ΔF của trạng thái lỏng và rắn theo nhiệt độ

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

- Với $T > T_s$ ta có $F_r > F_1$ do đó kim loại tồn tại trạng thái lỏng.
- Với $T < T_s$ ta có $F_r < F_1$ do đó kim loại tồn tại trạng thái rắn.

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

Như vậy nhiệt độ kết tinh thực tế luôn luôn thấp hơn T_s hiện tượng này gọi là sự quá nguội và hiệu số giữa hai nhiệt độ đó gọi là độ quá nguội, ký hiệu ΔT. Phần lớn các kim loại kết tinh với độ quá nguội ΔT nhỏ, khoảng $2 \div 5\ ^0C$. Tuy nhiên cũng có kim loại kết tinh với nhiệt độ quá nguội lớn (Sb [Sb (Stibi/Antimon) có $\Delta T = 41^0C$].

Vậy điều kiện năng lượng để xảy ra quá trình 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 lý luận tương tự như vậy 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 kim loại.

3.3. 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 xảy ra. Sự kết tinh thực hiện được là nhờ 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 quá trình tạo mầm.

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

3.3.1. 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 tinh phát sinh mầm được chia làm hai loại là mầm tự sinh (đồng pha) và mầm không tự sinh (ký sinh).

➢ ***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 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 đều kiện phát triển thành hạt tinh thể.

Ta xét năng lượng của sự tạo mầm này, giả sử rằng tại một 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 $F_r < F_1$. Gọi $\Delta F_v = F_1 - F_r$ là hiệu số năng lượng tự do giữa kim loại lỏng và kim loại rắn 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 $n.v.\Delta F_v$. Nhưng do tạo nên bề mặt tiếp xúc giữa rắn và lỏng nên năng lượng tự do sẽ tăng thêm $n.s.\delta$. Trong đó s là diện tích tiếp xúc giữa nhóm nguyên tử với kim loại lỏng, còn δ là sức căng bề mặt trên đơn vị diện tích. Khi tạo ra n nhóm nguyên tử sắp xếp có trật tự thì năng lượng cả hệ thống biến đổi là:

$$\Delta F = - n.v.\Delta F_v + n.s.\delta$$

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

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

Ở nhiệt độ nhỏ hơn T_s thì ΔF và δ là hằng số nên ΔF = f(r). Bằng thực nghiệm người ta 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 ta nhận thấy:

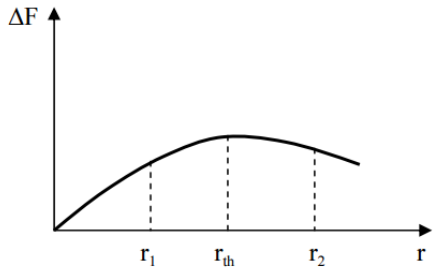
- Nếu nhóm nguyên tử trật tự có $r_1 < r_{th}$ thì nó phát triển lên làm cho năng lượng của hệ thống tăng lên, không phù hợp với tự nhiên nên sẽ tan đi.

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

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

Ta có thể tính bán kính tới hạn như sau: Tìm giá trị cực đại của biểu thức (1) và tính được

$r_{th} = \frac{2\delta}{\Delta Fv}$ (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 3.3- Quan hệ giữa bán kính mầm và ΔF

➢ ***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.

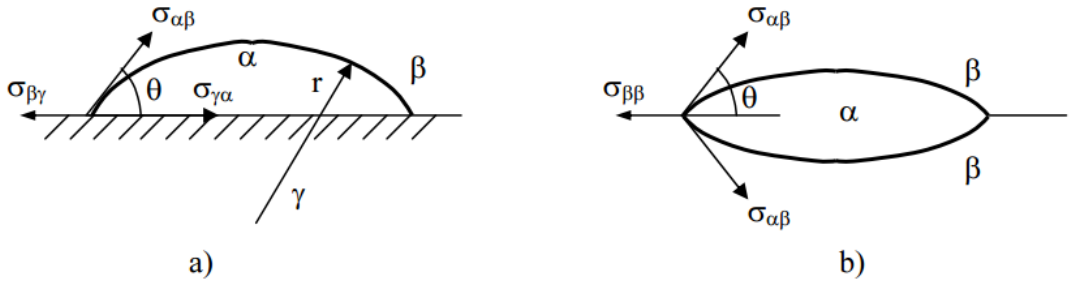
Trong nguyên loại lỏng không thể nguyên chất tuyệt đối được, nên bao giờ cũng có tạp chất. Đó là chất lẫn lộn không tan như bụi than, bụi tường lò, các ôxyt, nitric, …Chúng giúp cho quá trình sinh mầm trên bề mặt chúng xảy ra dễ dàng hơn. Vai trò của mầm không tự sinh rất quan trọng trong thực tế và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

Mầm không tự sinh bao gồm:

- *Các phần tử lẫn lộn không tan rất nhỏ như ôxyt, bụi tường lò, nitric, hydric… có kiểu mạng và kích thước không sai khác nhiều với kim loại kết tinh.*
- *Các hạt 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.*

3.3.2. Quá trình phát triển mầm

Sau khi các mầm được tạo ra chúng sẽ phát triển thành hạt tinh thể. Quá trình này làm cho năng lượng hạt tự do của hệ giảm đi phù hợp với tự nhiên (là quá trình tự phát). Ta có thể minh hoạ quá trình này bằng cơ cấu mầm 2 chiều (Cosen) và cơ cấu mầm kết tinh có lệch xoắn.



Hình 3.4- Mầm ký sinh dạng chỏm cầu (a) và dạng thấu kính (b)

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

a. Sự hình thành hạt tinh thể

Sự kết tinh bao gồm quá trình tạo mầm và sau đó các mầm phát triển lên. Khi mầm 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 chất lỏng kết tinh ở giây thứ n. Do sự định hướng của mầm trong không gian là ngẫu nhiên nên phương của các mạng giữa các hạt lệch nhau. Các hạt tạo thành có kích thước không đồng đều, những hạt sinh ra trước sẽ lớn hơn vì có điều kiện phát triển. Những hạt do mầm càng sinh sau càng ít có điều kiện phát triển nên có thể nhỏ hơn.

b. Hình dáng nhận được sau khi đúc

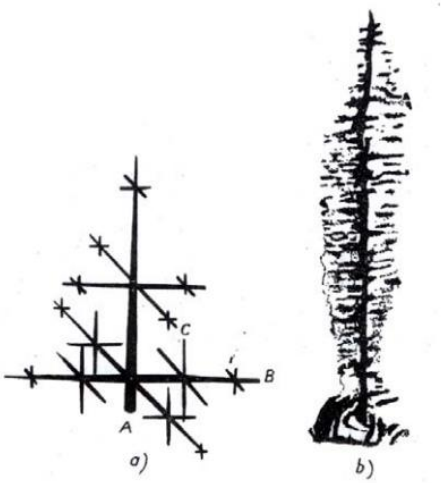
Hạt kim loại nhận được sau khi đúc có thể có nhiều hình dáng rất khác nhau, trong thực tế có thể gặp các hình dáng sau đây:

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

3.3.4. Sự kết tinh hình nhánh cây, và kích thước hạt kim loại

a. Sự kết tinh hình nhánh cây

Sự phát triển tinh thể có dị hướng, tức theo các phương và mặt có độ phát triển mầm 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 hướng 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 trục thứ hai phát triển thành trục thứ ba…



Hình 3.5- 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 trong để đánh giá chất lượng kim loại (chủ yếu là cơ tính). Do không thể tách rời từng hạt ra đo đạc nên phải đưa ra các quy ước để đánh giá độ lớn của chúng. Thông thường xác định độ lớn hạt trên tổ chức tế vi theo phương pháp sau:

- Đo diện tích của S của hạt trên mặt cắt (cách này khá phức tạp nên ít dùng).
- Đo đường kính trung bình của hạt (chiều ngang).
- So sánh với bảng có độ phóng đại X100lần (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 từ cấp 1÷8, cấp 1 hạt lớn nhất, cấp 8 hạt bé nhất.

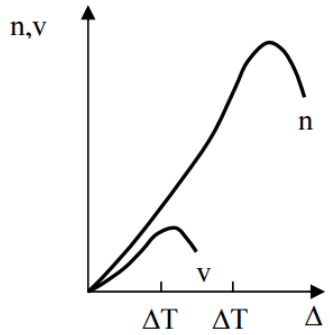
3.3.5. Các yếu tố làm ảnh hưởng đến độ lớn của hạt và phương pháp làm nhỏ hạt

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 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 độ quá nguội đến độ lớn của hạt ta sử dụng hai đại lượng sau:

- *Tốc độ sinh mầm* là số lượng tâm mầm sinh ra trong đơn vị thể tích và trong một đơn vị thời gian, ký hiệu n, đơn vị đo $l/mm^3.s$



Hình 3.6- Ảnh hưởng độ quá nguội ΔT đến n, v

- *Tốc độ phát triển mầm* là tốc độ phát triển về kích thước dài của tâm mầm trong một 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:

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

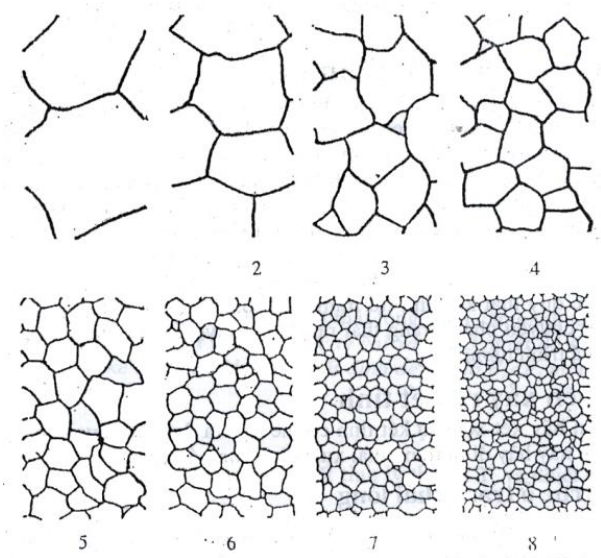
Từ đó ta thấy rằng nguyên lý chung để tạo hạt nhỏ là tăng tốc độ sinh mầm và hạn chế tốc độ phát triển mầm.

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 độ quá nguội người ta dùng khuôn kim loại có tính dẫn nhiệt cao thay cho khuôn cát. Với các vật đúc lớn người ta còn dùng nước lạnh làm nguội ngoài thành kim loại.



Hình 3.7- Ảnh cấp hạt chuẩn ứng với độ phóng đại 100 lần

- *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 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 oxy, nitơ hoà tan trong thép tạo ra phân tử Al_2O_3, AlN rất nhỏ, mịn lơ lửng phân tán trong thép lỏng. Đây là 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 hoà tan và hấp phụ vào bề mặt mầm hạn chế sự phát triển dài của mầm. Ví dụ khi đúc nhôm – silic người ta cho vào hỗn hợp muối natri ($\frac{2}{3}$NaCl, $\frac{1}{3}$NaF) với tỉ lệ 0,05 – 0,08%, chúng hoà tan vào và hạn chế sự phát triển của tinh thể silic do vậy làm hạt nhỏ.

+ Ngoài ra sự 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 đúng lúc, chất biến tính chỉ cho vào kim loại lỏng vài phút trước khi rót khuôn. Nếu quá sớm, thì kim loại chưa kết tinh chất biến tính nổi lên và đi vào xỉ, ngược lại quá muộn thì không kịp phản ứng.

3.3.6. Cấu tạo của vật đúc

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

a. Cấu tạo tinh thể vật đúc

Thông thường vật đúc có 3 vùng tinh thể sau đây:

- ***Vùng ngoài cùng***

Vùng này có các hạt đẳng trục và có kích thước nhỏ và 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 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 lồi lõm thành khuôn (chất sơn khuôn) nên mầm phát triển theo mọi phương và có dạng đẳng trục.

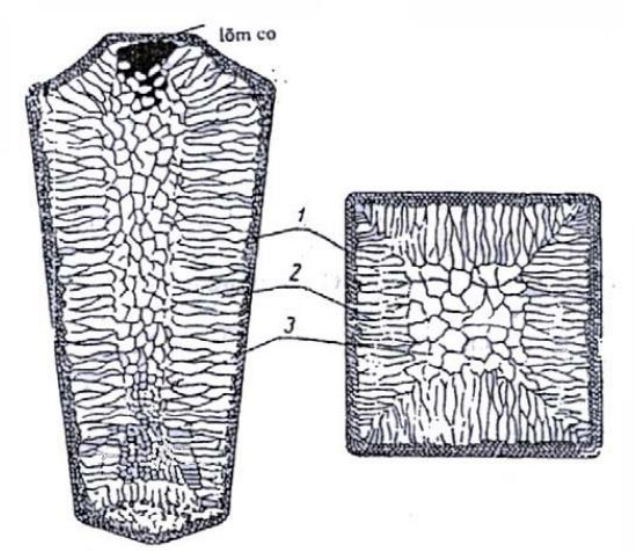
➢ ***Vùng trung gian***

Vùng này gồm các hạt hình trụ, tức là các hạt dài và vuông góc với thành khuôn (vùng 2). Sau khi đã tạo thành vùng 1 thì thành khuôn đã khá nóng, do vậy kim loại 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 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.

➢ ***Vùng trung tâm***

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

Trên ba vùng tinh thể trên thì vùng ngoài cùng luôn luôn tồn tại và có chiều dày nhỏ. Còn vùng trong có thể tồn tại hay không phụ thuộc vào điều kiện làm nguội khuôn. Khi khuôn 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 vật đúc. Cấu tạo vật đúc như là gồm các hình trụ vuông góc với thành khuôn 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 dèo (cán, rèn). Nếu làm nguội chậm thì vùng 3 lấn át hẳn vùng 2, vật đúc có mật độ nhỏ và dễ dàng biến dạng dẻo.



Hình 3.8- Tổ chức 3 vùng của thỏi đúc

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

b. Các tật của vật đúc

Các tật hỏng làm xấu chất lượng của vật đúc, vì vậy 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 giảm đi sẽ tạo nên các lỗ hỗng tại đó. Hiện tượng này gọi là rỗ co. Rỗ co phân bố khắp vật đúc và làm giảm mật độ 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 oxy hoá) rỗ co ảnh hưởng không đáng kể cơ tính vật đúc.

2-Lõm 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 lỗ hỏng gọi là lõm co. Lõm co làm mất sự lành lặn của vật đúc và phải cắt bỏ đi, do vậy phần thể tích vật đúc sử dụng chỉ còn khoảng 85 – 95%. Khắc phục lõm co bằng đậu ngót để đưa nó ra ngoài vật đúc.

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

3-Rỗ khí

Trong điều kiện nấu luyện thông thường kim loại lỏng hoà tan khá nhiều loại khí. Sau khi kết tinh độ hoà tan của khí giảm đi đột ngột, khí thoát ra bị kẹt lại và hình thành bọt khí gọi là rỗ khí. Rỗ khí rất nguy hiểm vì nó mất đi tính liên tục của vật đúc và là nơi tập trung ứng xuất làm giảm cơ tính. Nếu rỗ khí nằm ngay dưới võ vật đúc sẽ gây ra tróc và nứt cho chi tiết. Có thể khắc phục rỗ khí bằng cách biến dạng nóng, chúng sẽ biến dẹp đi (trừ trường hợp nằm sát ngoài, dưới võ 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 hoá học và tổ chức bản thân vật đúc, do đó dẫn đến sự khác nhau về tính chất giữa các vùng của vật đúc. Thiên tích có nhiều loại là thiên tích theo trọng lượng , thiên tích theo nhánh cây.

3.4. CẤU TẠO 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 lẫn nhau theo tỉ 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 có được.

3.4.1. Khái niệm về hợp kim

a. Định nghĩa

Hợp kim là vật thể của nhiều nguyên tố và mang tính kim loại (dẫn nhiệt, dẫn điện cao, 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 nguyên tố kim loại với nhau, hay giữa nguyên tố kim loại và phi kim loại.

Ví dụ: - Thép cacbon là hợp kim của nguyên tố kim loại và phi kim loại (Fe + C).

- La tông là hợp kim của hai nguyên tố đồng và kẽm (Cu + Zn)

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

b. 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.

1-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 thoả mãn đầy đủ các yêu cầu của chế tạo cơ khí.

2-Hợp kim có tính công nghệ đa dạng và phù hợp: Đảm bảo tính gia công cắt gọt, có độ dẻo, có độ thấm tôi lớn…. Một số kim loại đặc biệt có những tính chất quý như không rỉ, có điện trở lớn, chịu nhiệt độ cao…. mà kim loại nguyên chất không thể có được.

3-Trong nhiều trường hợp hợp kim dễ chế tạo và rẻ tiền hơn như luyện thép có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn luyện sắt, latông bền và rẻ hơn đồng…

c. Một số khái niệm cơ bản

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

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

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

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

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

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

4-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 nhiệt độ, áp xuất và thành phần xác định. Tức là đặc tính của hệ không biến đổi theo thời gian. Thông thường hệ với các pha ở trang thái cân bằng bao giờ cũng có độ bền, độ cứng thấp nhất, không có ứng xuất bên trong, xô lệch mạng tinh thể thấp nhất và được hình thành với tốc độ nguội chậm.

5-Trạng thái không cân bằng (không ổn định): Khi thay đổi nhiệt độ và áp xuất 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 tư 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 được hình thành với tốc độ nguội nhanh.

6-Trạng thái giả ổn định: Trạng thái giả ổn định chỉ 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 trên thực tế khó xảy ra. Vậy giả ổn định thực chất là không ổn định nhưng thực tế lại tồn tại ổn định ngay cả khi nung nóng hay làm nguội trong một phạm vi nào đó.

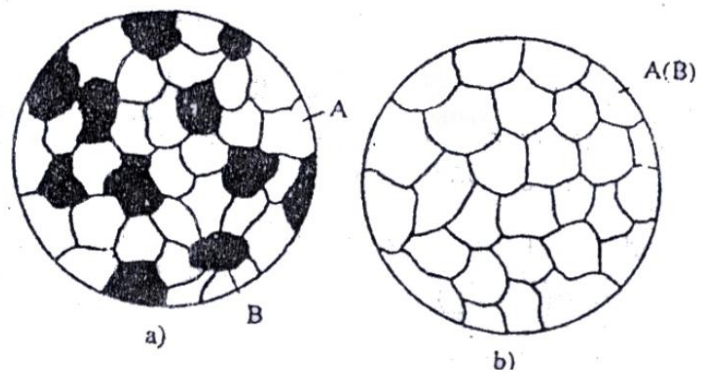
d. Các dạng cấu tạo của hợp kim

Trong thực tế hợp kim tồn tại các dạng sau đây:

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

2- Hợp kim có cấu tạo một pha là hợp chất hoá học (hay pha trung gian)

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



Hình 3.9- Hỗn hợp cơ học (a) và dung dịch rắn (b)

3.4.2. Dung dịch rắn

a. Khái niệm và phân loại

Cũng 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 kẻ 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 hoà 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 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 chia làm hai loại: Dung dịch rắn thay thế và dung dịch rắn xen kẻ.

b. Dung dịch rắn thay thế

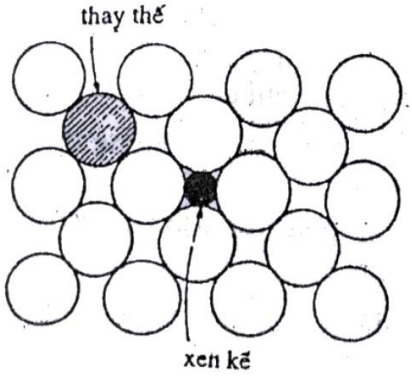
Là dung dịch rắn mà trong đó nguyên tử của cấu tử hoà tan thay thế vào vị trí trên nút mạng của cấu tử dung môi (nguyên tố chủ).

Như vậy kiểu mạng và số nguyên tử trong khối cơ sở đúng như cấu tử dung môi, tuy nhiên sự thay thế này ít nhiều gây nên sự xô lệch mạng, vì không thể có hai loại nguyên tử của hai cấu tử 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%). Tuỳ thuộc vào mức độ hoà tan người ta còn chia ra dung dịch rắn hoà tan vô hạn và có hạn.

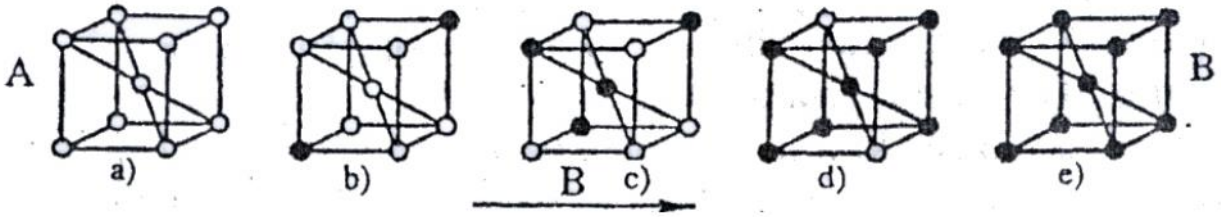
- ***Dung dịch rắn thay thế hoà tan vô hạn***

Là dung dịch rắn mà trong đó nồng độ của chất hoà 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 hoà tan, cấu tử nào có lượng chứa nhiều nhất là dung môi, các cấu tử còn lại là chất hoà tan. Ví dụ ta có dung dịch rắn của cấu tử A và B thì nồng độ A biến đổi từ 0 đến 100%, nồng độ B biến đổi từ 100% đến 0.



Hình 3.10- Sơ đồ tạo thành dung dịch rắn thay thế và xen kẻ



Hình 3.11- Sơ đồ tạo thành dung dịch rắn thay thế hoà tan vô hạn

Điều kiện dung dịch rắn hoà tan vô hạn

- Có cùng kiểu mạng tinh thể.

- Đường kinh nguyên tử khác nhau ít, nhỏ hơn 8%. Nếu sai khác nhau nhiều từ 8÷15% chỉ có thể hoà tan có hạn, lớn hơn 15% không thể hoà tan vào nhau.

- Nồng độ nguyên tử không vượt quá một giá trị xác định với mỗi loại dung dịch rắn (số lượng điện tử hoá trị tính cho một nguyên tử) tức là các *nguyên tố phải cùng có hoá trị.*

- Các tính chất vật lý, hoá 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 hệ thống tuần hoàn thoả mãn điều kiện này*. Các nguyên tố hình thành dung dịch rắn vô hạn chỉ có thể là nguyên tố kim loại. Cần chú ý đây là điều kiện cần của dung dịch rắn vô hạn.

➢ ***Dung dịch rắn thay thế hoà tan có hạn***

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

Các cặp cấu tử không thoả mãn 4 điều kiện trên sẽ tạo thành dung dịch rắn có hạn.

c. Dung dịch rắn trật tự và không trật tự

Nếu sự phân bổ nguyên tử của cấu tử hoà 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 tinh 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 đỉnh các cơ sở.

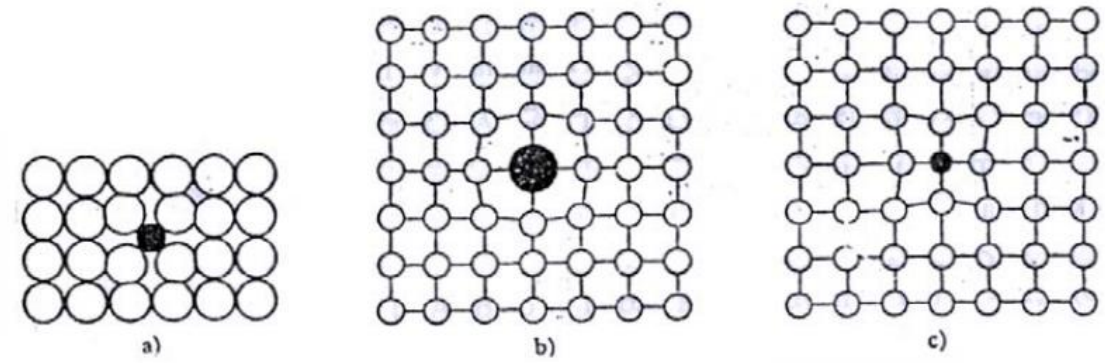
d. Dung dịch rắn xen kẻ

Là loại dung dịch rắn trong đó nguyên tử hoà tan nằm trong xen giữa các nguyên tử của kim loại dung môi, chúng chui vào lỗ hỏng của 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 hoà tan phải có kích thước rất nhỏ. Đó chính là các nguyên tử C, N, H, B (Bo)…. với dung môi Fe. Đương nhiên là dung dịch rắn xen kẻ chỉ có loại hoà tan có hạn.

e. Các đặc tính của dung dịch rắn

Mạng tinh thể của dung dịch rắn là kiểu mạng của kim loại dung môi, thường có kiểu mạng đơn giản và sít chặt. Đây là yếu tố cơ bản quyết định tính chất cơ, lý, hoá…Về mặt 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:



Hình 3.12- Sự xô lệch mạng trong dung dịch rắn
a) Trong dung dịch rắn xen kẻ;
b) Trong dung dịch rắn thay thế khi $r_{ht} > r_{dm}$;
c) Trong dung dịch rắn thay thế khi $r_{ht} < r_{dm}$;

- Trong dung dịch xen kẻ thông số mạng dung dịch luôn lớn hơn thông số mạng dung môi (đường kính nguyên tử hoà tan luôn lớn hơn lỗ hổng).
- Trong dung dịch rắn thay thế nếu đường kính nguyên tử hoà tan lớn hơn đường kính nguyên tử dung môi thì thông số mạng dung dịch lớn hơn thông số mạng dung môi. Ngược lại nếu đường kính nguyên tử hoà tan nhỏ hơn nguyên tử dung môi thì thông số mạng dung dịch nhỏ hơn thông số mạng dung môi.
- Liên kết vẫn là liên kết kim loại, do vậy dung dịch rắn vẫn giữ được tính chất 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).
- Thành phần hoá học thay đổi trong phạm vi nhất định mà không làm thay đổi kiểu mạng.
- 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 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%.

3.4.3. Pha trung gian

Trong hợp kim hầu như không có hợp chất hoá học hoá trị thường. Các hợp chất hoá học tồn tại trong hợp kim thường là pha trung gian vì trên giản đồ pha của nó nằm vị trí giữa trung gian của các dung dịch rắn ở hai đầu mút.

a. Khái niệm và phân loại

➢ *Các hợp chất hoá học tạo thành theo quy luật hoá 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 hoá học nhất định.
- Tính chất khác hẳn với nguyên tố thành phần, độ cứng cao, tình giòn lớn.
- Có nhiệt độ nóng chảy xác định, khi hình thành là phản ứng quá nhiệt.

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

- Không tuân theo quy luật hoá 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 δ…

b. Pha xen kẻ

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

- Nếu $\frac{d_A}{d_K} < 0{,}59$

(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 như tâm khối, tâm mặt, sáu phương xếp chặt…, các nguyên tử phi kim loại xen kẽ vào lỗ hổng mạng. Chúng có công thức đơn giản như: K_4A (Fe_4N), K_2A (W_2C), KA (NbC, NbH, NbH, TiC), KA_2 (TiH_2); với K là kim loại, A là phi kim loại.

- Nếu $\frac{d_A}{d_K} > 0{,}59$

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

c. 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 hoá trị một Cu, Ag, Cu và kim loại chuyển tiếp như Fe, Ni, Co, Pt, Pd.
- Nhóm hai: Các kim loại hoá trị hai, ba, bốn như Be, Mg, Zn, Cd, Al. Si, Sn.

Nồng độ nguyên tử N có giá trị xác định là 3/2, 21/23 và 7/4 (21/14, 21/13,21/12).

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 ɣ với kiểu mạng lập phương phức tạp ($Cu_{31}Sn_8$)

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

d. Pha Laves

Là pha tạo bởi hai nguyên tố (A, B) có tỉ lệ đường kính nguyên tử d_A/d_B =1,2 (tỉ lệ này biến đổi trong phạm vi 1,1 ÷ 1,6) có công thức AB_2, kiểu mạng sáu phương xếp chặt ($MgCu_2$).

Trong hợp kim còn gặp các pha $\sigma, \lambda, \delta, \mu \ldots$tuy nhiên các loại pha này ít phổ biến. Một đặc tính quan trong của pha trung gian là cứng và dòn, vì vậy không bao giờ người ta dùng hợp kim chỉ có một pha là pha trung gian. Tỉ lệ của chúng trong các hợp kim thông thường < 10% (có khi đến 20÷30%), đây là các pha cản trượt làm tăng độ bền, độ cứng.

3.4.4. Hỗn hợp cơ học

Khá nhiều trong 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 rất rõ các pha khác nhau trong hỗn hợp cơ học. Hai hỗn hợp cơ học điển hình là cùng tinh và cùng tích.

3.5. GIẢN ĐỒ PHA CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ

3.5.1. Các khái niệm cơ sở

a) Khái niệm về giản đồ pha

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

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

Cần chú ý sự biến đổi này 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 hợp kim.

b) Quy tắc pha và công dụng (định luật Gibs)

Trạng thái cân bằng được xác định bởi các yếu tố bên trong (thành phần hoá học) và các yếu tố bên ngoài (nhiệt độ và áp xuất). 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 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), bật tự do F và số cấu tử C (compomen)

Ta có: $F = C - P + 2$

Nhưng việc nghiên cứu tiến hành trong khí quyển, có áp xuất không đổi nên số yếu tố bên ngoài chỉ còn 1 là nhiệt độ. Vì vậy công thức nó là:

$$F = C - P + 1$$

Cần lưu ý số bật tự do là số nguyên và không âm và số pha cực đại của một hệ chỉ có thể lớn hơn số cấu tử 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 thay đổi (nhiệt độ hay thành phần), lúc này số pha bằng số cấu tử. (P=C)*

- *Khi F = 2 tức là có hai yếu tố thay đổi được cùng một lúc, số pha bằng số cấu tử trừ đi 1(P=C-1)*

3.5.2. Cấu tạo giản đồ pha và công dụng

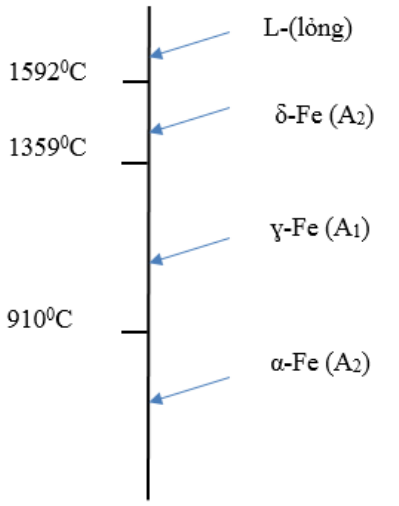
a) Cấu tạo giản đồ pha

Giản đồ pha của một hệ hợp kim (còn gọi là giản đồ trạng thái cân bằng) biểu thị mối quan hệ 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.

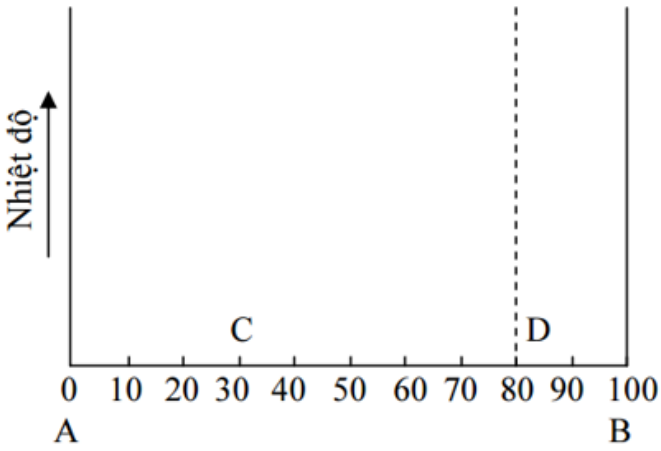
➢ ***Giản đồ một pha một cấu tử***

Hệ một cấu tử:

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



Hình 3.13a- Giản đồ pha sắt



Hình 3.13b- Hệ trục giản đồ hai cấu tử

➢ ***Giản đồ pha hai cấu tử***

Giản đồ hai cấu tử gồm hai trục: Trục tung biểu diễn nhiệt độ, trục hoành biểu diễn thành phần hoá học (thường theo % khối lượng). Trong hệ trục đó người ta vẽ những 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 xác định nhưng ở cùng một nhiệt độ. Đi từ trái sang phải cấu tử B tăng dần, 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 chúng nằm về hai phía đối diện với điểm biểu diễn của hợp kim.

b) 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 của hợp kim tại nhiệt độ và thành phần khác nhau. Từ cấu tạo có thể suy đoán tính chất của từng hợp kim cụ thể.

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

$$\frac{Lượng\ pha\ trái}{Lượng\ pha\ phải} = \frac{Độ\ dài\ đoạn\ thẳng\ phải}{Độ\ dài\ đoạn\ thẳng\ trái}$$

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

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

c) 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)

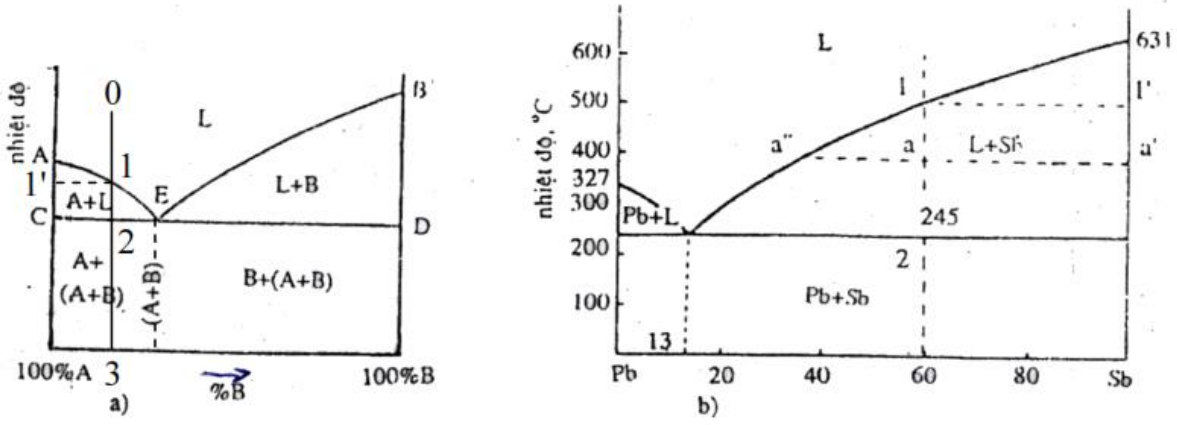
Số cấu tử : A và B (C = 2)

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.



Hình 3.14- Giản đồ pha loại 1, dạng tổng quát (a), hệ Pb-Sb

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 điểm1: 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.

$L_E \rightarrow (A + B)$ $t^0 = const$

- 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 :

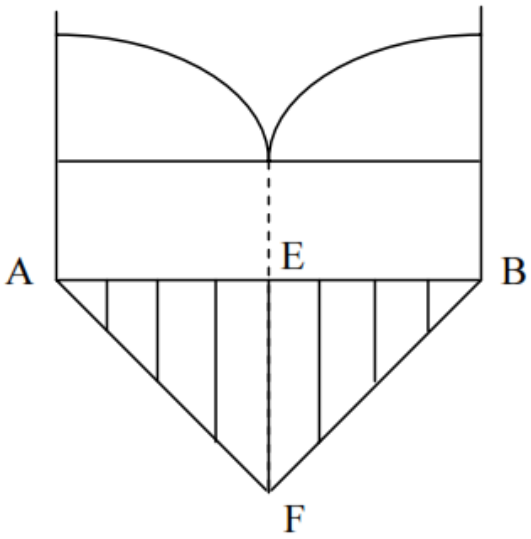
Trong các hệ hợp kim có giản đồ loại 1 ta vẽ thêm một tam giác phụ để xác định tỷ lệ của tổ chức cùng tinh cũng như các cấu tử nguyên chất một cách dễ dàng ứng với các thành phần khác nhau. Tam giác này gọi là tam giác Tam - man (do Tam - man người Đức đưa ra). Tại điểm E tổ chức cùng tinh chiếm 100%.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

e - Thiên tích vùng:

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

Ví dụ : Hệ hợp kim Pb - Sb nếu chì kết tinh ra trước nó sẽ chìm xuống đáy khuôn đúc (γ= 11,34 g/cm^2). Stibi nếu kết tinh ra trước thì nó sẽ nổi lên trên (γ = 6,69g/cm^2). 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 ≈ hợp kim lỏng), chúng lơ lửng trong hợp kim lỏng ngăn cản quá trình thiên tích.



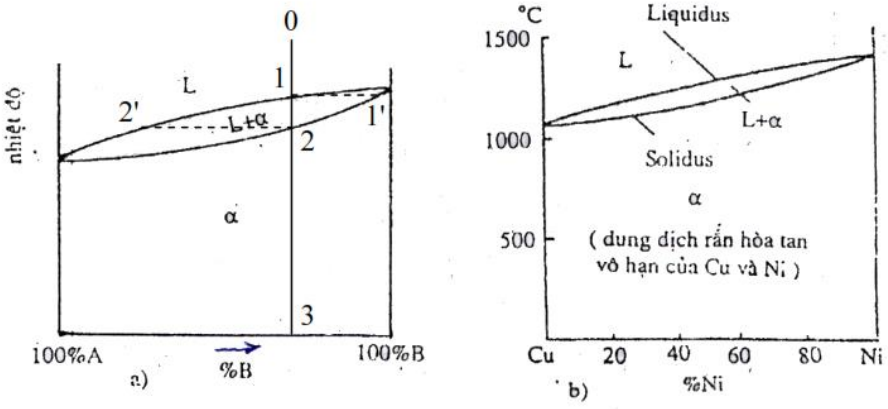
Hình 3-15 Tam giác Tamman

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 3.16 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

-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 : ($P_{Max} = 3$)

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)

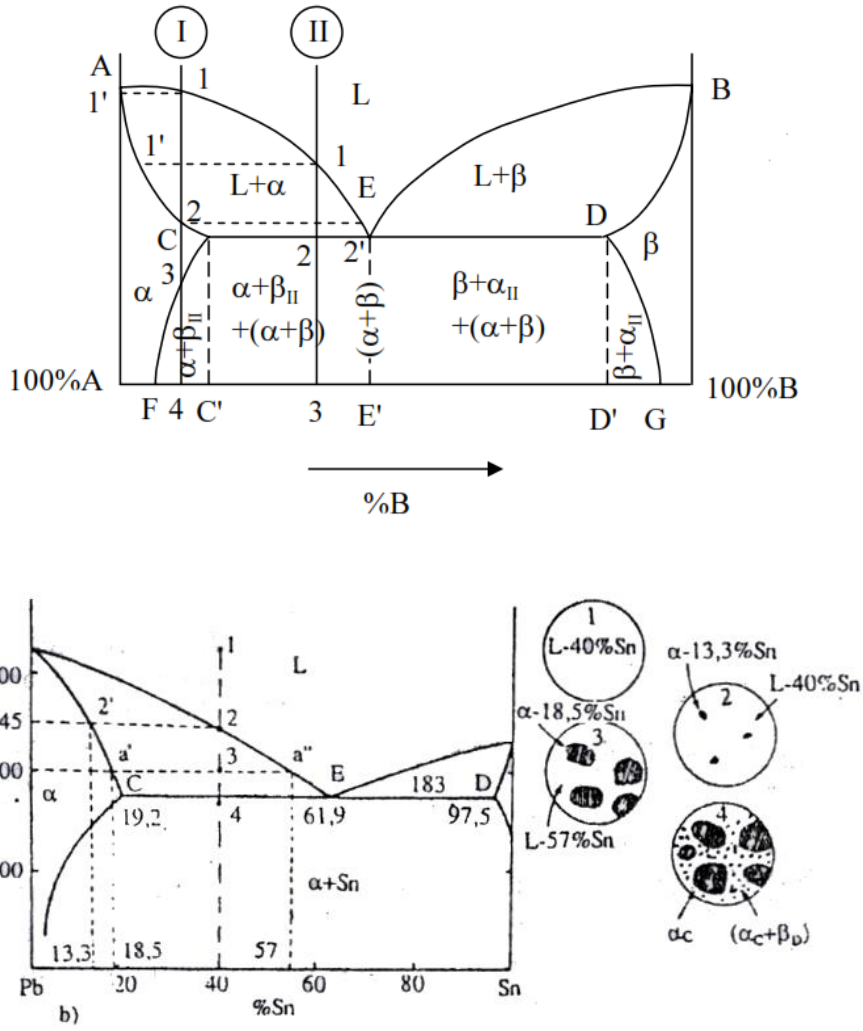
β - dung dịch rắn của A hòa tan có hạn trong cấu tử B, B(A)

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 3.17- 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 phầm 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 $\alpha \rightarrow \beta_{II}$.

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 diểm 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.

$$L_E \rightarrow (\alpha_C + \beta_D)$$

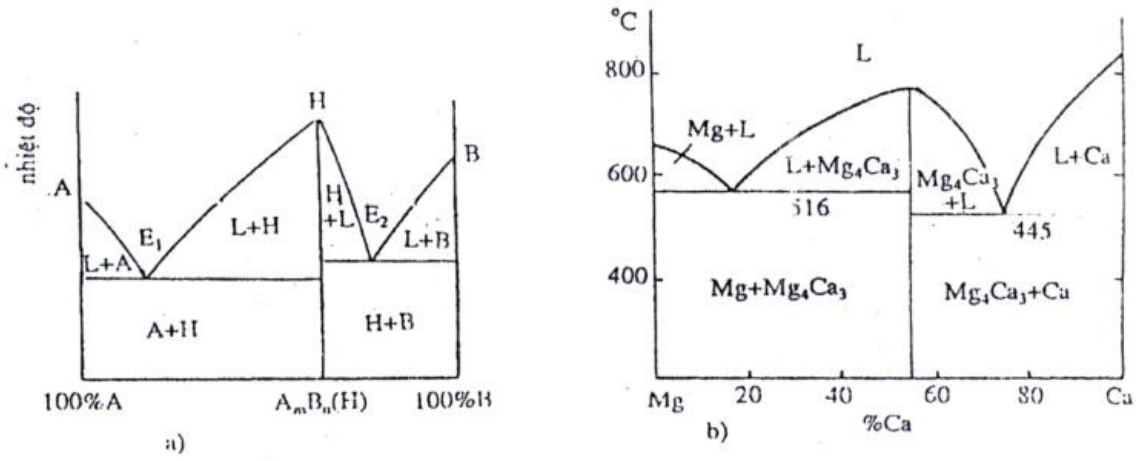
- Làm nguội từ nhiệt độ ứng với điểm 2 đến 3 do lượng cấu tử hòa tan là quá bão hòa nên có quá trình tiết ra β_{II} từ α và α_{II} từ β. Tuy nhiên α_{II} được tiết ra từ β trong cùng tinh, nằm lẫn lộn với α_C nên không nhìn thấy được. Do vậy tổ chức nhận được ở nhiệt độ thường là $\alpha + \beta_{II}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

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

5- Quan hệ giữa dạng giản đô 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 thi pha thành phần duy nhất đó đồng nhất với hợp kim, tức là tính chất của nó chính là tính chất của hợp kim. Trường hợp có tổ chức gồm nhiều pha thì tính chất của của hợp kim là sự tổng hợp tính chất

của các pha thành phần. Ta sẽ xem xét cụ thể mối quan hệ giữa dạng của giản đồ pha với tính chất của hợp kim như thế nào.

a - *Giản đồ loại 1:*

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

Tính chất hợp kim = %A X t/c A + %B X 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.

3.6. GIẢN ĐỒ PHA Fe – C (Fe – Fe_3C)

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

a) Cấu tử Fe

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

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

- Giới hạn bền kéo: σ_k = 250 MN/m^2 (MPa).
- Giới hạn chảy quy ước: $\delta_{0.2}$ = 120 MN/m^2.
- Độ giản dài tương đối: δ = 50%

- Độ thắt tỷ đối: φ = 85%
- Độ dai va đập: a_k = 3000Kj/m^2.
- Độ cứng 80HB

2-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^{0}C gọi là sắt anpha có a = 2,68 Kx. Dưới 768 ^{0}C có từ tính, cao hơn nhiệt độ này mất từ tính. Tại nhiệt độ cao hơn 768^{0}C gọi là sắt bêta, có a = 2,90Kx.

  + Từ 1392^{0}C đến 1539^{0}C gọi là sắt denta có a = 2,93 Kx.

- Mạng lập phương tâm mặt tồn tại ở nhiệt độ: 910^{0}C < t^0 < 1392^{0}C gọi là sắt gama, có a = 3,56 Kx.

3-Khả năng hoà tan cacbon của sắt:

Hai loại mạng tinh thể của sắt có khả năng hoà tan cacbon dưới dạng xen kẻ khác nhau. Đường kính nguyên tử cacbon là 1,54 Kx. Trong khi đó lỗ hổng lớn nhất trong mạng tâm khối có d = 0,64Kx. Mạng lập phương tâm mặt có lỗ hổng ít hơn nhưng có kích thước lớn hơn d = 1,02Kx. Về nguyên tắc thì sắt không thể hoà tan cacbon được. Tuy nhiên trong thực tế:

Sắt anpha hòa tan được 0,02% C ở nhiệt độ 727^{0}C,

Sắt denta hòa tan 0,1% ở nhiệt độ 1499^{0}C,

Sắt gama hòa tan 2,14% ở nhiệt độ 1139^{0}C.

Người ta cho rằng cacbon chui vào nơi có nhiều sai lệch mạng nhất. Sắt gama có khả năng hòa tan tối đa khoảng 10% nguyên tử sắt.

b) Cấu tử cacbon

1-Các dạng tồn tại của cacbon

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

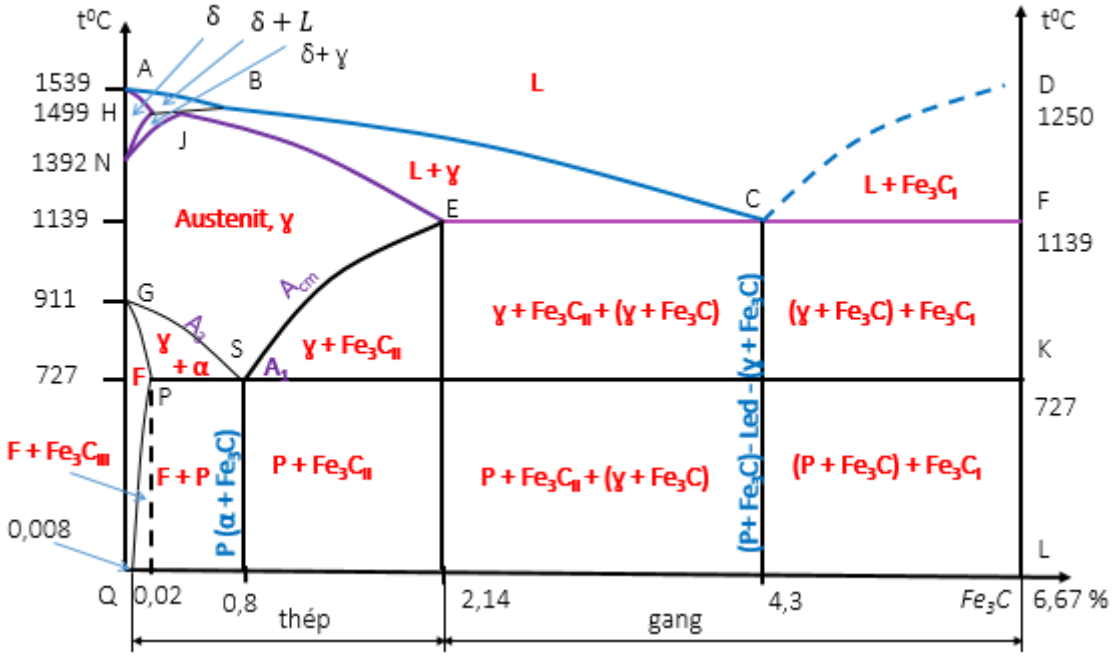
2-Tương tác hoá học giữa Fe và C

Khi lượng hòa tan của cacbon vào sắt vượt quá giới hạn của dung dịch rắn thì sẽ tạo nên hợp chất hoá học: Fe_3C (6,67%C), Fe_2C (9,67%C) và FeC (17,67%C). Tuy nhiên trong hợp kim của sắt cacbon do chỉ sử dụng giới hạn khoảng 5% 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^{0}C và có độ cứng khoảng 800HB. Ở nhiệt độ nhỏ hơn 217^{0}C có từ tính. Lớn hơn nhiệt độ này mất từ tính. Khi hoà tan thêm các nguyên tố hợp kim (Cr, Mn, W…) dưới dạng thay thế ta có xêmentit hợp kim (nguyên tố hợp kim thay thế vào vị trí của sắt).

c) Giản đồ pha Fe-C (Fe – Fe3C)

➢ **Dạng tổng quát của giản đồ Fe-C**

Chúng ta chỉ nghiên cứu giản đồ pha chứa 6,67% C nên còn gọi là giản đồ Fe - Fe_3C. Dạng giản đồ pha này nhìn rất phức tạp tuy nhiên nếu phân tích ra thì nó là tổng hợp của bốn loại giản đồ (SV tham khảo thêm). Ký hiệu các điểm và toạ độ của chúng đã được quốc tế hoá. Cụ thể như sau:



Hình 3.19 Giản đồ pha Fe-C (Fe – Fe3C)

- ABCD là đường lỏng để xác định nhiệt độ chảy lỏng hoàn toàn hay bắt đầu kết tinh.
- AHJECF là đường rắn để xác định nhiệt độ bắt đầu chảy hay kết thúc kết tinh.
- ECF là đường cùng tinh, xảy ra phản ứng cùng tinh (eutectic).
- PSK là đường cùng tích, xảy ra phản ứng cùng tích (eutectoid).
- ES - giới hạn hòa tan cacbon trong Feγ.
- PQ - giới hạn hòa tan cacbon trong Feα.

Điểm	**%C**	**Nhiệt độ ^{0}C**	**Điểm**	**%C**	**Nhiệt độ 0C**
A	0	1539	B	0,5	1149
C	4,30	1139	D	6.67	1250
E	2,14	1139	F	6,67	1147
G	0	911	H	0,1	1149
L	6,67	0	K	6.67	727
P	0,02	727	N	0	1392
S	0,08	727	Q	0,006	0
D	6,67	1250			

➢ **Các chuyển biến pha khi làm nguội chậm**

Trong giản đồ pha Fe-Fe_3C có đầy đủ các pha đã nghiên cứu ở phần trước đây. Khi là nguội chậm có các chuyển biến sau:

- Chuyển biến bao tinh: Xảy ra ở nhiệt độ 1499^{0}C trong các hợp kim có 0,1 ÷ 0,5%C (tương đương đường HJB).

$$\delta_H + L_B \leftrightarrow \gamma_J \quad \text{hay} \quad \delta_{0,01} + L_{0,5} \leftrightarrow \gamma_{0,16}$$

song người ta thường không để ý đến phản ứng này vì xảy ra ở nhiệt độ quá cao và không có ảnh hưởng gì đến tổ chức của thép khi gia công và sử dụng.

- Chuyển biến cùng tinh: Xảy ra ở nhiệt độ 1147^{0}C trong các hợp kim có lượng cacbon lớn hơn 2,14% (tương đương đường ECF)

$$L_C \leftrightarrow (\gamma_E + Fe_3C_F) \quad \text{hay} \quad L_{4,3} \leftrightarrow (\gamma_{2.14} + Fe_3C_{6,67})$$

- Chuyển biến cùng tích: Xảy ra ở nhiệt độ 727^{0}C, có hầu hết trong các hợp kim (đường PSK)

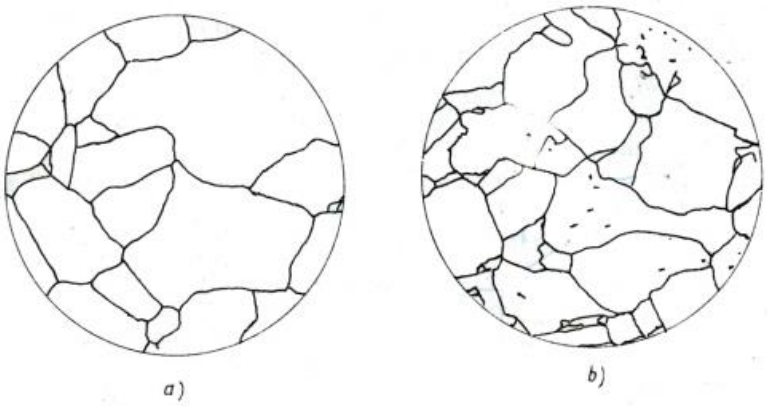
$$\gamma_s \leftrightarrow (\alpha_p + Fe_3C_K) \text{ hay } \gamma_{0,8} \leftrightarrow (\alpha_{0,02} + Fe_3C_{6,67})$$

Sự tiết ra pha Fe_3C ra khỏi dung dịch rắn Fe_γ theo đường ES và trong Feα theo đường PQ

- **Các tổ chức của hợp kim Fe – Fe_3C**

- ***Tổ chức một pha***

- Pherit (Ferit) (ký hiệu α, F, hay Fe_α): Là dung dịch rắn xen kẻ của cacbon trong Fe_αcó kiểu mạng lập phương tâm khối. Là pha dẻo, dai, mềm và kém bền, ở nhiệt độ nhỏ hơn 768 ^{0}C có từ tính. Khi hòa tan các nguyên tố hợp kim Mn, Si, Ni … độ bền của nó tăng lên, độ dẻo dai giảm đi gọi là pherit hợp kim. Pherit tồn tại nhiệt độ thường, chiếm tỉ lệ khá lớn (khoảng > 90%) nên ảnh hưởng khá nhiều đến cơ tính của hợp kim, tổ chức của nó là hạt sáng, da cạnh. Gọi là pherit xuất phát từ tiếng latinh ferum nghĩa là sắt.



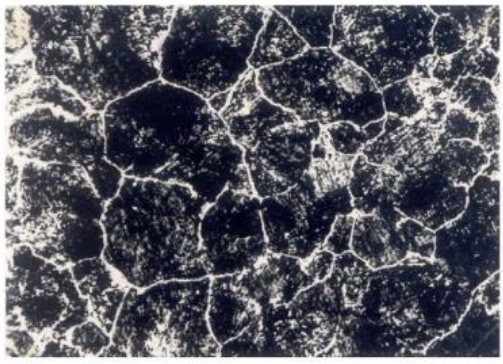
Hình 3.20- Tổ chức tế vi của ferit(a) và austenit (b)

- Austenit [ký hiệu ɣ, As, feɣ(C)]: Là dung dịch rắn xen kẻ của cacbon trong feɣ có mạng lập phương tâm mặt. Là pha rất dẻo và dai. Nó không có từ tính và không tồn tại ở nhiệt độ < 727^{0}C trong hợp kim sắt cacbon nguyên chất, chỉ tồn tại ở đưới nhiệt độ này trong hợp kim chứa lượng đáng kể Mn, Ni… Tuy không tồn tại ở nhiệt độ thường nhưng vai trò quyết định trong biến dạng nóng nhiệt luyện thép. Tổ chức của nó là hạt sáng có song tinh. Tên gọi austenit để kỷ niệm nhà vật liệu học người Anh là Rôbe Ôsten.

- Xêmentit (ký hiệu Xê, Ce, Fe_3C): Là pha xen kẻ có kiểu mạng phức tạp, chứa 6,67%C và công thức Fe_3C, tương đương đường DFKL. Xêmentit là pha cứng dòn, ở nhiệt độ nhỏ hơn 217^{0}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 4 loại xêmentít:

+ *Xêmentít thứ nhất: ($Xê_1$, Fe_3C_I):* Được hình thành từ hợp kim lỏng do giảm nồng độ cacbon trong hợp kim lỏng theo đường CD khi nhiệt độ giảm. Nó chỉ có trong các hợp kim chứa > 4,3 %C. Do tạo thành hợp kim lỏng và ở nhiệt độ cao nên có dạng thẳng và thô to.

+ *Xêmentít thứ hai: ($Xê_{II}$, Fe_3C_{II}):* Được hình thành do giảm nồng độ cacbon trong austentit theo đường ES khi hạ nhiệt độ từ 1139^0C đến 727^0C, nó sinh ra trong các hợp kim có > 0,8%C và thấy rõ nhất trong các hợp kim chứa từ 0,8 đến 2,4%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 (austentit).



Hình 3.21- Tổ chức xêmentit2 dạng lưới thép sau cùng tích

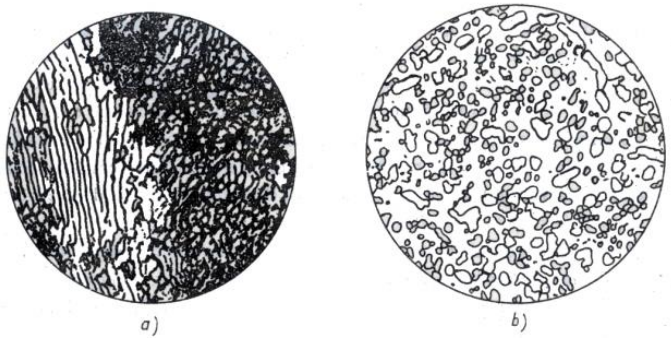
+ *Xêmentít thứ ba: ($Xê_{III}$, Fe_3C_{III}):* Được hình thành do giảm nồng độ cacbon trong peclit theo đường PQ khi hạ nhiệt độ từ 727^0C, thấy rõ nhất trong các hợp kim chứa 0,02%C. Do tạo thành ở nhiệt độ không cao lắm nên kích thước nhỏ mịn, trong thực tế bỏ qua nó.

+ *Xêmentít cùng tích:* Được tạo thành do chuyển biến cùng tích austenit thành peclít, nó có vai trò quan trọng trong hợp kim sắt cacbon.

- ***Các tổ chức hai pha***

* Peclít [ký hiệu P hay (Fe_α + Fe_3C)]: Là hỗn hợp cùng tích của pherit và xêmentit được tạo ra từ chuyển biến cùng tích của austenit tại 727^0C. Trong petlít có 88%F và 12%Xê. Pectít khá bền và cứng nhưng cũng đủ độ dẻo dai đáp ứng được yêu cầu của vật liệu kết cấu và vật dụng. Tùy thuộc vào hình dạng của xêmentít mà pétlít được chia làm 2 loại peclít tấm và petlít hạt. Nếu xêmentít ở dạng tấm gọi là peclít tấm, có độ cứng cao hơn, đây là dạng thường gặp trong thực tế. Nếu xêmentít ở dạng hạt gọi là peclít hạt, độ cứng thấp hơn, dễ cắt gọt, kém ổn định. Peclít hạt ít gặp trong thực tế, chỉ nhận được khi nhận đủ điều kiện cụ thể (ủ cầu hóa). Petlít hạt ổn định hơn petlít tấm. Tên gọi petlít xuất phát từ peard có nghĩa là vằn hay xà cừ.

$$\gamma_{0,8} \rightarrow (\propto_{0,02} + Fe_3C_{6,67})$$



Hình 3.22- Tổ chức tế vi của petlít tấm (a) và petlít hạt (b)

*Lêđêburit [Lê hay (ɣ + Fe_3C), (P + Fe_3C)]: Là hỗn hợp cùng tinh của austenít và xêmentít được tạo thành từ hợp kim lỏng chứa 4,3%C tại 1139^0C. Khi làm nguội dưới 727^0C chuyển biến ɣ → P nên tổ chức lêđêburit gồn (P + Fe_3C).

$$L_{4,3} \rightarrow (\gamma_{2,14} + Fe_3C_{6,67})$$

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

3.7. MỘT SỐ QUY ƯỚC THÉP VÀ GANG

- *Thép là hợp kim của sắt và cacbon với hàm lượng cacbon nhỏ hơn 2,14%. Ngoài ra còn có thêm một số nguyên tố khác như: Mn, Si, P, S...*
- *Gang là hợp kim của sắt và cacbon với hàm lượng cacbon lớn hơn 2,14%. Ngoài ra còn có thêm một số nguyên tố khác như: 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 trắng đó là màu của xêmentit). Gang trắng rất cứng và giòn không thể gia công cắt gọt được.

Ranh giới để chia thép và gang là điểm E trên giản đồ Fe – C. Căn cứ vào hàm lượng cacbon có trong gang thép ta phân chia thành nhiều loại khác nhau:

➢ ***Thép được chia làm 3 loại***

+ Thép trước cùng tích: Là thép có hàm lượng cạcbon nhỏ hơn 0,8%C, tổ chức cân bằng gồm pheric và peclit.

+ Thép cùng tích: Là thép có hàm lượng cacbon bằng 0,8%C, tổ chức cân bằng là peclit.

+ Thép sau cùng tích: Là thép có hàm lượng cacbon lớn hơn 0,8%C, tổ chức cân bằng là peclit và xêmentit thứ 2.

Hình 3.23- Tổ chức tế vi của thép trước cùng tích

➢ ***Gang trắng được chia làm ba loại***

+ Gang trắng trước cùng tinh: Là loại gang có hàm lượng cac bon nhỏ hơn 4,3%C, tổ chức cân bằng gồm có petlít, xêmentit2 và lêđêburit

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

+ Gang trắng sau cùng tinh: Là loại gang có hàm lượng cac bon lớn hơn 4,3%C, tổ chức cân bằng gồm có xêmentit1 và lêđêburit.

3.8. CÁC ĐIỂM TỚI HẠN

Các nhiệt độ ứng với chuyển biến pha ở trạng thái rắn trong hợp kim Fe-C (chủ yếu dùng cho thép) gọi là các điểm tới hạn chúng được ký (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 – (217^0C) 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.

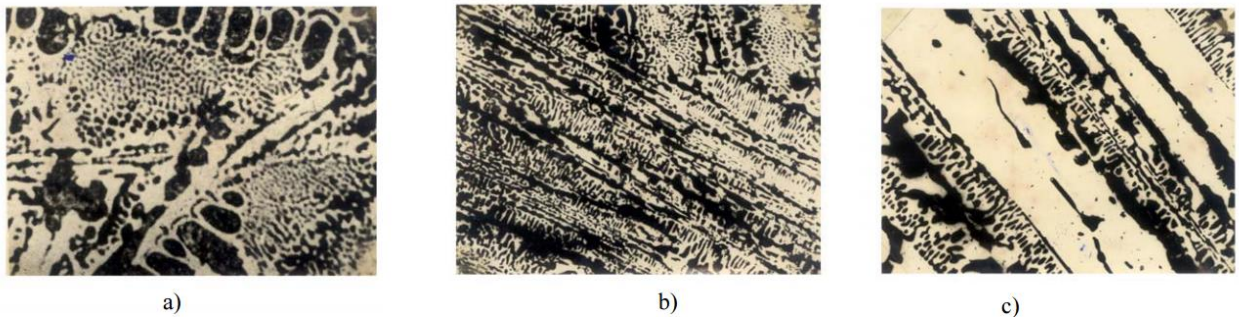
A_1 – (727^0C) ứng với đường PSK là nhiệt độ chuyển biến austenit ↔ peclit có trong tất cả các loại thép.

A_2 – (768^0C) còn gọi là điểm Curi, ứng với đường MO là điểm chuyển biến của pherit, thấp hơn nhiệt độ này pheric có từ tính, cao hơn nhiệt độ này pherit mất từ tính.

A_3 – ứng với đường GS (910^0C ÷ 727^0C), là đường bắt đầu tiết ra pherit từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan pherit vào austenit khi nung nóng, chỉ có trong thép trước cùng tích.

A_{cm} – ứng với đường ES (1139^0C ÷ 727^0C), là đường bắt đầu tiết ra xêmentit từ austenit khi làm nguội và kết thúc hòa tan xêmenti vào austenit khi nung nóng, chỉ có trong thép sau cùng tích và gang.

A_4 – ứng với đường NJ (1499^0C ÷ 1392^0C), ứng với chuyển biến $\delta \leftrightarrow \gamma$.



Hình 3.24- Tổ chức tế vi của gang trắng
a) Gang trắng trước cùng tinh; b) Gang trắng cùng tinh; c)Gang trắng sau cùng tinh

Tất cả các điểm giới hạn trên thì các điểm A_1, A_3 và A_{cm} được sử dụng nhiều nhất và chủ yếu khi luyện thép. Tuy nhiên giá trị nhiệt độ chỉ đúng trong trạng thái cân bằng nung nóng và làm nguội vô cùng chậm, (tốc độ nung nóng hay làm nguội → 0). Trong thực tế tốc độ nung nóng hay làm nguội có giá trị 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 cho hai trường hợp làm nguội và nung nóng ta thêm vào chữ r (refroidissement: Làm mát) khi làm nguội và c (chauffag: Nung nóng) khi nung nóng. Với một loại thép nhất định bao giờ ta cũng có:

$A_{rl} < A_l < A_{cl}$ và $A_{r3} < A_3 < A_{c3}$.... giá trị A_r phụ thuộc vào tốc độ nguội và A_c phụ thuộc vào tốc độ nung.

- Tính gần đúng hàm lượng cacbon của thép trước cùng tích qua tổ chức cân bằng.

Đối với thép cùng tích trong một vài trường hợp cần thiết ta có thể tính gần đúng lượng cacbon 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 (peclit) chiếm ¾ diện tích, còn phần sáng (pherit) chiếm ¼ thì lượng cacbon trong đó tính như sau:

+ Lượng cacbon có trong pherit: 25% x 0,006% = 0.015% ≈ 0%
+ Lượng cacbon có trong peclit: 75% x 0,8% = 0.6% →Vậy lượng cacbon có trong thép này tính gần đúng bằng 0.6%

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 nhiệt luyện thể tích.

4.1. KHÁI NIỆM VỀ NHIỆT LUYỆN THÉP

4.1.1. Khái niệm về nhiệt luyện

a) Định nghĩa

Nhiệt luyện là tập hợp các thao tác gồm nung nóng kim loại hay hợp kim đến nhiệt độ xác định, giữ lại 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 tế vi bên trong do đó dẫn đến thay đổi cơ tính của chi tiết.

b) 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:

1-Nhiệt độ nung nóng (t^0_n): Là nhiệt độ cao nhất mà quá trình nhiệt luyện phải đạt tới, tính bằng ^{0}C.

2-Thời gian giữ nhiệt (t_{gn}): Là thời gian duy trì chi tiết ở nhiệt độ nung nóng.

3-Tốc độ nguội ($V_{nguội}$): Là tốc độ giảm nhiệt sau thời gian giữ nhiệt.

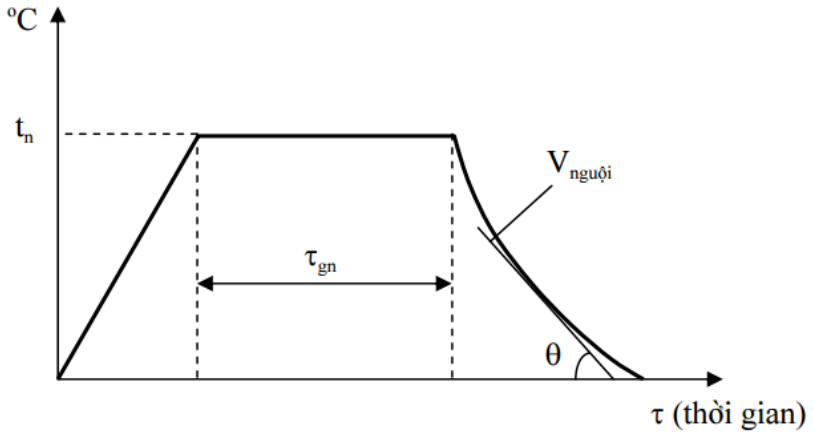
Ngoài ba thông số trên, tốc độ làm nóng cũng ảnh hưởng đến kết quả nhiệt luyện nhưng không đáng kể nên ta bỏ qua nó. Kết quả quá trình nhiệt luyện được đánh giá bằng các kết quả sau:

- 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 tỉ 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 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 khắc khe, cần phải kiểm tra chúng.

c) Sơ lược về nhiệt luyện thép

Trong thực tế có những phương pháp nhiệt luyện chủ yếu như sau:

1-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 quá trình nhiệt luyện

2-Thường hóa: Là nung nóng đến tổ chức hoàn toàn austenit, giữ nhiệt độ và làm nguội ngoài không khí tĩnh để nhận được tổ chức gần với trạng thái cân bằng.

3-Tôi: Là nung nóng đến cao hơn nhiệt độ tới hạn, làm xuất hiện tổ chức austenit giữ nhiệt và làm nguội nhanh để nhận được tổ chức không cân bằng có độ cứng cao nhất.

4-Ram: Là nung nóng thép đã tôi đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn, giữ nhiệt và làm nguội để điều chỉnh chỉ tiêu cơ tính (độ bền, độ cứng ..) đạt yêu cầu làm việc.

5-Hóa nhiệt luyện: Là phương pháp bảo 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.

6-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 bề mặt mạnh hơn rất nhiều khi luyện thông thường.

d) Phân loại nhiệt luyện thép

Người ta phân phương pháp nhiệt luyện chủ yếu của thép ra làm hai nhóm lớn là nhiệt luyện sơ bộ và nhiệt luyện kết thúc.

1-Nhiệt luyện sơ bộ: Là phương pháp nhiệt luyện được tiến hành trước khi gia công cơ khí, khi chi tiết là bán sản phẩm. Thuộc nhóm này có *ủ và thường hóa*.

2-Nhiệt luyện kết thúc: Là các phương pháp được thực hiện sau khi gia công cơ khí, khi chi tiết đã là sản phẩm. Sau khi nhiệt luyện xong không còn gia công nữa (nếu có chỉ mài tinh). Thuộc nhóm này chỉ có tôi và ram. Đối với thép cacbon thấp thì ủ và thường hóa là nhiệt luyện kết thúc.

e) 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:

- ***Tăng độ cứng, tính chống mài mòn và độ bền của thép***

Mục tiêu của ngành cơ khí là sản xuất ra cơ cấu, máy móc bền hơn, công xuất 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 chi tiết và kết cấu máy. Đây là tác dụng chủ yếu và quan trọng nhất của nhiệt luyện, đến mức phải đưa ra chỉ tiêu đánh giá trình độ của ngành cơ khí. Chất lượng máy móc thiết bị phụ thuộc rất nhiều vào phương pháp sử dụng vật liệu và nhiệt luyện chúng.

➢ ***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 xuất. Vì vậy phải tiến hành nhiệt luyện thích hợp để làm giảm độ cứng, tăng độ dẻo dai giúp cho quá trình gia công tiếp theo dễ dàng hơn và năng xuất cao hơn.

Ví dụ: Sau khi rèn, dập phôi thép bị cứng không thể cắt gọt được, ta tiến hành ủ hay thường hóa để giảm độ cứng, tăng độ dẻo. Do đó quá trình gia công tiếp theo dễ dàng hơn.

4.2. CÁC TỔ CHỨC ĐẠT ĐƯỢC KHI NUNG NÓNG VÀ LÀM NGUỘI THÉP

4.2.1. Cơ sở xác định chuyển biến khi nung nóng

Cơ sở để xác định chuyển biến khi nung nóng là giản đồ Fe-C, tùy theo thành phần cacbon và nhiệt độ nung nóng, trong thép xảy ra chuyển biến khác nhau. Trong tất cả các loại thép ở nhiệt độ thường đều có tổ chức peclit. Thép trước và sau cùng tích ngoài peclit còn có pherit và xêmentit thứ 2.

a. Thép cùng tích

- Khi nung nóng thấp hơn A_{c1} ($<727^0C$) trong thép chưa có chuyển biến gì.
- Khi nhiệt độ nung nóng đạt đến A_{c1} ($>727^0C$) sẽ có chuyển biến tổ chức peclit thành austenit theo phản ứng sau:

$$[Fe_\alpha + Fe_3C]_{0,8\%C} \rightarrow Fe_\gamma(C)_{0,8\%C}$$

- Khi nung nóng cao hơn A_{c1} một ít ta được tổ chức austenit đồng nhất.

b. Thép trước cùng tích

- Khi nhiệt độ nung nóng đạt đến A_{c1} sẽ có chuyển biến tổ chức peclit thành austenit theo phản ứng như trên
- Khi nung nóng từ A_{c1} đến A_{c3} sẽ có quá trình hòa tan của pherit vào austenit.
- Khi nung nóng cao hơn A_{c3} ta sẽ được tổ chức austenit đồng nhất.

c. Thép sau cùng tích

- Khi nhiệt độ nung nóng đạt đến A_{c1} có chuyển biến tổ chức peclit thành austenit
- Khi nung nóng từ A_{c1} đến A_{cm} sẽ có quá trình hòa tan xêmentit thứ 2 vào austenit.
- Khi nung nóng cao hơn A_{cm} ta sẽ được tổ chức austenit đồng nhất.

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

4.2.2. Đặc điểm chuyển biến peclit thành austenit

a. Nhiệt độ chuyển biến

Trên giản đồ Fe-C nhiệt độ chuyển biến peclit thành austenit là 727 ^0C, 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 ^0C. Tốc độ càng cao thì nhiệt độ chuyển biến càng cao. Khảo sát giản đồ chuyển

biến đẳng nhiệt peclit thành austenit của thép cùng tích ta thấy khi nhiệt nung càng cao thì thời gian chuyển biến càng ngắn.

Trong thực tế nhiệt luyện thép thường dùng cách nung nóng liên tục khi nung nóng với tốc độ V_1 nhiệt độ bắt đầu chuyển biến là a_1 và kết thúc là b_1. Nếu nung nóng tốc độ $V_2 > V_1$ thì nhiệt độ ban đầu và kết thúc chuyển biến là a_2 và b_2 thời gian chuyển biến cũng ngắn đi. Trong thực tế để hoàn thành chuyển biến khi theo quy định ta phải nung nóng cao hơn nhiệt độ tới hạn tương ứng từ 20 đến 30^0C, có khi hàng trăm độ C.

Kết luận: *Tốc độ nung nóng càng cao thì chuyển biến peclit thành austenit càng cao và thời gian càng ngắn.*

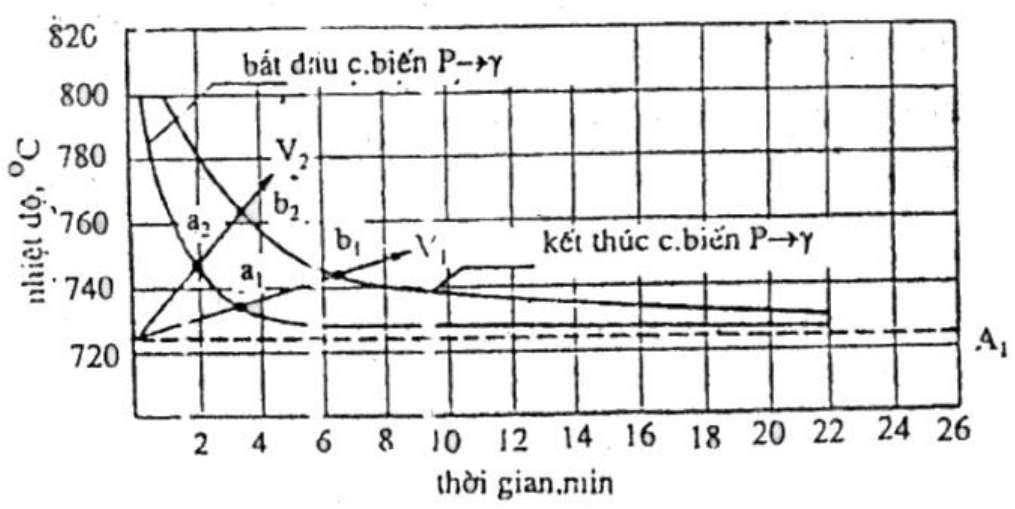
b. Kích thước hạt austenit

Trong thực tế không sử dụng thép ở trạng thái tổ chức austenit, nhưng kích thước của nó ảnh hưởng đến kích thước hạt thép ở nhiệt độ thường.

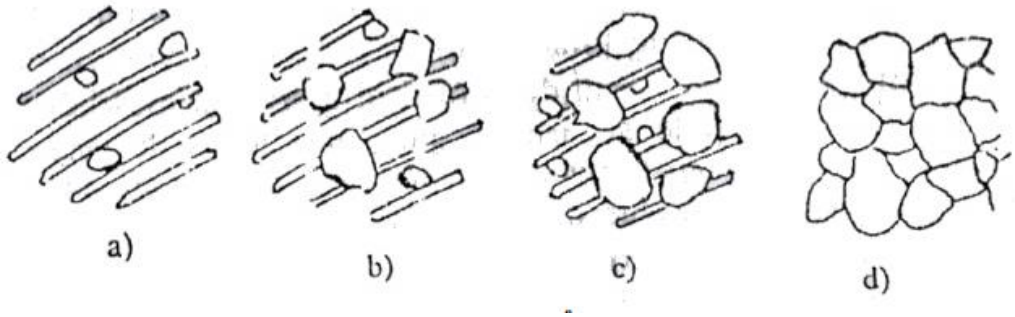
Chuyển biến peclit thành austenit là một quá trình kết tinh và khếch tán. Mầm austenit được tạo ra giữa biên giới hạt của pherit và xêmentit của tổ chức peclit. Biên giới hạt của hai pha này rất lớn nên số hạt tạo ra rất nhiều. Vì vậy hạt austenit mới sinh ra bao giờ cũng rất nhỏ và mịn. Do đó chuyển 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 khếch tán của các nguyên tử nơi giàu (vị trí xêmentit) sang nơi nghèo (vị trí của pherit) 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 độ chúng sẽ lớn lên ngay. Tùy theo đặc tính phát triển của hạt austenit khi nung nóng, thép được chia làm hai loại: Thép bản chất (thép di truyền) hạt nhỏ và thép bản chất hạt lớn.

Thép bản chất loại lớn là 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 khi làm nguội hạt thép to và có tính giòn cao.



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



Hình 4.3-Quá trình tạo mầm và phát triển mầm austenit từ peclit tấm

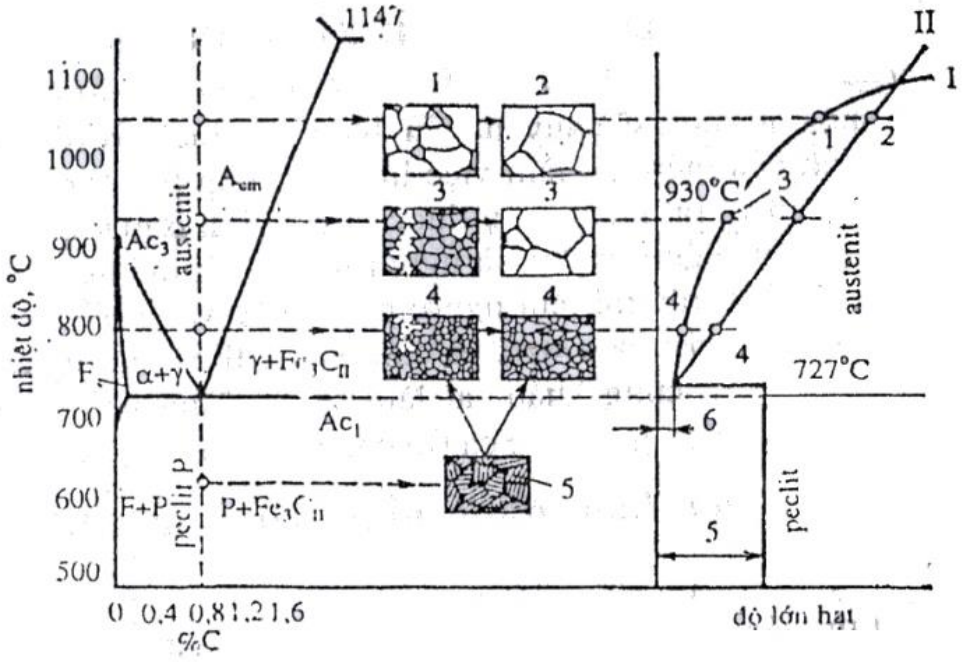
Thép bản chất hạt nhỏ có hạt austenit ban đầu phát triển chậm, chỉ khi vượt quá 930 ÷ 950^{0}C sẽ phát triển nhanh chóng và có thể lớn hơn thép hạt lớn. Do vậy trong các nhiệt luyện thông dụng (nhiệt độ < 930 ÷ 950^{0}C) với thép bản chất hạt nhỏ không sợ hạt lớn khi nung nóng. Thép bản chất hạt nhỏ khử oxy triệt để bằng nhôm và các hợp kim hóa bằng các nguyên tố cạc bít mạnh: Ti, V, Zr, W… sẽ tạo ra Al_2O_3, AlN… Các cácbít hợp kim khó tan, nhỏ, mịn, chúng nằm ở biên giới hạt cản trở sự xác nhập hạt austenit với nhau thành hạt lớn hơn.

4.2.3. Chuyển biến xảy ra khi giữ nhiệt

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

- Làm đồng đều nhiệt độ trên toàn tiết diện để cho lõi cũng có chuyển biến như bề mặt.
- Có thời gian hoàn thành chuyển biến khi nung nóng.
- Làm đồng đều thành phần hóa học (cacbon và hợp kim) của austenit.

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



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

1-Thép bản chất hạt nhỏ; 2- Thép bản chất hạt lớn; 3- Hạt bản chất

4-Hạt khi nung nóng; 5- Hạt peclit ban đầu; 6- Hạt austenit ban đầu

4.2.4. Chuyển biến của austenit khi nguội chậm

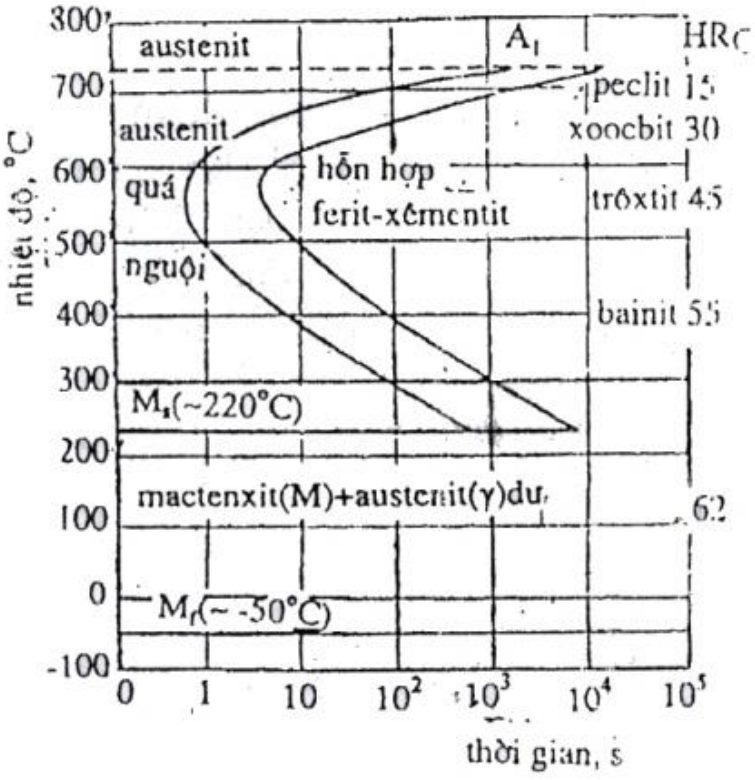
Sau khi đã nhận được austenit có hạt nhỏ, mịn theo yêu cầu, ta sẽ xem xét chuyển biến của chúng khi làm nguội. Quá trình này được phân ra làm 2 nhóm lớn: Làm nguội đẳng nhiệt và làm nguội liên tục. Để đơn giản ta nghiên cứu chuyển biến đẳng nhiệt trong thép cacbon cùng tích từ đó suy rộng ra cho các thép khác.

a. Giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội của thép cùng tích

Từ giản đồ pha Fe-C ta biết rằng khi làm nguội austenit sẽ chuyển biến thành peclit tại nhiệt độ 727^0C, 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 nhiệt độ Ar_1 một khoảng nhỏ, sau đó giữ đẳng nhiệt tại nhiệt độ này và đo thời gian bắt đầu và kết thúc chuyển biến austenit.

- ***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 (tranformation – temperrature – time) ta tiến hành đo trên thép cùng tích tại các nhiệt độ chuyển biến khác nhau, ghi lại thời gian bắt đầu và kết thúc ở từng nhiệt độ một. Cuối cùng đem biểu diễn lên trục tọa độ và thời gian sẽ có giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt austenit quá nguội của thép cùng tích. Giản đồ này có dạng chữ C, đường thứ 1 biểu thị sự bắt đầu, đường thứ 2 biểu thị sự kết thúc của chuyển biến của austenit thành peclit (còn gọi là giản đổ chữ C). Giản đồ này do hai nhà vật liệu học người Mỹ là E.C. Bain và A.I. Davenpo xây dựng năm 1930.



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

- ***Các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội*** ÷100^0C

Từ giản đồ "C" ta thấy rằng austenit khi làm nguội xuống dưới 727^0C nó chưa chuyển biến ngay mà còn tồn tại một thời gian nhất định trước khi chuyển biến, phân hóa được gọi là austenit quá nguội.

Austenit quá nguội không ổn định, dễ dàng phân hóa. Trên giản đổ chữ C được phân chia ra các khu vực sau:

- Ở trên 727^0C là khu vực tồn tại austenit ổn định.
- Bên trái đường cong chữ C thứ nhất là austenit quá nguội.
- Khoảng giữa hai đường cong chữ C là austenit chuyển biến.
- Bên phải đường cong chữ C là thứ hai là sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt của austenit quá nguội (hỗn hợp phetit và xêmentit với độ nhỏ mịn khác nhau).
- Dưới đường cong chữ C là mactenxít và austenit dư

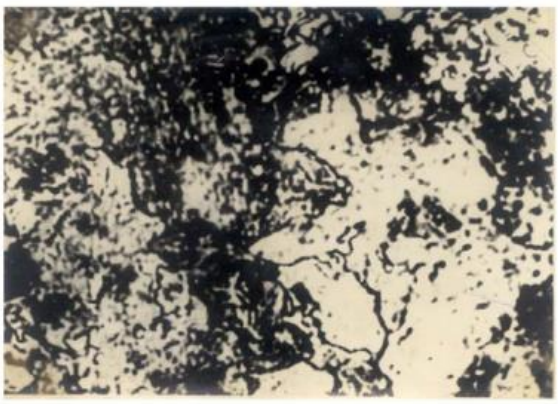
➢ ***Các sản phẩm phân hóa đẳng nhiệt***

Khi cho phân hóa ở sát A_1 (trên dưới 700^0C), với độ quá nguội nhỏ ΔT khoảng 25^0C. Hỗn hợp pherit – xêmentit tấm tạo thành với kích thước thô, to khoảng cách giữa các tấm khoảng 10^{-3}mm, độ cứng 10÷15HRC gọi là peclit tấm.

Khi austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn (khoảng 650^0C với độ quá nguội ΔT khoảng 75^0C), hỗn hợp pherit – xêmentit tấm tạo thành nhỏ mịn hơn, khoảng cách giữa các tấm khoảng 0.25 ÷ 0,3 μm độ cứng 25÷35HRC gọi là xoocbit tôi.

Hình 4.6 Tổ chức tế vi của xoocbit tôi

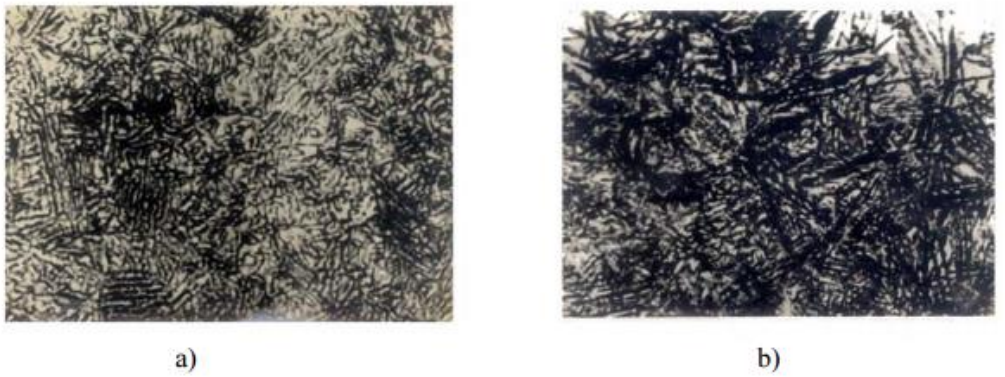
Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa (khoảng 500 ÷ 600^0C), ứng với mũi đường cong chữ C. Hỗn hợp pherit – xêmentit tấm tạo thành sẽ mịn hơn nữa và không phân biệt trên kính hiển vi quang học. Khoảng cách giữa các tấm khoảng 0.10 ÷ 0,15 μm, độ cứng cao hơn 40HRC gọi là troxtit tôi.



Hình 4.7 Tổ chức tế vi của trosbit tôi

Khi cho austenit phân hóa ở nhiệt độ thấp hơn nữa tức là nữa cuối của cong chữ C (khoảng 450 ÷ 250^{0}C). Hỗn hợp pherit – xêmentit tấm tạo thành rất nhỏ mịn có độ cứng khoảng 50 ÷55 HRC gọi là bainit. Tuy nhiên tổ chức bainit khác với tổ chức trên:

+ Lượng cacbon lớn hơn giới hạn bảo hòa một ít khoảng 0,10%C.
+ Các bít Fe ở đây không có công thức chính xác Fe_3C mà $Fe_{2,4-2}C$.
+ Ngoài hai pha trên còn một ít austenit dư và có ứng xuất bên trong.



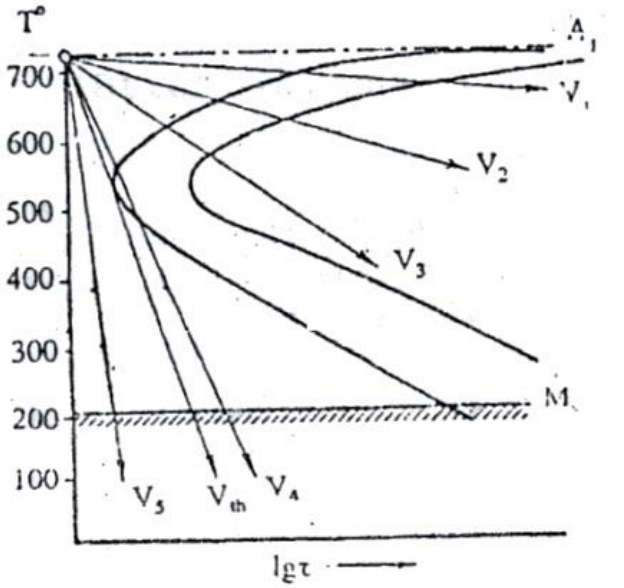
Hình 4.8 – Tổ chức tế vi của bainit trên (a) và bainit dưới (b)

Sau khi làm nguội đẳng nhiệt tổ chức nhận được đồng nhất trên toàn bộ tiết diện. Như vậy các tổ chức peclit tấm, xoocbit, trôxtit (cả bainit nữa) là hỗn hợp cơ học của pherit và xêmentit tấm với kích thước ngày càng nhỏ mịn hơn và độ cứng càng cao hơn.

4.2.5. Sự phân hóa của austenit khi làm nguội liên tục

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

a) Với 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 nhiệt độ đó.



Hình 4.9-Giản đồ của thép cùng tích và véctơ làm nguội khi làm nguội liên tục

- Làm nguội chậm cùng lò (V_1), véctơ nguội cắt đường cong chữ C ở sát A_1, sản phẩm là peclit tấm có 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 trôxit.
- Làm nguội trong dầu (V_4) véc tơ nguội chỉ cắt đường chữ C thứ nhất tại phần lồi, austenit chỉ chuyển biến một phần thành trôxtit, phần còn lại thành máctenxít nên sản phẩm là trôxtit – máctenxít.
- Làm nguội nhanh hơn nữa (trong nước lạnh ứng với V_5), véc tơ nguội không cắt chữ C nào cả, phần lớn austenit chuyển biến thành mactenxit. Không có hỗn hợp pherit – xêmentit.

b) Tổ chức nhận được không đồng nhất trên toàn tiết diện, nhất là tiết diện lớn, vì bề mặt làm 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 troxtit và mactenit.

4.2.6. Giản đồ chữ C của thép khác cùng tích

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

a-Thép trước cùng tích:

Có thêm nhánh phụ tiết ra pherit trước khoảng nhiệt độ Ar_3 đến Ar_1 sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp pherit và xêmentit.

b-Thép sau cùng tích:

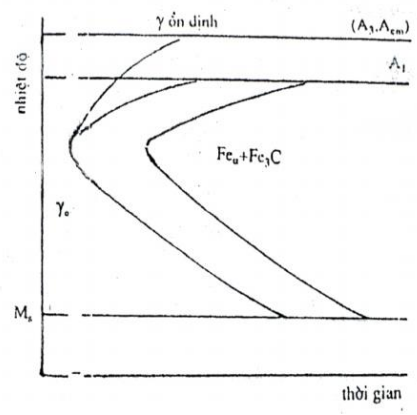
Có thêm nhánh phụ tiết ra xêmentit hai trước trong khoảng Ar_{cm} đến Ar_1 sau đó mới phân hóa thành hỗn hợp pherit và xêmentit.

Tuy nhiên đối với các loại thép này nếu làm nguội đẳng nhiệt với tốc độ quá nguội lớn hay tốc độ nguội nhanh thì austenit quá nguội của chúng sẽ phân hóa thành peclit, xoocbit, troxtit và bainit nhưng lượng cacbon không đúng 0,08%C. Các sản phẩm đó gọi là cùng tích giả.

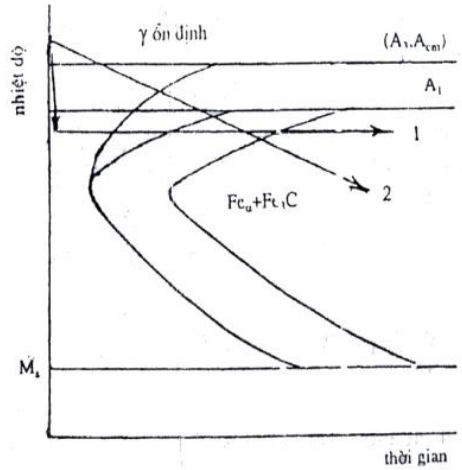
4.2.7. Chuyển biến khi làm nguội nhanh (chuyển biến mactenxit).

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 khếch tán của cacbon. Đó là chuyển biến austenit thành mactenxit. Chuyển biến này xảy ra ở nhiệt độ thấp, khoảng 250^0C trở xuống. Tốc độ nguội nhỏ nhất để chuyển biến này xảy ra là tốc độ ứng với véctơ tiếp xúc với đường cong chữ C thứ nhất tại mũi của nó. Tốc độ nguội này gọi là tốc độ nguội tới hạn V_{th} (còn gọi là tốc độ nguội tới hạn).

Như vậy khi làm nguội ausrenit với tốc độ lớn hơn tốc độ nguội tới hạn sẽ nhận được mactenxit chứ hông phải hỗn hợp pherit – xementit.



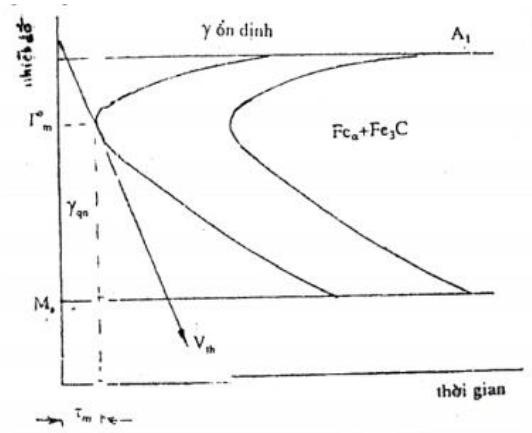
Hình 4.10 Dạng tổng quát giản đồ T-T-T của thép khác cùng tích



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

4.2.8. Bản chất và cấu trúc của mactenxit

Máctenxit là dung dịch rắn xen kẻ bảo hòa của cacbon trong Fe_α có nồng độ cacbon bằng nồng độ của austenit ban đầu.

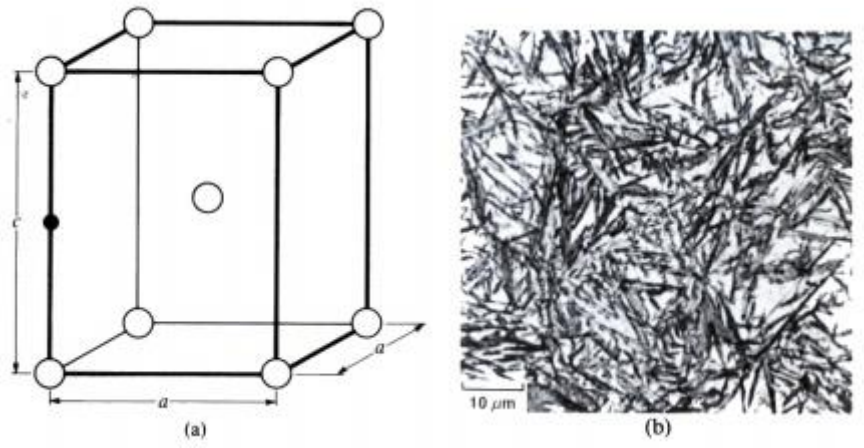


Hình 4.12-Giản đồ T-T-T và tốc độ tôi giới hạn

Khi làm nguội nhanh thì cácbon trong austenit không kịp khếch tán để tạo thành xêmemtit, lúc đạt nhiệt độ tương đối thấp chỉ có sự chuyển mạng từ Fe_α sang Fe_γ. Lượng cacbon trong hai tổ chức này bằng nhau.

$$Fe_\gamma(C) \rightarrow Fe_\alpha(C)$$

4.2.9 Cấu trúc của mactexit



Hình 4.13- Cấu trúc của mactenxit

(a)-Mô hình khối cơ sở (-C); (b) -Ảnh tổ chức tế vi

- Máctenxít có kiểu mạng chính phương tâm khối với hai thông số mạng là a và c. Tỷ số a/c là độ chính phương: a/c = 1,001 – 1,06.

- Máctenxit có dạng hình kim một đầu nhọn, các kim này tạo với nhau một góc 120^0 hay 60^0.

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

4.2.9. Tính chất của mactenxit

- Do hàm lượng cacbon quá bảo hòa nên gây ra xô lệch mạng lớn do vậy có độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn. hàm lượng cacbon càng lớn thì độ cứng càng cao.

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

4.2.10. Đặc điểm chuyển biến của mactenxit

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

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

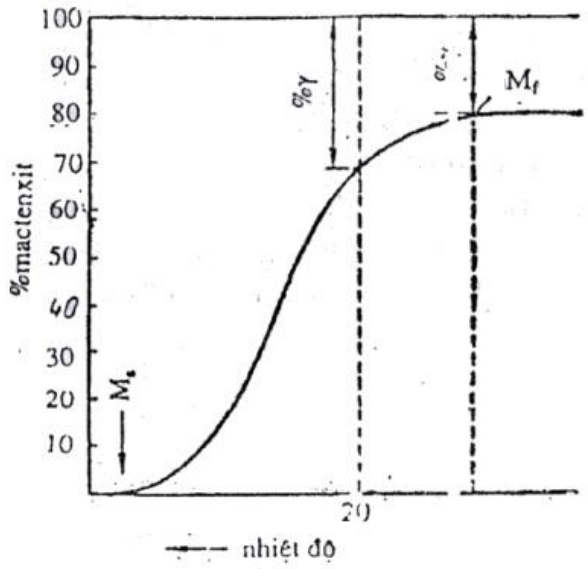
c-Là quá trình tạo ra không ngừng các tinh thể mới với tốc độ rất lớn (1000 ÷ 7000m/s).

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

e-Chuyển biến xảy ra không hoàn toàn: Khi làm nguội gần đến điểm M_k lượng mactenxit sinh ra càng nhiều, nhưng không bao giờ đạt được 100% mà vẫn còn một lượng nhất định austenit chưa chuyển biến

gọi là austenit dư. Nguyên nhân của hiện tượng này là do khác nhau về thể tích riêng của chúng. Thể tích riêng của $V_M > V_\gamma$ vì thế khi 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 20^0C thì lượng dư austenit càng nhiều, đây là yếu tố quan trọng nhất. Các yếu tố làm giảm M_k đều làm tăng lượng austenit dư trong thép sau khi tôi.
- Lượng cacbon trong mactenxit càng nhiều thì 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

4.2.11. Các chuyển biến xảy ra khi nung nóng thép đã tôi (khi ram)

a. Tính không ổn định của mactenxit và austenit

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

Theo giản đồ pha Fe – C từ nhiệt độ 727^0C đến nhiệt độ thường tổ chức ổn định của thép là pherit và xêmentit (peclit). Vì vậy mactenxit và austenit dư là các pha không ổn định, chúng luôn có xu hướng phân hóa thành hỗn hợp trên.

Mactenxit không ổn định do quá bảo hòa cacbon, do vậy sẽ tiết bớt ra dưới dạng xêmentit và phần còn lại sẽ mất hết cacbon trở thành pherit:

$$Fe_\alpha(C) \rightarrow Fe_3C + Fe_\alpha$$

Austenit không tồn tại ở < 727^0C nên có khuynh hướng phân hóa thành hỗn hợp pherit và xêmentit

$$Fe_\gamma(C) \rightarrow Fe_3C + Fe_\alpha$$

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

$$\frac{Mactenit}{Autennit\ dư} \rightarrow \text{Máctenxít ram} \rightarrow [\text{pherit + xêmentit}]$$

Hình 4.15- Tổ chức tế vi của mactenxít và autenit dư

b. Các quá trình chuyển biến xảy ra khi ram

Ta xét quá trình nung nóng thép cùng tích (0,08%C) từ đó suy rộng cho các loại thép khác.

1- Giai đoạn I (< 200^{0}C)

Khi nung nhỏ hơn 80^{0}C chưa có gì xảy ra, các tổ chức vẫn là mactenxít và austenit dư.

- Từ 80÷200^{0}C: Austenit dư chưa chuyển biến. Lúc này mactenxit có sự tập trung cacbon lại và tiết ra dưới dạng cac bít ε có công thức Fe_xC (x từ 2,0 – 2,4) ở dạng tấm mỏng và rất phân tán. Lượng cacbon trong trong mactenxit giảm 0,8% xuống còn 0,25% ÷ 0,4% và tỉ số c/a giảm đi. Các bit ε và máctenxit nghèo cacbon gọi là mactenxit ram.

$$Fe_\alpha(C)_{0,8} \rightarrow [\ Fe_\alpha C_{0,25\div0,4} + Fe_{2,0\div2,4}C]$$

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

2- Giai đoạn II (200÷260^{0}C)

Trong giai đoạn này cacbon vẫn tiếp tục tiết ra khỏi máctenxit làm cho dung dịch rắn chỉ còn 0,15 ÷ 0,2%C. Bên cạnh đó quá trình austenit dư chuyển biến thành mactenit ram

$$Fe_\gamma(C)_{0,8} \rightarrow [\ Fe_\alpha C_{0,15\div0,2} + Fe_{2\div2,4}C]$$

Cuối giai đoạn này tổ chức thép là máctenxit ram.

Hình 4.16- Tổ chức tế vi của mactenxít ram

3- Giai đoạn III (260÷400^{0}C)

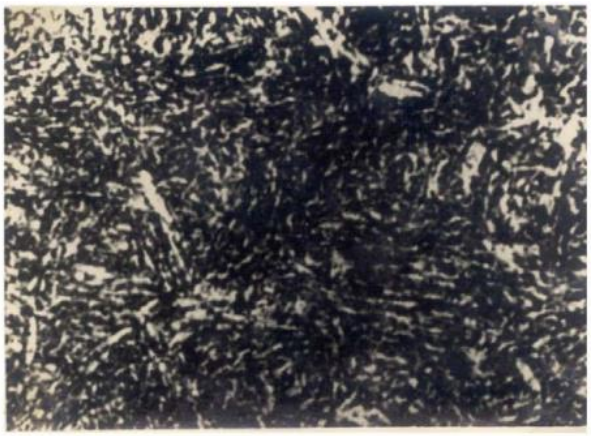
Trong giai đoạn này cả hai pha của mactenxít ram đều chuyển biến:

- Tất cả cacbon bảo hoà được tiết ra khỏi máctenxít, độ chính phương c/a = 1 và máctenxít nghèo cacbon trở thành pherit.
- Các bít ε ở dạng tấm mỏng biến thành xêmentit dạng hạt. Sơ đồ hai quá trình này như sau:

$$Fe_{\alpha}(C)_{0,15\div0,2} \rightarrow Fe_{\alpha} + Fe_3C \text{ hạt}$$

$$Fe_{2\div2,4}C \rightarrow Fe_3C \text{ hạt}$$

Cuối giai đoạn này tổ chức của thép tôi là hỗn hợp pherit và xêmentít ở dạng hạt rất nhỏ mịn không nhìn thấy dưới kính hiển vi quang học gọi là troxtit ram.



Hình 4.17- Tổ chức tế vi của troxtit ram

4- Giai đoạn IV (>400^{0}C):

Tiếp tục nung nóng cao hơn 400^{0}C trong thép tôi không có chuyển biến pha gì mới mà chỉ có quá trình lớn lên của hạt xêmentit.

Ở nhiết độ 500 ÷ 600^{0}C tổ chức 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 nóng lên gần A_1 (727^{0}C) lúc này hạt xêmentit đã khá lớn có thể nhìn thấy được bằng kính hiển vi quang học, hỗn hợp đó gọi là peclit hạt.

4.3. Ủ THÉP

4.3.1. Định nghĩa

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

4.3.2. 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 khữ bỏ hoàn toàn ứng xuất bên trong khi gia công cắt và biến dạng.

d) Làm đồng đều thành phần hoá học vật đúc bị thiên tích.

e) Làm nhỏ hạt thép.

4.3.2. Các phương pháp ủ

a. Ủ thấp (ủ non)

Là phương pháp ủ tiến hành nhiệt độ từ 200 – 600^0C mục đích là làm giảm hay khử bỏ ứng xuất bên trong ở vật đúc hay gia công cơ khí (cắt, gọt, dập, nguội). Nếu nhiệt độ ủ 200 ÷ 300^0C sẽ khử bỏ một phần ứng xuất bên trong (làm giảm bớt). Nếu nhiệt độ ủ 450 ÷ 600^0C sẽ khử bỏ hoàn toàn ứng xuất bên trong.

Công dụng: Dùng cho các vật đúc lớn như thân máy cắt gọt, xắc 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 hoá.

b. Ủ kết tinh lại

Là phương pháp ủ tiến hành ở nhiệt độ kết tinh lại (với thép cacbon nhiệt độ ủ là 600 ÷ 700^0C). Phương pháp này làm giảm độ cứng và làm thay đổi kích thước hạt.

Công dụng: Dùng cho thép có biến dạng nguội, bị biến cứng để khôi phục lại cơ tính 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 mục đích này người ta dùng 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 Ac_3. Nhiệt độ ủ được tính theo công thức:

$T_ủ = Ac_3 + (30 \div 50^0C)$

Mục đích của ủ hoàn toàn là:

- Làm nhỏ hạt thép: Do nung cao hơn Ac_3 từ 30 ÷ 50^0C nên hạt austenit vẫn còn nhỏ do đó khi làm nguội sẽ nhận được tổ chức pherit – peclit có hạt nhỏ.

- Làm giảm độ cứng, làm tăng độ dẻo để dập nguội và cắt gọt.

Công dụng: Làm cho thép trước cùng tích với lượng cacbon từ 0,3 ÷ 0,65%. Sau khi ủ hoàn toàn ta nhận được tổ chức pherit - péclit, trong đó péclít ở dạng tấm.

d. Ủ không hoàn toàn

Là phương pháp ủ nung nóng thép đến nhiệt độ cao hơn Ac_1 và nhỏ hơn Ac_{cm} tức là trạng không hoàn toàn là austenit. Nhiệt độ ủ tính theo công thức:

$T_ủ = Ac_1 + (30 \div 50°C)$

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 xêmentit của peclit chưa chuyển biến hết hay các phần tử xêmentit hai nên dễ dàng tạo ra peclit hạt.

Công dụng: Dùng cho thép có hàm lượng các bon > 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 ÷ 760°C giữ nhiệt khoảng năm phút, sau đó làm nguội xuống 650 ÷ 660°C giữ nhiệt khoảng năm phút... Cứ lập đi lập lại như vậy nhiều lần tạo ra quá trình cầu hóa xêmentit 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, khoảng 50°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÷1150°C với thời gian giữ nhiệt rất dài từ 10 ÷ 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.

4.4. 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.

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

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:

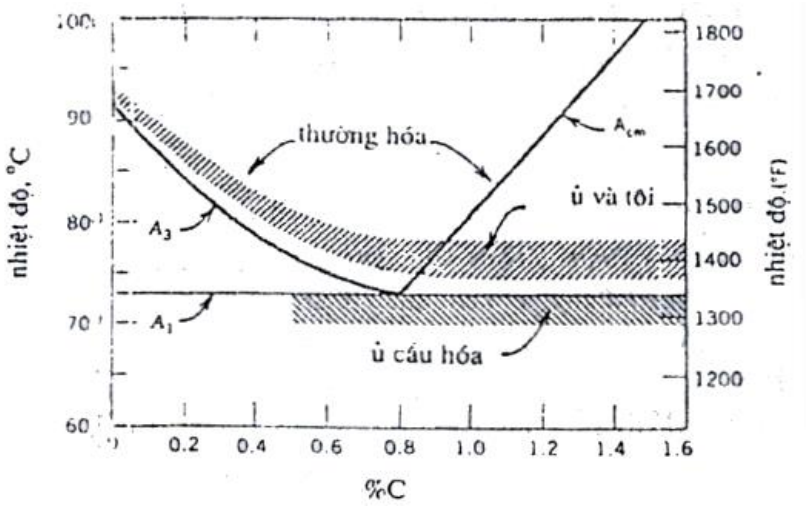
-Đạt được độ cứng thích hợp để gia công cắt cho thép các bon thấp < 0,25% C. Với thép này nếu ủ độ cứng quá thấp phoi sẽ rất dẻo khó gãy, khó cắt gọt.

-Làm nhỏ xêmentit 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 xêmentit 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.

4.5. TÔI THÉP

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



Hình 4.19 -Khoảng nhiệt đô ủ, thường hoá và tôi cho thép cac bon

4.5.1. Định nghĩa và mục đích

- ***Định nghĩa***

Tôi thép là phương pháp nhiệt luyện gồm có: Nung nóng thép đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn (>A_{C1}) làm xuất hiện tổ chức austenit, giữ nhiệt rồi làm nguội nhanh lớn hơn tốc độ nguội tới hạn để nhận được tổ chức không cân bằng có độ cứng cao.

- ***Mục đích:***

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

4.5.2. Phương pháp chọn nhiệt độ tôi thép

a. Đối với thép trước cùng tích

$$T_{tôi} = Ac_3 + (30 \div 50°C)$$

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 Ac_3 thì tại nhiệt độ nung ta nhận được tổ chức là austenit và pherít 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.

b. Đối với thép sau cùng tích

$$T_{tôi} = Ac_1 + (30 \div 50°C)$$

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

Nếu nung cao hơn Ac_{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 II. 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.

c. Đối với thép cùng tích

Dùng công thức nào cũng được vì Ac_1, Ac_3 và Ac_{cm} trùng nhau tại S trên giản đồ pha Fe-C.

d. 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 ÷ 20°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.

4.5.3. Tốc độ tôi tới hạn và độ thấm tôi

Tốc độ tôi tới hạn:

a. Định nghĩa:

Tốc độ tôi tới 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:

$$Vth = \frac{(A1 - T0m)}{tm} \ {}^0C/S$$

Trong đó: -A_l là nhiệt tới hạn dưới (A_{rl}) ^0C

-T^0m, tm là nhiệt độ và thời gian ứng với austenit quá nguội kém ổn định nhất

Tốc độ tôi tới 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 tới hạn

Mọi yếu tố làm tăng hay giảm tính ổn định của austenit quá nguội đều ảnh hưởng đến tốc độ tôi tới 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 côban) đều làm giảm tốc độ tôi tới hạn.

-Sự đồng nhất của austenit: Austenít càng đồng nhất thì càng dễ biến thành máctenxit vì cùng là dung dịch rắn, nên làm giảm tốc độ tôi tới 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.

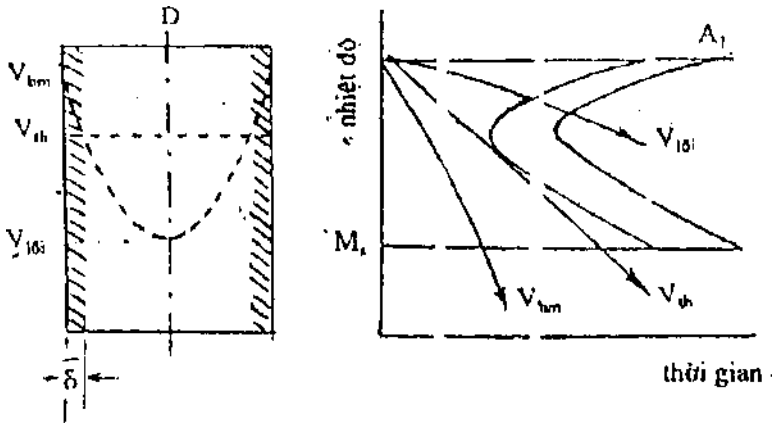
-Các phần tử rắn chưa tan hết vào austenit sẽ thúc đẩy quá trình tạo ra pherit - các bit do vậy làm tăng tốc độ tôi tới hạn.

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

4.5.4. 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 parabôn. Vì vậy chỉ lớp bề mặt với chiều dày δ có tốc độ nguội > V_{th} mới có tổ chức máctenxit và độ cứng cao. Đó chính là độ thấm tôi.



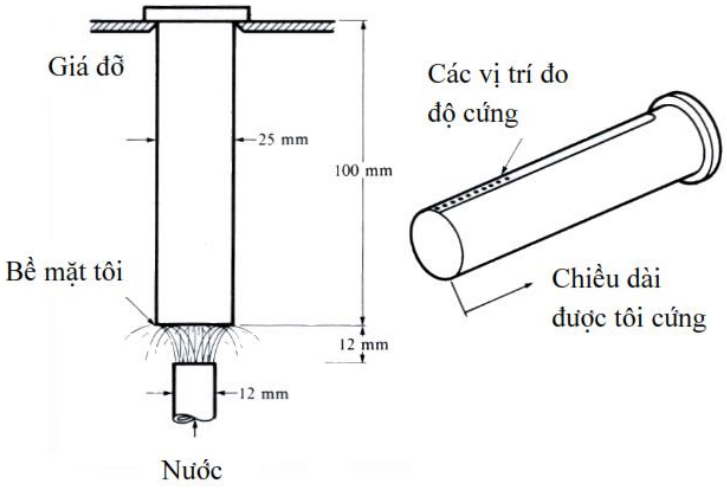
Hình 4.20 -Sơ đồ giải thích độ thấm tôi

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 ≥ 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 đầu mút.



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

4.5.5. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng

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 ÷ 600°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.

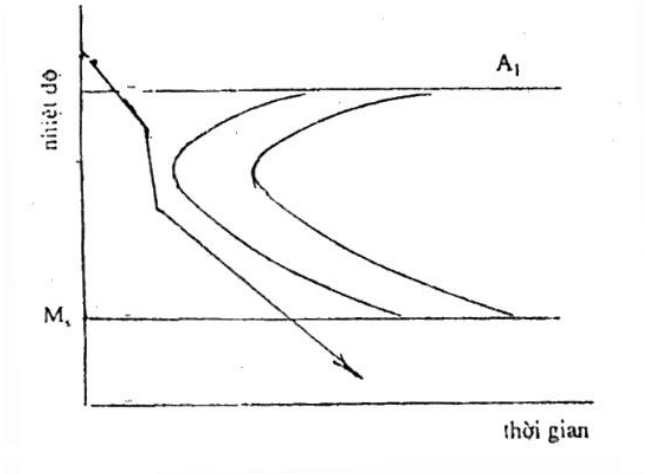
-Có độ linh động cao, dẫn nhiệt tốt, tính bám dính vào bề mặt lớn và rẻ tiền.

b. Các môi trường tôi thường dùng

-Nước: Là môi trường tôi mạnh, an toàn, dễ kiếm và rẻ tiền. Nước ở nhiệt độ 20 ÷ 30° C 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 ÷ 50°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 ÷ 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 máctenxit 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 luyn: 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 tỏi hạn lớn. Khi nóng lên tốc độ nguội của dầu không bị giảm nhiều, do vậy thường tôi trong dầu nóng khoảng 60 ÷ 80°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 °C/s để tôi các thép hợp kim.

4.5.6. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng

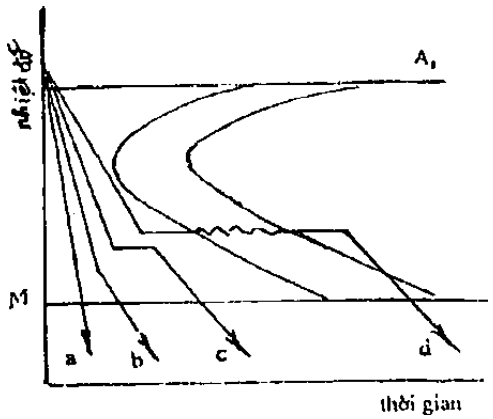
a. Tôi trong một môi trường (đường a)

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 ÷400°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 mactenxit 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 $M_đ$ 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 phấn hóa hoàn toàn thành hỗn hợp phe rit và xêmentit 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 như giữ tại 250 ÷ 400°C nhận được bainit, tại 500 ÷ 600°C được trôstit. 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 ngòai 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..)

f. Gia công lạnh

Với nhiều thép dụng cụ hợp kim do lượng các bon cao và được hợp kim hóa nên các điểm $M_đ$ 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 như dụng cụ đo.

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

-Tăng từ tính cho nam châm vĩnh cửu.

4.6. CƠ NHIỆT LUYỆN THÉP

4.6.1. 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 ÷ 200°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 ÷ 20%, độ dẻo, độ dai tăng từ 1,5 ÷ 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.

4.6.2. Cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao

Tiến hành biến dạng dẻo thép ở nhiệt độ cao hơn Ac_3, 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 Ɛ =20 ÷ 30%.

-Đạt được độ bền khá cao σ_b = 2.200 ÷ 2.400MPa, độ dẻo độ dai tương đối tốt δ = 6 ÷ 8%, a_k = 300Kj/m^2.

4.6.3. Cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp

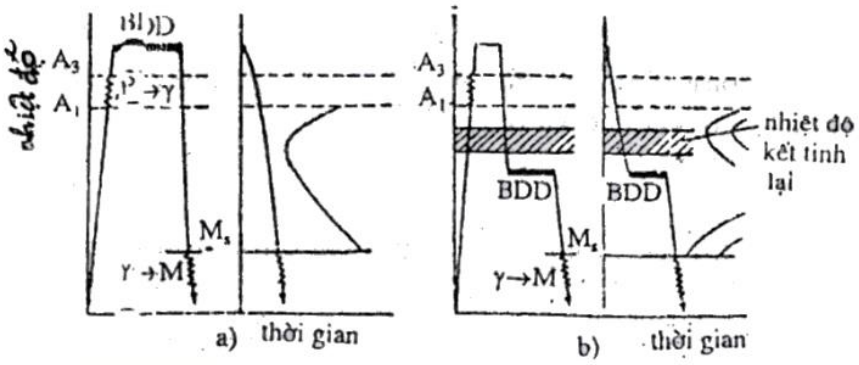
Sau khi nung đến cao hơn Ac_3 đạt được austenit đồng nhất làm nguội nhanh xuống 400 ÷ 600°C. Tại nhiệt độ này tính ổn định của austenit quá nguội khá cao nhưng nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh lại, tiến hành biến dạng dẻo, tôi ngay và ram thấp. Đặc điểm cơ nhiệt luyện nhiệt độ thấp:

-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 Ɛ = 50 ÷ 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 ÷ 600°C.

-Đạt được độ bền rất cao σ_b = 2.600 ÷ 2.800 MPa nhưng độ dẻo độ dai thấp hơn cơ nhiệt luyện nhiệt độ cao, δ = 3%, ak = 200Kj/m2.

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)

4.7. RAM THÉP

4.7.1. Định nghĩa

Ram là thao phương pháp nhiệt luyện gồm có nung nóng thép đã tôi đến nhiệt độ thấp hơn Ac_1 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.

4.7.2. 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.

4.7.3. 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.

- ***Ram thấp (150 ÷ 250°C)***

Nhiệt độ ram từ 150 ÷ 250°C tổ chức nhận được là mactenxit 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.

- ***Ram trung bình (300 ÷ 450°C)***

Nhiệt độ ram từ 300 ÷ 450°C, tổ chức nhân được là trôstit 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 ...

- ***Ram cao (500 ÷ 650°C)***

Nhiệt độ ram từ 500 ÷ 650°C, tổ chức nhận được là xoocbit 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.

4.8. 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.

4.8.1 Biến dạng và nứt:

a. 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.

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

4.8.2. Ôxy hóa và thoát các bon:

Ôxy hóa là hiện tượng ở nhiệt độ cao ôxy tác dụng với sắt tạo ra các vảy ôxyt, 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.

a. 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.

b. 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, H_20/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 ($Na_2B_40_7$) 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.

4.8.3. 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.

a. 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.

b. ***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.

4.8.4. Tính giòn cao

Là hiện tương sau khi tôi thép có tính giòn 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

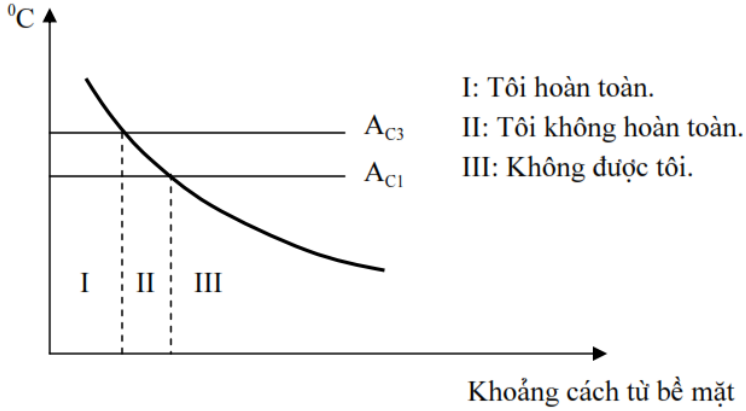
Bề mặt chi tiết máy là bộ phận có yêu cầu cao nhất và quan trọng nhất vì chúng chịu tác dụng của ứng suất lớn nhất, chịu mài mòn khi tiếp xúc do ma sát, bị ăn mòn trong môi trường làm việc. Vì vậy việc hóa bền bề mặt chi tiết là yêu cầu không thể thiếu được đối với sản phẩm. Có nhiều phương pháp hóa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

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

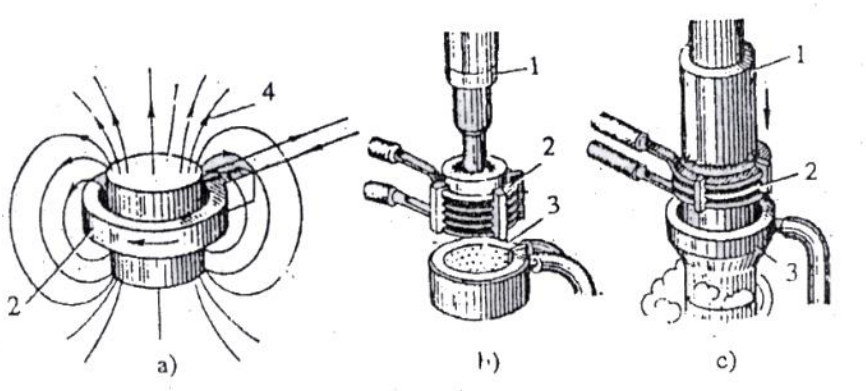
5.1.1. Tôi bề mặt bằng dòng điện cảm ứng có tần số cao (tôi cao tần, tôi cảm ứng)

a. 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:

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

Trong đó: ρ là điện trở xuất (Ω.cm); μ là độ từ thẩm (gaus/ơcstec) -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.

b. 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÷5mm) ta dùng máy phát điện tần số cao với tần số từ 2.500 đến 8.000 Hz, có công suất lớn, thường là từ 100 KW trở lên. Với các chi tiết nhỏ cần lớp tôi mỏng (1 ÷ 2mm) ta dùng các thiết bị phát dòng điện có tần số rất cao từ 66.000 đến 250.000 Hz, có công suất dưới 100KW, thường từ 50÷60KW. 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.

c. Cấu tạo vòng cảm ứng và các phương pháp tôi

1-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 các giữa vòng cảm ứng với bề mặt chi tiết từ 1,5 ÷ 5 mm, khe hở này càng nhỏ càng đỡ tổn hao công suất nung nóng.

2-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 vdi bề mặt bên trong (sơ mi xy lanh...). Đi kề 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 vỏi bề mặt đó. Đi sau vòng cảm ứng là thiết bị làm nguội. Dùng tôi bề mặt đầu thanh ray, băng máy nhỏ ... -Tôi tuần tự từng phần riên 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 kề 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.

5.1.2. 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 ÷ 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 °C/s (lò nhiệt luyện tốc độ 1,5 ÷ 3°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 ÷ 200°C.

$$T_{\text{tôicảmứng}} = T_{\text{tôi thể tích}} + (100 \div 200\ ^0C)$$

-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 ÷ 58HRC chống mài mòn khá tốt, trong lõi độ cứng 30 ÷40 HRC 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 800 MPa nâng cao mạnh giới hạn mỏi.

5.1.3. 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 nhả 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 tạo ra các nguyên tố siêu sạch.

+ Nung nóng để gia công áp lực như cán, ép...

+ Hàn các ống, dán nylon, chất dẻo...

5.1.4. 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 10 mm 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 như 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

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.

5.2.2. Mục đích

-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.

5.3.3. 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 hưdng 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.

- ***Các yếu tố ảnh hưởng:***

Nhiệt độ và thời gian ảnh hưởng rất lớn đến khuếch tán và chiều dày lớp thẩm.

-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.

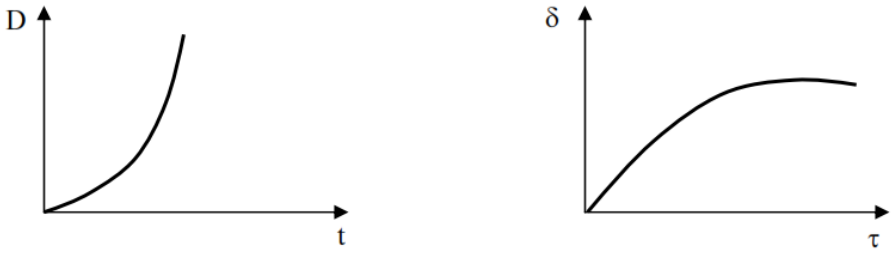
Mối quan hệ như sau:

$$D = A.e^{-(Q/KT)}$$

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:

$\delta = k.t^{1/2}$ (k là hệ số phụ thuộc nhiệt độ, t là thời gian)



Hình 5.3 - Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian đến chiều dày lớp thấm.

5.4. THẤM CÁC BON

5.4.1. Định nghĩa

Thấm các bon là phương pháp làm bão hòa các bon vào bề mặt thép các bon thấp (%C< 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 ÷ 64 HRC tính chống mài mòn cao, chịu mỏi tốt, còn trong lõi bền, dẻo dai với độ cứng 30÷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 ÷1,00% là phù hợp nhất, còn trong lõi có hạt nhỏ mịn, không có pherit 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).

5.4.2. Thấm các bon thể rắn

a. Chất thấm

Gồm có than gỗ được xay nhỏ đến cỡ 3÷5 mm chiếm 85÷90%, chất xúc tác ($BaC0_3$, Na_2C0_3, K_2C0_3...) vỏi tỷ lệ 10÷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 bảo hòa lượng các bon cao nhất có thể được. Với thép bản chất hạt lớn nhiệt độ thấm từ 900 ÷ 920°C thép bản chất hạt nhỏ nhiệt độ thấm đến 950°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 ÷2,2 mm; chi tiết bé 0,8 ÷ 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 cứ 0,20 mm thời gian giữ nhiệt 1 h.

c. Các quá trình xảy ra

-Than gỗ cháy thiếu ô xy: $2C + O_2 = 2CO$

-Khí CO chuyển động gặp bề mặt thép và do tác dụng của xúc tác bị phân hủy:

$2CO \longrightarrow C0_2 + C_{nguyêntử}$

Ở nhiệt độ cao chất xúc tác bị phân hủy:

$BaCO_3 \longrightarrow BaO + CO_2$

$CO_2 + C_{than} = 2\ CO$ và tiếp diễn quá trình trên.

-Làm nguội sau khi thấm sẽ tạo lại xúc tác:

$BaO + CO_2 = BaCO_3$

Các bon nguyên tử có tính hoạt động cao sẽ khuếch tán vào bề mặt thép theo cơ chế sau:

$C_{nguyêntử} + Fe_\gamma = Fe_\gamma(C)$

$C_{nguyêntử} + Fe = Fe_3C$

d. Nhiệt luyện sau khi thấm

Sau khi thấm hàm lượng các bon trên lớp bề mặt đạt 0,80 ÷ 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 ÷ 880°C, với mục đích làm nhỏ hạt thép và phá lưới xêmentit hai trên bề mặt. Tôi lần thứ hai ở nhiệt độ 760 ÷ 780°C tạo cho bề mặt có độ cứng cao nhất. Ram thấp với nhiệt độ 150 ÷ 180°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 ÷ 780°C và tôi ngay, sau đó tiến hành ram thấp 150 ÷ 180°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.

5.4.3. Thấm các bon thể khí

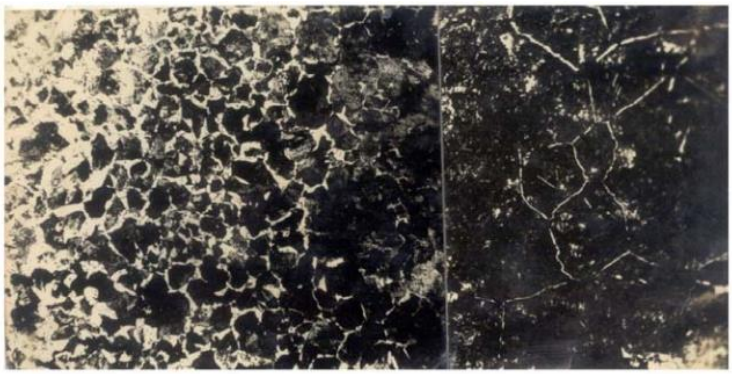
Thấm các bon thể khí là phương pháp hiện đại và có nhiều ưu việt nhất, ngày nay được áp dụng rộng rãi trong sản xuất cơ khí.

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 ÷ 5% (do mêtan tác dụng thấm rất mạnh) còn lại là CO (đến 95%). Tại nhiệt độ nung xảy ra quá trình sau:

$$CH_4 \rightarrow 2H_2 + C_{nguyêntử}.$$

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 ldn), điều kiện lao động tốt. Tuy nhiên thiết bị giá thành cao.



Hình 5.4 – Tổ chức tế vi lớp thấm các bon

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.

5.5. THẤM NI TƠ

5.5.1. Định nghĩa

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)

a. 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 amôniắc, nhiệt độ thấm khoảng 480 ÷ 650°C.

Phản ứng như sau:

$2NH_3 \rightarrow 3H_2 + 2N_{\text{nguyên tử}}$

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 Ɛ là dung dịch rắn trên cơ sở là pha xen kẽ Fe_2N.

-Pha ɣ là dung dịch răn trên cơ sở pha xen kẽ Fe_4N.

-Pha α fe rit ni tơ (dung dịch rắn của nitơ trong Feα).

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.

b. Đặc điểm thấm ni tơ

-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 xoocbit ram.

-Lớp thấm cứng hơn và giữ được ở nhiệt độ đến 500°C và cao hơn.

c. Công dụng

Thấm ni tơ 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 ni tơ cũng làm tăng đáng kể giới hạn mỏi.

5.6. THẤM CÁC BON - NITƠ (THẤM XYANUA)

5.6.1. Định nghĩa

Thấm các bon ni tơ là phương pháp hóa nhiệt luyện làm bão hòa đồng thời các bon và ni tơ 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 ni tơ)

Nếu tiến hành thẩm dưới 560°C thì các bon khuếch tán yếu nên lớp thấm chủ yêú là nitơ do vậy gần với thấm nitơ 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.

5.6.2. Thấm các bon ni tơ 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 K4Fe(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°C. Tổ chức lớp thấm ngoài các bon cao ra còn có pha cácbon - 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÷ 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 là thấm ở nhiệt độ thấp và ở nhiệt độ cao***

-Thấm ở nhiệt độ thấp: Tiến hành ở nhiệt độ 540 ÷ 560°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 nhiêm độc khoảng l mg là đủ gây tử vong)

-Thấm ở nhiệt độ cao: Tiến hành ổ nhiệt độ 820 ÷ 860°C trong các muối có thành phần tương tự trên. Sau khi thấm phải tôi và ram thấp.

Công dụng là 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, nitrar - thấm N, feram - Fe) để tăng độ cứng và tính chống mài mòn cho trục khủy, bánh răng, khuôn dập, khuôn kéo...

5.7. 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 như khuôn rèn, tua bin phản lực, ghi lò, gầu rót thép gang...

CHƯƠNG 6: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP

6.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THÉP

6.1.2 Khái niệm

Thép các bon là hợp kim của sắt và cácbon với hàm lượng các bon nhỏ hơn 2,14%. Ngoài ra trong thép luôn chứa một lượng nhỏ các nguyên tố Mn, Si, P, S. Với bất kỳ loại thép các bon nào ngoài sắt ra cũng có chứa C < 2,14%; Mn < 0,80%; Si <0,40%; P và S < 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 ôxy, hydrô, nitơ. Nhưng do số lượng của chúng quá ít, ảnh hưởng không đáng kể đến tính chất nên ta thường không quan tâm đến.

6.1.2 Thành phần hoá học và tác dụng

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

- Nếu hàm lượng các bon < 0,80% tổ chức là pherit và péclit
- Nếu hàm lượng các bon = 0,80% tổ chức là peclit.
- Nếu hàm lượng các bon > 0,80% tổ chức peclit và xêmentit thứ hai.

Mặt khác khi hàm lượng các bon tăng lên thì lượng xêmentit tăng lên, cản trở mạnh quá trình trượt của pherit 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 dòn, độ bền giảm đi (hình 6.1)

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

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

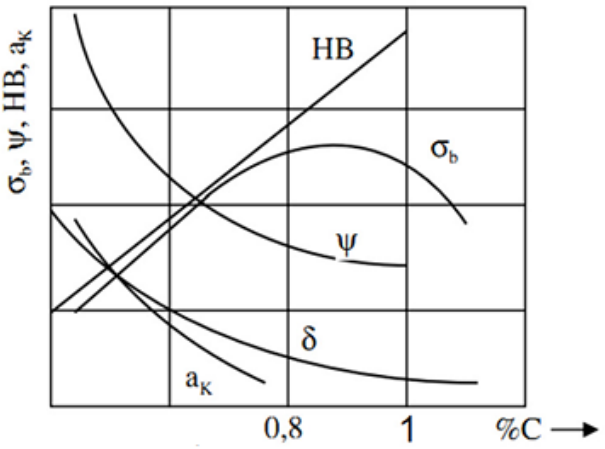
$$Mn + FeO \rightarrow Fe + MnO$$

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

c. Silic: Được cho vào thép dưới dạng pherô silíc để khử ôxy loại bỏ tác hại của FeO trong thép lỏng.

$$Si + FeO \rightarrow Fe + SiO_2$$

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



Hình 6.1 -Ảnh hưởng của cacbon đến cơ tính của thép

d. **Phốt pho:** Phốt pho có khả năng hoà tan vào pherit khá lớn (đến 1,20% trong Fe - C nguyên chất) và giảm đột ngột khi nhiệt độ giảm. Do đó gây xô lệch mạng phe rit 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 dòn. Do vậy phốt pho làm thép bị giòn ở nhiệt độ thường và gọi là giòn nguội (còn gọi là bỏ nguội). Do tính thiên tích rất mạnh nên chỉ cần 0,10% P đã làm cho thép bị dòn. Vì thế lượng phốt pho trong thép nhỏ hơn 0,05%. về phương diện gia công cắt gọt thì phốt pho là nguyên tố có lợi vì làm cho phoi dễ gãy, lúc này lượng phốt pho đến 0,15%.

e. **Lưu huỳnh:** Lưu huỳnh hoàn toàn không hoà tan trong sắt mà tạo nên hợp chất FeS. Cùng tinh (Fe+FeS) tạo thành ở nhiệt độ thấp (988°C) và phân bố tại biên giới hạt. Khi cán, rèn, kéo (nung đến trên 1000°C) biên giới hạt bị chảy ra làm thép bị đứt, gãy, hiện tượng này gọi là giòn nóng (còn gọi là bỏ nóng). Tuy nhiên có thể dùng mangan để loại bỏ tác hại của lưu huỳnh.

$$Mn + FeS \rightarrow Fe + MnS \text{ (nhiệt độ chảy 1620°C)}$$

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%.

6.2. 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.

6.2.1. Phân loại theo phương pháp luyện và độ sạch tạp chất

a-Theo phương pháp luyện

-Thép mác tanh (ngày 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 0,05% 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 0,04% 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 0,03% 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 0,02% 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.

6.2.2. Phân loại theo phương pháp khử ôxy

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 là phe rô mangan nên ô xy không được khử triệt để, trong thép lỏng vẫn còn FeO khi rót khuôn có phản ứng:

$$FeO + C \rightarrow Fe + CO\uparrow$$

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 lõm 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 lõm co lớn. Thép hợp kim chỉ là loại thép lắng. Ngoài ra còn loại thép nửa lặng, 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 lặng thay cho thép sôi.

6.2.3. Phân loại theo công dụng

Dựa theo mục đích sử dụng thép cácbon được chia làm hai nhóm là 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.

6.3. KÝ HIỆU THÉP CÁC BON (TIÊU CHUẨN THÉP CÁC BON)

6.3.1. 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 như 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 lắng (lặng), nếu có s là thép sôi, n là thép nửa lặng. 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.

6.3.2 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 < 0,030%)

6.3.3. 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).

6.4. KHÁI NIỆM VỀ THÉP HỢP KIM

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. Tuỳ theo tác dụng của chúng đối với thép mà giới hạn là nguyên tố hợp kim không giống nhau, nguyên tố tác dụng càng mạnh giới hạn này càng nhỏ.

Mn ≥ 0,80 ÷1,00% Si ≥ 0,50 ÷ 0,80% Cr ≥ 0,50 ÷ 0,80%

Ti ≥ 0,10% W ≥ 0,10 ÷ 0,50% Mo ≥ 0,05 ÷ 0,20%

Ni ≥ 0,50 ÷ 0,80% Cu ≥ 0,30% B ≥ 0,0005%

6.4.1. Các đặc tính của thép hợp kim

a-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 (Φ > 20 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).

b-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.

c. Cơ 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...

6.4.2. 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.

a-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.

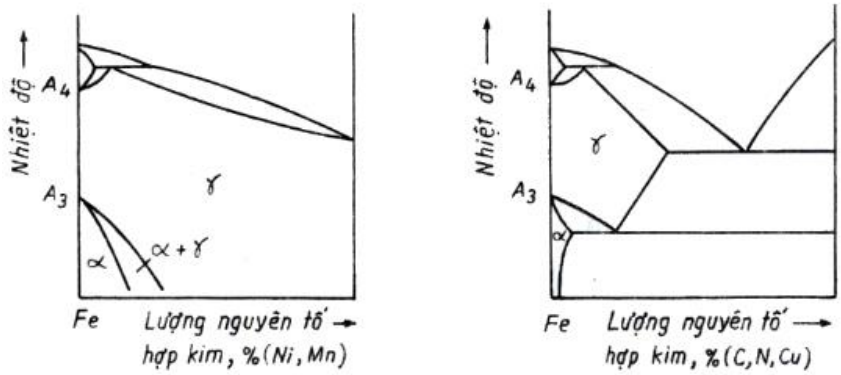
Mn và Si làm tăng mạnh độ bền độ cứng nhưng lại làm giảm đáng kể độ dẻo và độ dai (với 2% Si và 3,5% Mn độ dai $\leq$ 500kJ/m^2) làm cho thép giòn không sử dụng được.

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 ni ken làm tăng mạnh độ thấm tôi, nâng cao độ cứng, độ bền mà vẫn duy trì tốt độ déo 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 6.2- Giản đồ pha Fe- nguyên tô hợp kim:

a) Khi hoà tan vô hạn vào γ-Fe; b) Khi hoà tan có hạn vào γ-Fe

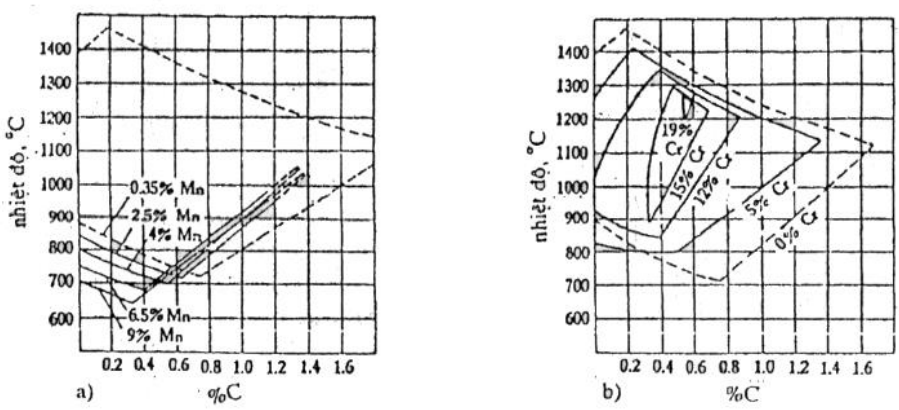
Crôm là nguyên tố thu hẹp khu vực tồn tại của austenit (thu hẹp vùng pha γ và mở rộng vùng pha α), với lượng Cr đủ lớn khu vực γ không tồn tại nữa mà tổ chức phe rit tồn tại ngay cả ở nhiệt độ cao cho đến khi chảy lỏng. Hợp kim này gọi là thép phe rit.

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)

b- 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 6.3 -Ảnh hưởng của Mn (a) và Cr (b) đến vùng α và ɣ 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 bít sau đây:

- Xêmentít hợp kim $(Fe, Me)_3C$: Nếu trong thép chứa một lượng ít các nguyên tố tạo các bít 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 $(Fe, Me)_3C$. Xêmentít 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) nhúng 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 ÷ 1850°C có tính ổn định cao hơn nên nhiệt độ tôi phải lớn hơn 1000°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 ÷ 1300°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°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 bít 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 khối máctenxit và kết tụ lại ở nhiệt độ cao hơn do đó giữ được độ cứng sau khi tôi đến 500 ÷ 600°C (tính cứng nóng).

6.4.3. 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.

a-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 cácbit hợp kim khó khăn hơn nên cần nhiệt độ tôi cao hơn và thời gian giữ nhiệt dài hơn.

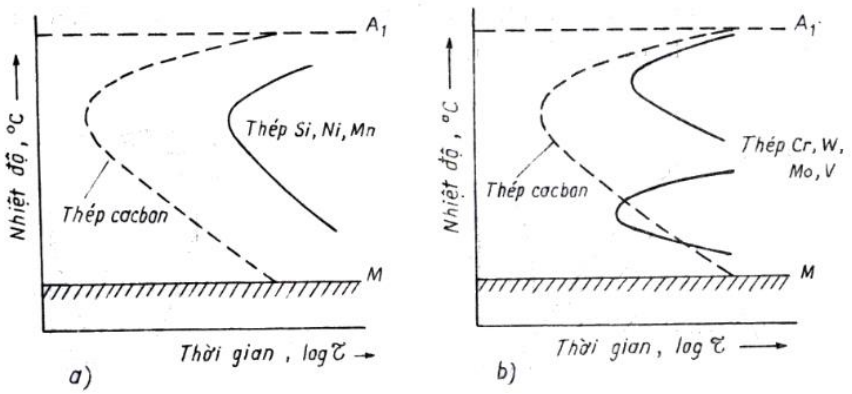
- Các bit hợp kim khó hoàn tan vào austenit nằm tại biên giới hạt như hàng rào giữ cho hạt nhỏ. Tác dụng này rất mạnh với Ti, Zr, Nb mạnh với V và khá mạnh với W, Mo (riêng Mn làm cho hạt lớn). Do đó thép hợp kim giữ được hạt nhỏ hơn thép các bon khi nung cùng nhiệt độ.

b-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.

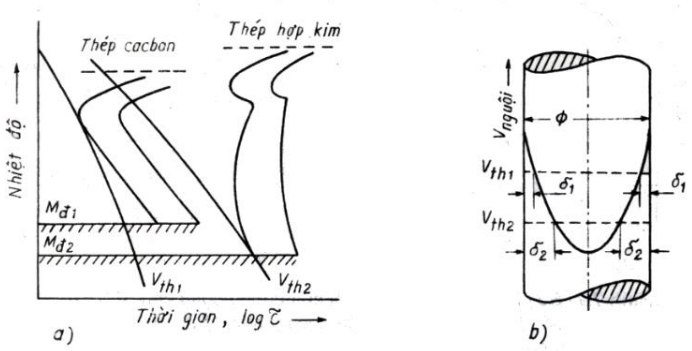
- Độ thấm tôi: Do làm giảm tốc độ tôi tới hạn nên các nguyên tố hợp kim (trừ Co) khi hòa tan vào austenit đều làm tăng độ thấm tôi. Nhờ tác dụng này mà thép hợp kim có thể tôi thấu hay tự tôi (làm nguội trong không khí vẫn tạo thành máctenxit - thép gió) mà thép các bon không thể có được.



Hình 6.4- 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 6.5- 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

d-Chuyển biến mactenxit

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 $M_đ$ 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÷10 HRC. Tuy nhiên hoàn toàn có thể khắc phục nhược điểm này bằng gia công lạnh.

e-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 là do các nguyên tố hợp kim cản trở khá mạnh sự khuếch tán của cácbon. 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 chuyên 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 khử bỏ ứng suất dư nhiều hơn).

6.4.4. Các dạng hỏng của thép hợp kim

a-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.

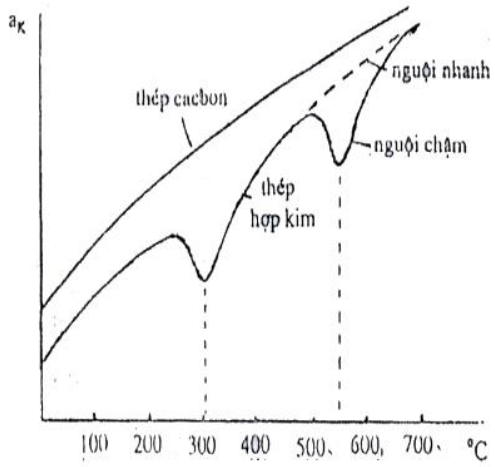
b-Đốm trắng (điểm trắng)

Là hiện tượng trên mặt gãy một số thép hợp kim có các vết nứt nhỏ có dạng lốm đốm trắng. Nguyên nhân do hydrô có trong thép gây ra. Ở trạng thái lỏng hyđrô 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 hyđrô 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 khi cán nóng làm nguội chậm để hyđrô kịp thóat ra.

c. Giòn 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.



Hình 6.6-Ảnh hưởng của nhiệt độ ram đến độ dai va đập của thép hợp kim

-Giòn ram loại I (không thuận nghịch): Xuất hiện khi ram thép hợp kim ở nhiệt độ 280°C ÷ 350°C, có độ dai khá thấp (một số trường hợp thấp hơn sau khi tôi). Thép các bon cũng có hiện tượng này nhưng ở nhiệt độ thấp hơn.

Nguyên nhân có thể do các bit S tiết ra ở dạng tấm hay austenit dư chuyển biến thành máctenxít ram làm thép dòn.

Khắc phục là tránh ram ở khoảng nhiệt độ này.

-Giòn 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 ÷ 650°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 giòn 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 ÷ 1,00%W.

6.5. PHÂN LOẠI THÉP HỢP KIM

6.5.1. Theo tổ chức cân bằng: Theo tổ chức cần 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.

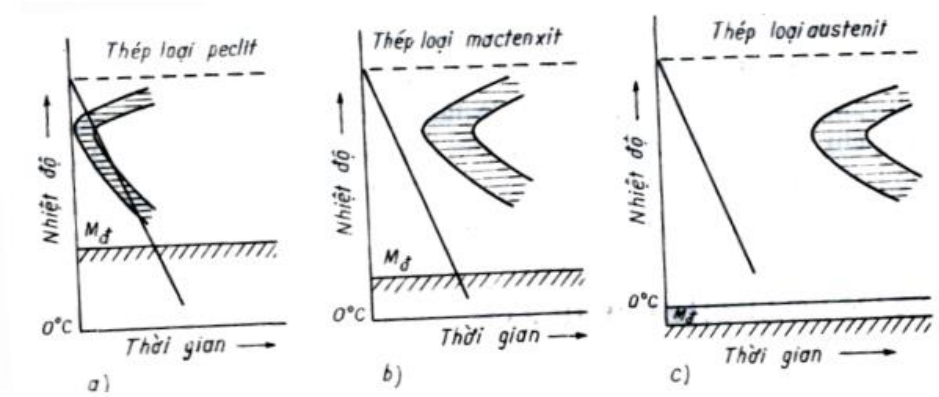
6.5.2. Theo tổ chức thường hóa: Tiến hành thường hóa các mẫu thép có đường kính 25mm

- Thép họ péc 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 6.7- Đường cong chữ "C" của các loại thép.

a)Thép họ peclit; b)thép họ mactenxit; c)Thép họ austenit

6.5.3. 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...

6.5.4. 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%.

6.5.5. Theo công dụng

-Thép hợp kim kết cấu.

-Thép hợp kim dụng cu.

-Thép hợp kim đặc biệt.

6.6. 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; l%Ti
+ 50CrNiMo có 0,50%C; l%Cr; l%Ni; l%Mo
+ 38CrMoAlA có 0,38%C; l%Cr; l%Mo; 1%A1; A-loại tốt
+ OL100Crl,5SiMn - OL thép ổ lăn, có: 1%C; l,5%Cr; l%Si; l%Mn.
+ 130Mnl3Đ có 1,30%C; 13%Mn; Đ: chế tạo sản phẩm chỉ bằng phương pháp đúc.

CHƯƠNG 7: THÉP KẾT CẤU

7.1. 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.

7.1.1. Yêu cầu của thép kết cấu

- ***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 dòn. 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.

- ***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.

- ***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.

7.1.2. 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.

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

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

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

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

b- Thành phần hợp kim

Các nguyên tố hợp kim được đưa vào thép kết cấu nhằm mục đích nâng cao độ bền do nâng cao độ

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

1-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 như Cr, Mn, Si, Ni (đôi khi cả B) với tổng lượng đưa vào 1 ÷ 3% cao nhất 5 ÷6%.

Chúng có đặc điểm là:

- Rẻ, dễ kiếm

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

2-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 (titani), Zr (zirconi), V(vanadi), Nb (niobi), Mo (molypden).

7.2. THÉP THẤM CÁC BON

7.2.1. Thành phần hoá học

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

a. 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.

b. 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 đươc dùng là crôm và kết hợp với mangan, niken.

7.5.2. 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÷62 HRC, chống mài mòn tốt, lõi có độ cứng 30÷40 HRC độ dẻo tốt, độ dai cao, độ bền tốt 500÷600 MN/m^2

- 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 **(**Φ < 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, nồi, bi...).

7.5.3. Thép crôm

Thường dùng các mác thép như 15Cr, 20Cr, 15CrV, 20CrV.

Chúng có đặc điểm sau:

- Sau khi thấm các bon và nhiệt luyện đạt độ cứng 60÷62 HRC, độ bền và tính chống mài mòn cao hơn

một ít (độ bền đạt 700 ÷ 800 MN/m^2.)

- Làm các chi tiết tương đối phức tạp do tôi trong dầu độ biến dạng nhỏ.

- Nhiệt độ thấm 900÷920°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 (Φ = 20 ÷ 40 mm) như bánh răng, trục bậc, chốt cần tính chống mài mòn cao.

7.5.4. 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 – 62 HRC, tính chống mài mòn cao hơn, độ bền đạt 1000÷1200 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 ÷ 920°C Chúng được chia ra làm hai loại:

-Loại hợp kim thấp chứa 0,50 ÷ l,00%Cr, Ni > 1% có độ thấm tôi cao và tôi trong dầu. Tuy nhiên hiệu quả kinh tế của nó không cao nên ít sử dụng. Mác thép điển hình là 20CrNi được dùng làm các chi tiết hình dáng phức tạp, kích thước trung bình (50 ÷ 70 mm), chịu tải trọng va đập cao như bánh răng trong ô tô du lịch và xe tải nhỏ.

-Loại Crôm -niken cao: Lượng niken từ 2÷4% và Cr trên dưới 1%, độ thấm tôi rất cao, có thể tôi thấu tiết diện đến 100 mm. Gồm các mác sau: 12CrNi3A, 20Cr2Ni4A, 18Cr2Ni4WA. Loại thép này có nhược điểm là giá thành cao (Ni là nguyên tố đắt), tính gia công cắt kém do quá dẻo và nhiệt luyện phức tạp sau khi thấm các bon.

Công dụng làm các chi tiết 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 trong máy bay, ô tô.

b-Thép crôm-niken-môlipđen: Trên cơ sở thép crôm - niken cao nhưng có thêm 0,10 ÷ 0,40% Mo để nâng cao thêm độ thấm tôi. Đây là nhóm thép thấm các bon tốt nhất, sử dụng vào các mục đích quan trọng nhất và cho các chi tiết có tiết diện lớn nhất. Bao gồm các mác thép như 20CrNi2Mo, 18Cr2Ni4MoA.

7.5.5. 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 ÷ 950°C, tôi trực tiếp ngay sau khi thấm, độ biến dạng nhỏ. Gồm các thép 18CrMnTi, 25CrMnTi.

7.6. THÉP HOÁ TỐT

Là loại thép có thành phần các bon trung bình 0,30 ÷ 0,50% dùng để chế tạo các chi tiết máy chịu tải trọng tĩnh và va đập tương đối cao bề mặt có thể bị mài mòn như trục, bánh răng, chốt, tay biên ...Chế độ nhiệt luyện cúa chúng là tôi và ram cao (nhiệt luyện hoá tốt).

7.6.1. Thành phần hoá học

***a. Các bon**:* Trong giới hạn từ 0,30 ÷ 0,50% sẽ đảm bảo sự kết hợp tốt nhất giữa các chỉ tiêu về cơ tính như độ bền, độ cứng, độ dẻo, độ dai (cơ tính tổng hợp). Trong thực tế sử dụng phổ biến nhất là từ 0,35 ÷0,45 % C.

b. Hợp kim: Để đảm bảo cơ tính tổng hợp cao và đồng đều trên toàn bộ tiết diện các nguyên tố hợp kim phải sử dụng hợp lý, tiết diện càng lớn, lượng nguyên tố đưa vào càng cao. Nguyên tố hợp kim chính là crôm, mangan khoảng 1÷2%, ni ken 1÷4%. Ngoài ra có thể dùng thêm silic không quá 1%. Ngày nay có xu hướng dùng thêm Bo với hàm lượng 0,001 ÷ 0,003%. Nguyên tố hợp kim phụ là môlipđen và vonfram chủ yếu để chống giòn ram cho các chi tiết lớn.

7.6.2. 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 ÷ 220 HB (thép crôm-niken phải thường hoá).

Nhiệt luyện kết thúc gồm hai bước:

-Bước thứ nhất tạo cho lõi có cơ tính tổng hợp cao để chịu được tải trọng tĩnh và va đập bằng tôi và ram cao, tổ chức nhận được là xoocbit ram (độ cứng 25 ÷ 30HRC). Tổ chức này còn có tác dụng tạo được độ bóng cao khi cắt gọt và giúp cho chuyển biến xảy ra nhanh chóng, nhận được máctenxit mhỏ 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 ÷58 HRC). Ngoài ra có thể dùng thấm ni tơ hay thấm cácbon - ni tơ khi cần độ cứng cao hơn.

a- Thép các bon

Thường sử dụng các mác C30, C35, C40, C45, C50 nhưng thông dụng nhất là C45. Đặc điểm của nhóm thép này là đáp ứng được các yêu cầu đề ra nhưng ở mức thấp. Cụ thể như sau:

-Độ bền thấp do độ thấm tôi nhỏ, độ bền 750 ÷ 850MN/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 **(**Φ =20 ÷ 30 mm) như thanh truyền, chốt phẳng, trục, bánh răng bị động ...

b- Thép crôm

Thường dùng loại thép chứa 0,50 ÷ 1,00% crôm chủ yếu để nâng cao độ thấm tôi khi tôi trong dầu. Gồm các mác thép 35Cr, 40Cr, 45Cr, 50Cr, nhưng thông dụng nhất là 40Cr và 40CrVA. So với nhóm thép các bon chúng có đặc điểm:

-Độ bền cao hơn do được hợp kim hoá bằng crôm nên độ thấm tôi cao, độ bền đạt được 800 ÷950 MN/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 giòn ram loại hai (với chi tiết nhỏ làm nguội nhanh sau khi ram).

c- Thép crôm - môlipđen

Cho thêm khoảng 0,25% môlipđen sẽ nâng cao độ thấm tôi và chống giòn ram loại hai. Thường dùng nhất là mác thép 38CrMoA làm các chi tiết máy trung bình **(**Φ > 50mm) hình dáng tương đối phức tạp

như bánh răng.

d- Thép crôm-mangan hay crôm-mangan-silíc

Loại thép này có l%Cr, l%Si hay l%Cr, l%Mn, l%Si do được hợp kim hoá phức tạp nên có độ thấm tôi cao hơn, độ bền đạt 1000÷1100MN/m^2, dùng làm các chi tiết khá lớn (*Φ* = 50 ÷ 60mm). Tuy nhiên do hợp kim hoá cả Si lẫn Mn nên cứng hơn và giòn hơn, không được dùng phổ biến lắm. Thông dụng nhất là các mác 40CrMn, 38CrMnSi.

e- Thép crôm-niken và crôm-niken-môlipđen

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 > 3% và có thêm Mo. Chúng được phân ra ba nhóm nhỏ:

- ***Thép crôm-niken thường:*** Chứa khoảng l% Cr và l% Ni, do niken thấp nên độ thấm tôi chưa cao, làm các chi tiết *Φ* 50 ÷ 60 mm, có độ bền 700 – 800 MN/m^2, a_K = 700kJ/m^2. Gồm các mác thép 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 giòn 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 - ni ken cao:*** Loại thép này chứa khoảng l ÷ 2%Cr, 2÷4% Ni (tỷ lệ Ni/Cr khoảng 3÷4). Điển hình là mác 30CrNi3A, có độ thấm tôi lớn, có thể tôi thấu với *Φ* >100mm, trong thực tế được xem là tôi thấu với tiết diện bất kỳ. Độ bền đạt 1.100MN/m^2, a_K = 800kJ/m^2. Tuy nhiên cũng bị giòn ram loại hai và tính gia công cắt kém. Công dụng như nhóm thép Cr-Ni nhưng với kích thước lớn hơn và hình dáng phức tạp hơn.
- ***Thép crôm-niken-môlipđen:*** Loại thép này dựa trên cơ sở thép crôm niken cao và cho thêm vào khoảng 0,1 ÷ 0,40% Mo. Đây là loại thép chế tạo máy tốt nhất do độ thấm tôi lớn, độ bền cao (σ_B = 1.200MN/m2, a_K = 800kJ/m2), làm được chi tiết lớn, (Φ ≥100 mm) hình dáng phức tạp và không bị giòn ram loại hai. Gồm các mác thép 38CrNi3MoA, 38Cr2Ni2MoA, 38CrNi3MoVA và 38CrMoAlA (thép thấm ni tơ). Công dụng như nhóm thép trên nhưng với kich thước lớn hơn nhiều và hình dáng phức tạp hơn, độ tin cậy cao nhất.

7.7. THÉP ĐÀN HỒI

Thép đàn hồi là loại thép có hàm lượng các bon tương đối cao 0,55 ÷ 0,65%, có tính đàn hồi cao để làm 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.

7.7.1. 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 ÷0,95.

- Độ cứng khá cao, độ dẻo và dai thấp để tránh bị biến dạng dẻo (không được quá thấp dễ bị phá huỷ dòn).

-Giới hạn mỏi cao để phù hợp với điều kiện tải trọng thay đổi có chu kỳ.

7.7.2. Đặc điểm về thành phần hoá học và chế độ nhiệt luyện

a- Thành phần hoá học

- Các bon: Để thoã mãn các yêu cầu trên lượng các bon từ 0,55 ÷ 0,70% nhưng thường sử dụng từ 0,55 ÷0,65 là tốt nhất.

- Nguyên tố hợp kim 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 l%Mn, 2% Si, 2% (Cr+Ni), không dùng nhiều mangan và silic vì sẽ làm thép bị quá dòn, cứng.

b- 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 trôxtit ram. Để đảm bảo giới hạn đàn hồi và giới hạn mỏi cao cần lưu ý:

- Chống thoát các bon khi nhiệt luyện (do có silic), nếu bề mặt có hàm lượng các bon thấp hơn quy định dễ sinh ra vết nứt mỏi 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 mỏi bằng cách cán, kéo nguội hay mài.

7.7.3. Các loại thép đàn hồi

a- 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 $\sigma_{đh} \leq 800 MN/m^2$.

- 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.

b- 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 $\boldsymbol{\sigma}_{đh} \geq 1000 MN/m^2$, giá thành tương đối thấp.

- Độ thấm tôi cao hơn (tôi thấu tiết diện 20÷30 mm trong dầu)

- Dễ thoát các bon khi nung.

Nhằm khắc phục nhược điểm trên người ta hợp kim hoá thêm crôm, mangan, niken và vanađi, do đó tạo ra các mác 50CrMn, 50CrVA, 60Si2CrVA, 60Si2Ni2A... Công dụng của nhóm thép này là làm lò xo xe lửa, nhíp xe ôtô, các trục mềm, dây cót đồng hồ. Cần lưu ý rằng các thép này nếu ở dạng dây tròn với đường kính < 6 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.

7.8. 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.

7.8.1. 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 ≤ 0,20%, thông dụng nhất là ≤ 0,10%, tổ chức chủ yếu là phe rít và một lượng nhỏ peclít.

- Hàm lượng silic thấp để thép không bị cứng, Si ≤ 0,05 ÷ 0,07%, thuộc loại thép sôi.

- Hạt nhỏ và đều, cấp hạt 6÷8.

Các mác thép thông dụng C05s, C08s, Cl0s, C15s... Công dụng làm chắn bùn, 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 kẽm -nhôm để làm tấm lợp.

7.8.2. 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 ÷0,40%, tổ chức phần lớn là phe rít và một phần péclit. Lượng phốt pho và lưu huỳnh cao hơn mức bình thường, phôtpho khoảng 0,08÷0,15%, lưu huỳnh khoảng 0,15÷0,35%. Lượng mangan 0,80÷1,00% để tạo ra MnS làm phoi dễ gãy vụn. Thời gian gần đây người ta còn cho thêm chì (0,15÷0,30) vào thép dễ cắt để tăng khả năng cắt gọt của nó (chì có nhiệt độ chảy thấp *327°C* dễ bị chảy khi cắt gọt, làm phoi đứt rời).

Các mác thép dễ cắt 12S, 20S, 30S, llSPb, 40SPb, 40MnS. Công dụng bulông, đai ốc, vít, bạc, một số bánh răng...

7.8.3. Thép ổ lăn

Đây là loại thép có chất lượng rất cao dùng để chế tạo các ổ lăn ổ bi, ổ đũa (bi côn) trong máy móc.

- **Điều kiện làm việc và yêu cầu**

Các bề mặt làm việc của ổ lăn chịu ứng suất tiếp xúc cao với số lượng chu trình rất lớn, do hiện tượng trượt lăn với nhau nên tại từng thời điểm chúng bị mài mòn điểm.

Các yêu cầu

-Độ cứng và tính chống mài mòn cao (≥ 64HRC)

-Cơ tính phải đồng nhất, tuyệt đối không được có điểm mềm.

-Độ bền mỏi tiếp xúc cao.

- **Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện:**

a. Thành phần hoá học: Lượng các bon cao 1%, hợp kim hoá crôm từ 0,50 ÷ 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 phôtpho, khí rất thấp (P, S < 0,02%, không chứa khí).

b. Nhiệt luyện: Tôi trong dầu ở nhiệt độ 850 ÷ 860°C, ram thấp ở nhiệt độ 150 ÷ 180°C. Tiến hành gia công lạnh để giảm tối đa lượng austenit dư lúc này độ cứng đạt ≥ 65 HRC.

➢ **Các mác thép**

OL100Cr0,6; OL100Cr0,9; OL100Crl,5; Oll00Crl,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...

7.8.4. Thép đường ray

Là loại thép các bon chất lượng cao, với hàm lượng các bon và mangan tương đối cao 0,50 ÷ 0,80%C, 0,60 ÷ l,00% Mn, lượng phôtpho và lưu huỳnh thấp 0,05%S, 0,04%P. Việt Nam chưa có tiêu chuẩn cho thép đường ray, theo tiêu chuẩn của Nga nó được ký hiệu bằng chữ p (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 hỏng có thể tận dụng để làm các chi tiết và dụng cụ khác như đục, dao, nhíp, dụng cụ gia công gỗ ...

7.8.5. Thép chống mài mòn cao (thép Hadfield)

Loại thép này chứa các bon cao (0,90 ÷1,30%) và lượng mangan lớn (11,40 ÷ 14,50%), tổ chức là austenit, nhưng chống mài mòn rất cao khi làm việc trọng 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.

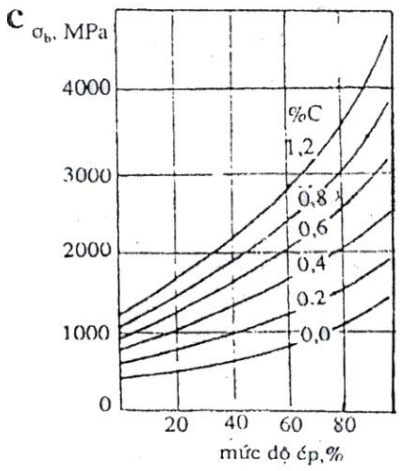
- Dưới tác dụng của ứng suất sẽ có chuyển biến austenit thành máctenxit làm tăng độ cứng và tính chống mài mòn.

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 mác thép: 130Mnl3Đ (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...

7.8.6. 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 điên thoại và trong sinh hoạt. Dây thép có hàm lượng các bon trung bình (0,50÷0,70%C) dùng làm các lò xo tròn. Dây thép có hàm lượng các bon cao, mức độ biến dạng lớn dùng làm dây cáp...



Hình 7.1 - Ảnh hưởng của độ biến dạng đến độ bền dây thép

7.9. THÉP CÓ CÔNG DỤNG ĐẶC BIỆT

7.9.1. 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 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 ÷ 1,25 mm/năm.

- Tính chống ăn mòn yếu (không đạt yêu cầu): Khi độ xâm thực > l,25mm/năm.

Nguyên nhân của hiện tượng thép bị rỉ là do ăn mòn điện hoá vì trong thép có hai pha với điện thế điện cực khác nhau. Vì vậy nguyên lý chung để chế tạo thép không rỉ là:

- Nâng cao điện thế điện cực của pherit và cácbit (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%

a. Thép không rỉ 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 12Crl3, 20Crl3, 30Crl3 và 40Crl3. Nhóm thép nầy 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 rỉ, chi tiết chịu nhiệt (< 450°C) dụng cụ mổ, ổ bi chống ăn mòn...

b. Thép không rỉ pherit

Là loại thép có lượng các bon thấp hơn từ 0,08 ÷ 0,20%C với lượng crôm rất cao từ 17 ÷25%Cr, tính chống ăn mòn cao hơn nhóm trên. Do vậy thép chỉ có một pha là pherit.

Gồm các mác sau 8Crl3, 12Crl7, 15Cr25Ti...Chúng có đặc điểm là nếu nung nóng lâu ở nhiệt độ cao hơn 475 °C sẽ xuất hiện các pha giòn 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...

c. Thép không rỉ austenit:

Là loại thép có lượng các bon rất thấp, lượng crôm cao > 16 ÷18% và niken cao > 6÷8%, tổ chức một pha là austenit. Điển hình nhất là họ 18.8 và 18.9 (18%Cr và 8÷10%Ni). Gồm các mác thép sau 12Crl8Ni9, 08Crl8Nill, 08Crl8Nil0Ti, 12Crl8Ni9Ti, 04Crl8Nil0...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_2S0_4 nguội, trong HC1 loãng. Có tính dẻo cao, cơ tính bảo đảm.

Công dụng: Sử dụng trong công nghiệp sản xuất axit, hoá dầu và thực phẩm, chi tiết chịu nhiệt đến 900 ÷ 1000°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.

d. Thép không rỉ hoá bền tiết pha

Có thành phần và tổ chức tương tự thép không rỉ austenit nhưng chứa lượng crôm và niken thấp hơn (13 ÷ 17%Cr, 4 ÷7%Ni), ngoài ra còn có Al, Cu, Mo... Tổ chức là austenit nhưng không ổn định. Thép này có tính công nghệ và cơ tính cao, dễ gia công biến dạng và cắt gọt tốt, có thể tiến hành hoá bền bằng hoá già ở nhiệt độ thấp tránh được biến dạng và ôxy hoá, có tính chống ăn mòn cao tương đương họ 18.8. Thường làm kết cấu máy bay.

7.9.2. Thép bền nóng

Thép bền nóng là loại thép có khả năng chịu tải trọng lâu dài ỏ trên 500°C được sử dụng trong các lĩnh vực như nồi hơi, động cơ phản lực, tua bin khí, tên lửa...

a. Yêu cầu

-Có tính ổn định nóng cao: Là khả năng bền hoá học ỏ 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 dão. Đánh giá độ bền của thép ỏ nhiệt độ cao bằng hai chỉ tiêu là giới hạn dão và độ bền dão. Độ bền dão là ứng suất gây ra phá huỷ dão sau thời gian xác định tại nhiệt độ đã cho (ví dụ $\sigma_{b/1000}$ = 250MN/m^2 tại 850°C). Giới hạn dão cần thiết để có độ biến dạng xác định (ví dụ 0,2%), sau thời gian thử ấn định (vi dụ 1000h) tại nhiệt độ đã cho (ví dụ $\sigma_{0,2/1000}$ = 170 MN/m^2).

7.9.3. Thép làm xu pap xả

Xu páp xả trong động cơ đốt trong làm việc trong điều kiện tải trọng cao, mài mòn và va đập lớn, bị ăn mòn do khí cháy, chịu nhiệt độ 650 ÷ 700°C. Để làm xu páp xả ta dùng loại thép có các bon trung bình (0,35 ÷ 0,50%), chứa crôm cao (9,00 ÷ 10,00%) và 2% Si. Dưới tác dụng của nhiệt độ cao tạo ra ôxyt Cr_20_3, $Si0_2$ bền sít chặt chống ăn mòn hoá học.

Các mác thép thường dùng 40Cr9Si2, 40Cr10Si2Mo, 30Cr13Ni7Si2, 45Cr14Ni14W2Mo.

7.9.3.Thép làm nồi hoi và tua bin hơi

Các nồi hơi và tua bin hơi tại các nhà máy nhiệt điện thường làm việc ở nhiệt độ 540°C và áp suất 250 at hay 560°C và áp suất 160 at. Để đảm bảo tuổi thọ lâu dài (đến 100.000 h) ta phải sử dụng các thép phù hợp.

Với nhiệt độ nhỏ hơn 450°C có thể dùng CT34, CT38, C15, C20 làm nồi hơi, ống quá nung hơi, ống dẫn hơi (540÷560°C) sử dụng mác 12CrMo, 12CrMoV. Cánh tua bin hơi dùng thép 15Cr12WNiMoV, 15Cr11MoV. Với nồi hơi áp suất siêu cao dùng loại thép 9Crl4Ni19W2NbB.(Nb: Niobi)

CHƯƠNG 8: THÉP DỤNG CỤ

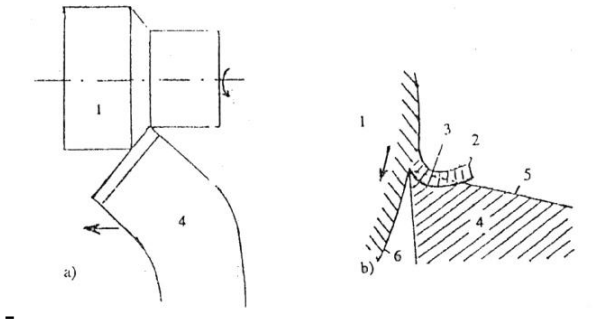
Thép dụng cụ là loại được sử dụng để chế tạo các dụng cụ cắt gọt, biến dạng kim loại và dụng cụ đo. Tùy số lượng dụng cụ không nhiều lắm nhưng chúng có vai trò quyết định đến năng xuất, chất lượng và giá thành sản phẩm cơ khí. Việc chuẩn bị dụng cụ phải luôn đi trước và phải hoàn thiện trệt để trước khi bước vào sản xuất.

8.1. THÉP VÀ HỢP KIM LÀM DỤNG CỤ CẮT

8.1.1. Điều kiện làm việc

Nhìn chung điều kiện làm việc rất nặng nề, ta khảo sát điều kiện làm việc của dao tiện, là dụng cụ cắt điển hình.

- Để tạo phoi lưỡi cắt chịu 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 phoi. Sau thời gian nhất định hai mặt này bị 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 mũi dao làm cho độ cứng giảm đi nhanh chóng, làm xấu khả năng cắt gọt.



Hình 8.1 Sơ đồ tiện (a) và sơ đồ mặt cắt khi tiện (b)

1)-Phôi, 2) Phoi, 3) Rãnh lõm, 4) Dao, 5) mặt trước, 6) Mặt sau

8.1.2. Yêu cầu

Xuất phát từ điều kiện làm việc của thép làm dụng cụ cắt có yêu cầu sau đây:

- Có độ cứng cao ≥ 60HRC 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 thì tính chống mòn càng lớn, khi độ cứng cao hơn 60HRC cứ tăng lên 1 đơn vị thì tính chống mài mòn tăng lên 25÷30%. Với giá trị cùng độ cứng thì tính chống mòn phụ thuộc vào lượng cacbit dư, các bit dư càng nhiều thì tính chống mài mòn càng cao.

- Tính cứng nóng càng cao: Tính cứng nóng là khả năng thép giữ 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 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 phải thoả mãn các yêu cầu về độ bền, độ dai, độ thấm tôi tốt, tính gia công áp lực và biến dạng…

8.1.3. Thép làm dao cắt có năng xuất thấp

Thép làm dao cắt có năng xuất thấp là loại thép có tốc độ cắt gọt từ 5÷10 m/phút.

a- Thép cacbon

Gồm các mác thép CD70, CD80….CD130 (hay CD70A, …CD130A), đây là loại thép có chất lượng tố và chất lượng cao với lượng lưu huỳnh và phốt pho thấp (P ≤ 0,03 ÷ 0,035%; S ≤ 0,02 ÷ 0,03%). Chúng có đặc điểm:

- Sau khi tôi và ram thấp có độ cứng ≥ 60HRC đủ để cắt gọt.
- Dễ biến dạng nóng khi 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 ở độ cao 200 ÷250^{0}C.
- Công dụng làm dụng cụ cắt nhỏ, hình dáng đơn giản với năng xuất thấp hay gia công bằng tay: dũa, lưỡi cưa sắt, đục…

b- Thép hợp kim

Là loại thép cac bon cao (khoảng 1%) được hợp kim hoá trung bình và thấp, có độ thấm tôi tốt và có tính chống mài mòn cao. Gồm hai loại:

- Loại có độ thấm tôi tốt: Điển hình 90CrSi tính cứng nóng trên dưới 300^{0}C, tôi trong dầu độ cứng vẫn > 60HRC, giá thành không cao lắm. Công dụng làm các dụng cụ cắt hình dáng phức tạp, kích thước nhỏ như taro, bàn ren, mũi khoan, dao doa, dao phay, … dễ bị thoát cac bon khi nung nóng (do chứa nhiều silíc).
- Loại có tinh chống mài mòn cao: Loại thép này có cacbon rất cao >1,3%, với 0,05%Cr và 4÷5% W. Gồm 2 mác thép điển hình: 130Cr0,5, sau khi tôi và ram thấp đạt độ cứng 65÷66HRC (còn có tên là thép kim cương) làm dao phay, tiện, để sửa các phôi cứng (bề mặt trục cán của thép đã tôi).

8.1.4. Thép làm dao cắt có năng xuất cao- thép gió

Thép gió là loại thép làm dụng cụ cắt quan trọng nhất và tốt nhất vì nó đáp ứng đầu đủ các vật liệu làm dao.

- Tốc độ cắt 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)

a-Thành phần hoá học và tác dụng của các nguyên tố trong thép gió

1-Cac bon từ 0,7 ÷1,5% đủ để hoà tan vào máctenxit và tạo thành các bit với các nguyên tố W, Mo và đặc biệt vanadi làm tăng độ cứng và chống mài mòn.

2-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.

3-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 vonfam. Các bit này chỉ tiết ra khỏi máctenxit ở 560 ÷ 570°C nên duy trì độ cứng sau khi tôi đến 600°C.

4-Môlipđen: Dùng để thay thế vonfram do tác dụng tương tự vonfram, nó có thể thay thế vonfram

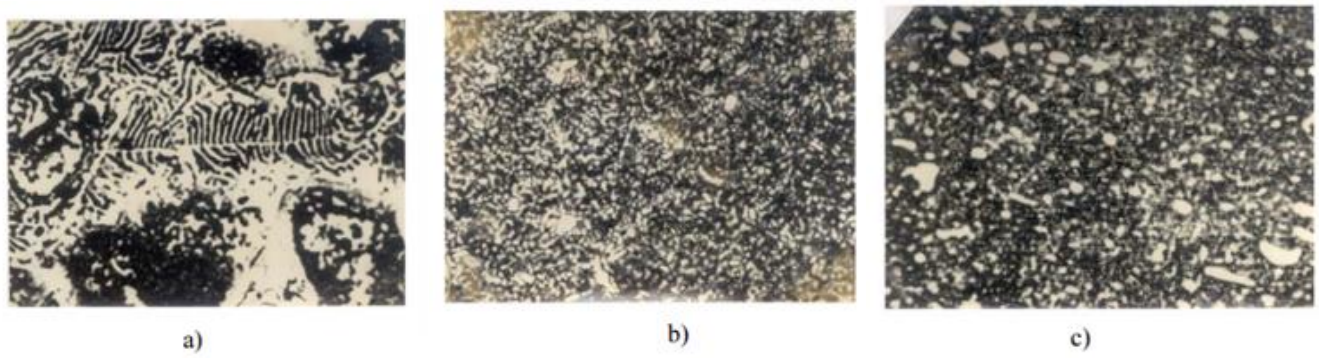
theo tỷ lệ nguyên tử 1/1 nhưng khối lượng riêng nhỏ hơn (10,3 g/cm^3) so với vonfram (19,3 g/cm^3) nên l% Mo thay thế được 2%W làm cho giá thành thấp.

5-Vanađi: Là nguyên tố tạo thành các bit rất mạnh. Cácbit vanađi 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.

6-Côban: Là nguyên tố không tạo thành cácbit, nó hoà tan vào sắt tạo thành dung dịch rắn. Lượng chứa của nó từ 5 ÷10% góp phần nâng cao tính cứng nóng, vượt quá giới hạn này làm cho thép bị giòn mà không nâng cao thêm tính cứng nóng.

b. 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 bít và ủ không hoàn toàn 840 ÷ 860°C đạt độ cứng 241 ÷269 HB mới tiến hành cắt gọt được.



Hình 8.2 Tổ chức tế vi thép gió

a)-Sau khi đúc; b)-Sau khi cán rén; c)-Sau khi tôi ram

c. 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 1.300°C với sai số hẹp (± 10°C). Không nung nóng cao hơn hay thấp hơn vì những lý do sau đây:

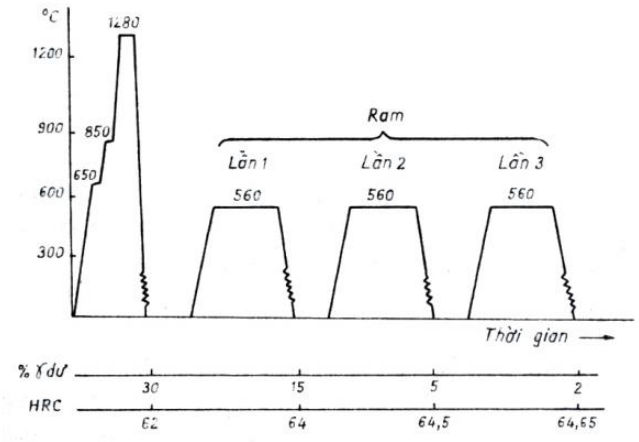
-Khi nung thấp hơn austenit chưa bão hoà đủ W để nâng cao tính cứng nóng: Khi nung đến A_{C1} (≈850°C) mới có chuyển biến peclit thành austenit. Tôi ở nhiệt độ 850÷900°C thép có độ cứng thấp khoảng 45 ÷50 HRC, không đủ cắt gọt được. Khi nâng nhiệt độ lên cao hơn cácbit hợp kim bắt đầu hoà tan càng nhiều vào austenit làm cho nó càng giàu nguyên tố hợp kim. Tới 1.000°C đã bão hoà $Cr_{23}C_6$, Fe_3W_3C chỉ bắt đầu hoà tan mạnh ở nhiệt độ 1.150°C, đến gần 1.300°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 lượng 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 bít dư (15 ÷20%)

độ cứng 61÷63 HRC chưa đạt được cao nhất vì vậy phải tiến hành ram tiếp theo.

Tiến hành ram thép gió ba lần, nhiệt độ 560°C, mỗi lần giữ nhiệt một giờ. Tại nhiệt độ nung nóng cácbit vonfram Fe_3W_3C 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: Máctenxít ram, austenit dư (5%), các bít dư (15÷20%), độ cứng đạt 63÷65 HRC. Để nâng cao độ cứng cho thép gió có thể tiến hành thấm các bon - nitơ độ cứng đạt 70 HRC nhưng hơi bị dòn.



Hình 8.3- Quy trình nhiệt luyện kết thúc thép gió 80W18Cr4VMo

d. 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...

8.1.5. Hợp kim cứng

Là loại vật liệu làm dụng cụ cắt gọt có tính cứng nóng cao nhất đến 800÷ 1000°C, tốc độ cắt gọt có thể đạt hàng trăm m/phút.

a.Thành phần hóa học

Thành phần chủ yếu của hợp kim cứng gồm các loại cacbit: Các bit vonfram, titan, tantan (WC,TiC và TaC) 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 bít vonfram, ti tan và tan tan sau đó nghiền nhỏ đến cỡ hạt 0,10÷ 5 μ m. Cô ban cũng được nghiền nhỏ với cỡ hạt như trên. Trộn bột các bit và cô ban 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 cô ban chảy ra dính kết các phần tử bột các bit với nhau.

c. 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.

1-Nhóm một các bit: Gồm có WC và Co. Ký hiệu: WCCo3, WCCo4, WCCo6, WCCo8, WCColO. 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

2-Nhóm hai các bit: Gồm WC, TiC và Co. Ký hiệu: WCTiC30Co4, WCTiC15Co6 WCTiC5Col0... 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

3-Nhóm ba cácbit: Gồm WC, TiC, TaC và Co. Ký hiệu: WCTTC7Col2, 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

d. Tổ chức và cơ tính

1-Tổ chức: Tổ chức của hợp kim cứng gồm các hạt đa cạnh sáng 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.

2-Cơ tính: Hợp kim cứng có độ cứng rất cao từ 82÷90 HRA (70÷75HRC), tính chống mài mòn rất cao, tính cứng nóng lớn nhưng khá dòn. Với cùng lượng côban 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 côban khoảng 6÷8%.

d. 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 vonfrram 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.

8.2. 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.

8.2.1. 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÷250°C khi làm việc, với điều kiện làm việc như trên vật liệu khuôn phải đạt được các yêu cầu sau:

-Có độ cứng cao: Do tiến hành biến dạng kim loại ở trạng thái nguội nên vật liệu có độ cứng lớn. Tuỳ theo vật liệu đem dập độ cứng khuôn từ 58÷62 HRC, không nên cao hơn giới hạn này vì làm khuôn bị dòn, dễ sứt 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 đô thấm tôi cao và ít biến dạng khi nhiệt luyện.

8.2.2. Đặc điểm về thành phần hoá học và nhiệt luyện

a. Thành phần hoá học

Để đảm bảo các yêu cầu trên thép làm khuôn dập nguội phải có thành phần hoá học hợp lý.

-Các bon: Lượng các bon cao trên dưới 1% đảm bảo độ cứng cao, tính chống mài mòn lớn. Khi chịu va đập mạnh lượng các bon sẽ giảm xuống cỡ 0,40÷0,60%. Khi yêu cầu chống mài mòn thật cao lượng các bon đến 1,50÷2,00%

-Nguyên tố hợp kim: Thành phần hợp kim phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, tính chống mài mòn và độ thấm tôi. Để nâng cao độ thấm tôi dùng các nguyên tố crôm, mangan, silic, vonfram (khoảng 1% mỗi loại). Để nâng cao tính chống mài mòn phải dùng lượng crôm đến 12%

b. Chế độ nhiệt luyện:

Tôi và ram thấp. Khi tôi chú ý lấy nhiệt độ cao hơn so với dao cắt từ 20÷40°C để austenit đồng nhất hơn. Khi ram cũng chọn nhiệt độ cao hơn.

3. Thép làm khuôn dập nguội

a. 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.

b. Thép làm khuôn trung bình (chiều dày thành khuôn 75÷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.

c. Thép làm khuôn lớn và chống mài mòn cao (chiều dày thành khuôn 200÷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÷2,00%): 200Crl2, 150Cr12Mo, 130Crl2V. Nhóm thép này có đặc điểm:

- Độ thấm tôi lớn: Tôi trong dầu chiều sâu tôi đạt 150÷200 mm, do đó đảm bảo độ bền, độ cứng cao khi khuôn lớn.

- Có thể áp dụng nhiều chế độ tôi và ram để đạt được yêu cầu khác nhau.

d. Thép làm khuôn chịu tải trọng va đập

Với các khuôn dập chịu va đập lớn ta dùng loại thép chứa các bon trung bình và lượng hợp kim 3÷5% để đảm bảo độ dai. Gồm các mác sau: 40CrW2Si, 50CrW2Si, 60Cr2Si, 40CrSi, 60CrSi.

Hiện tại có xu hướng sử dụng hợp kim cứng làm các khuôn dập nguội có kích thước nhỏ, đạt hiệu quả cao hơn thép.

8.3. 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.

8.3.1. 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÷700°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 như dụng cụ biến dạng nguội.

- Dụng cụ biến dạng nóng thường có kích thước lớn, chịu tải trọng lớn đến hàng trăm hàng nghìn tấn.

8.3.2. 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÷450 HB (35 ÷ 46 HRC).

- Tính chống mài mòn cao đảm bảo tạo ra hàng nghìn hàng vạn sản phẩm.

- Tính chịu nhiệt độ cao và chống mỏi nhiệt lớn.

8.3.3. Đặc điểm về thành phần hoá học và chế độ nhiệt luyện

Để đạt được các yêu cầu trên thép làm dụng cụ biến dạng nóng có các đặc điểm sau

- Các bon: Hàm lượng các bon trung bình trong khoảng từ 0,30÷0,50% tuỳ theo từng loại khuôn.

- Thành phần hợp kim: Có hàm lượng phù hợp để đảm bảo tính tôi thấu cơ tính đồng nhất và tính chịu nóng. Để nâng cao độ thấm tôi sử dụng crôm, niken. Nâng cao độ thấm tôi và chịu nóng phải dùng đến 8 ÷10% W.

- Chế độ nhiệt luyện: Gồm tôi và ram trung bình để nhận được tổ chức trôstit ram có độ cứng, độ bền, độ dai phù hợp với điều kiện làm việc.

8.3.4. Thép làm khuôn rèn

Các khuôn rèn thường có kích thước lớn, chịu tải trọng cao và va đập, bị nung nóng ít (500÷550°C) do thời gian tiếp xúc với phôi ngắn. Thường dùng các mác 50CrNiMo, 50CrNiW, 50CrNiSiW, 50CrNiTi, 50CrMnMo. Nhóm thép này có đặc điểm:

- Tính thấm tôi cao, tôi thấu trong dầu với kích thước 400 X 300 X 300 mm

- Tôi và ram từ 500÷600°C.

- Độ cứng phần đuôi nên thấp hơn phần làm việc từ 5÷10 HRC. Với búa rèn có trọng lượng > 3 tấn thường dùng 50CrNiMo, các mác còn lại dùng khi trọng lượng búa < 3 tấn.

8.3.5. Thép làm khuôn ép chảy (kéo, chồn, ép)

Khác với khuôn rèn, thép làm khuôn chồn, 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÷700°C nên phải dùng loại thép hợp kim cao (khoảng 10%) bằng crôm và vonfram. Lượng các bon từ 0,30÷0,50%. Ngoài ra còn dùng vanađi (1%) để nâng cao tính chống mài mòn và giữ cho hạt nhỏ, molipđen (1%) để nâng cao độ thấm tôi. Các mác thép thường dùng 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÷600°C (cần lưu ý phải thấm thấp hơn nhiệt độ ram).

8.4. 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...

8.4.1. 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 ÷ 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 nổ nhiệt nhỏ.

+ Sự ổn định của tổ chức ổ 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.

8.4.2. 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 $10^{-5} \div 10^{-6}$/°C. Các mác thép thông dụng: 100Cr, 100CrWMn, 140CrMn...

8.4.3. 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 loại thép sau đây:

- Thép các bon thấp: %C < 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 9: 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).

9.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GANG

9.1.1. Khái niệm

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

9.1.2. Tổ chức tế vi

- 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.

- 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 graphít). Tuỳ thuộc hình dáng của graphit người ta chia ra các loại gang xám, gang dẻo, gang cầu. Tổ chức graphit phân bố trên nền kim loại pherit, pherit-péclit, péclit. Các loại gang có graphit được sử dụng rất rộng rãi trong cơ khí.

9.2. 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.

9.2.1. 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 ÷ 3,5%.

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

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

d-Phôt 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 + Fe_3P và Fe +Fe_3P + Fe_3C). Lượng phốt pho từ 0,1 ÷ 0,20%, khi cần tính chống mài mòn cao có thể đến 0,50%. Không sử dụng tỷ lệ cao hơn vì sẽ làm gang bị dòn

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

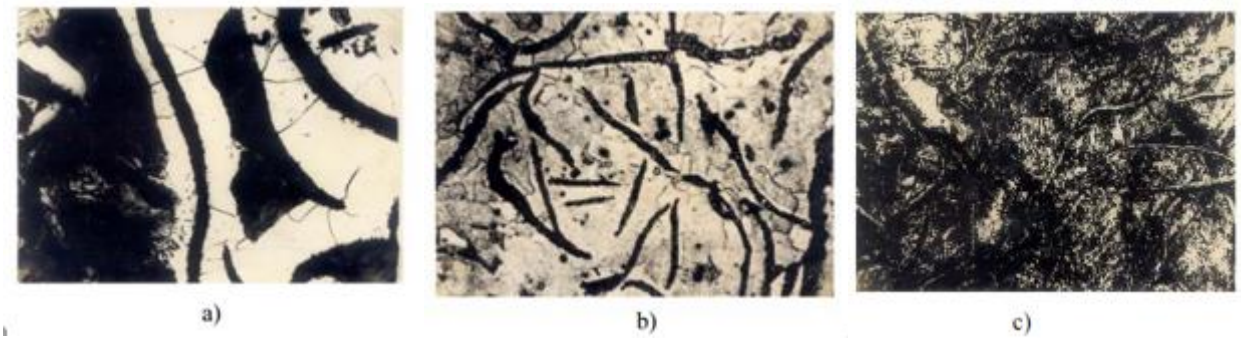
9.2.2. Tổ chức tế vi

Tổ chức tế vi của gang xám được phân ra làm hai phần gồm nền kim loại (cơ bản) và graphit. Tuỳ 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.



Hình 9.1. Tổ chức tế vi của gang xám

a) Gang xám pherit; b) Gang xám pherit-peclit; c) Gang xám péclit.

9.2.3. 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 ÷ 350MN/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÷250HB, phoi dễ gãy, cắt gọt tốt. Độ dẻo xấp xỉ không, δ≈ 0,50% không biến dạng dẻo được. Độ dai a_k < 100kJ/m^2.

b. Các biện pháp năng cao cơ tính

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

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

- Biến tính: Để làm nhỏ mịn graphit, chất biến tính gồm 65% pherô silic (FeSi) và 35%A1 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 thẩm 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.

9.2.4. 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...

9.3. GANG XÁM BIẾN TRẮNG

Trong sản xuất cơ khí hầu như không dùng gang trắng, tuy nhiên trong một số trường hợp để sản xuất bi nghiền, trục nghiền, trục xay xát ta sử dụng gang xám biến trắng. Loại gang này có bề mặt bị biến thành gang trắng với chiều dày nhất định có độ cứng cao và tính chống mài mòn lớn. Chế tạo gang xám biến trắng bằng cách đúc gang xám trong khuôn kim loại, lớp bề mặt nguội nhanh sẽ biến thành gang trắng.

9.4. GANG DẺO

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

9.4.1. Thành phần hoá học

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

9.4.2. Tổ chức tế vi

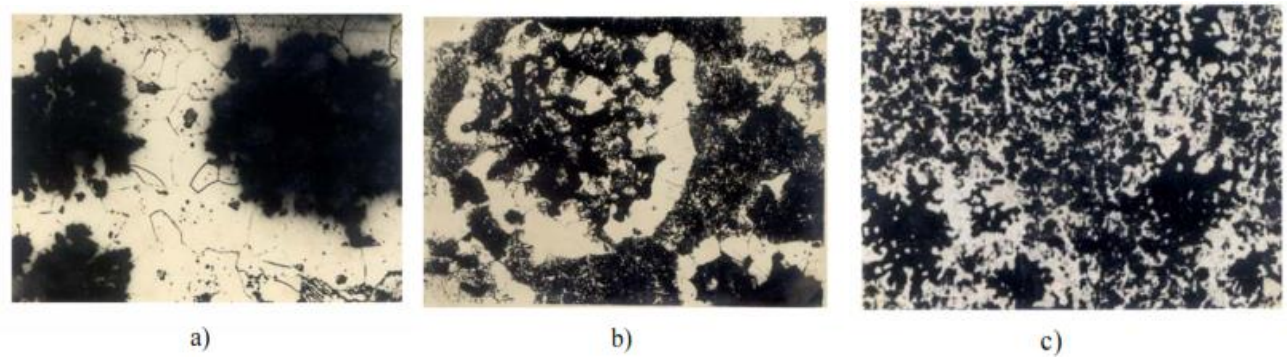
Tương tự như gang xám, tuỳ theo mức độ tạo thành graphit (graphit hoá), gang dẻo được chia ra làm ba loại:

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

b. Gang dẻo pherit-peclit: Là gang có nền kim loại thép trước cùng tích và graphit cụm hay bông.

c. Gang dẻo 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 đô bền cao nhất.



Hình 9.2. Tổ chức tế vi của gang dẻo

a) Gang dẻo pherit; b) Gang dẻo pherit-peclit; c) Gang dẻo péclit.

c. 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 σ_h = 300÷600MN/m^2, $\sigma_{0,2}$ =200÷450MN/m^2. Độ cứng thấp trên dưới 200HB dễ cắt gọt.

d. Ký hiệu và công dụng

- ***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%.

- ***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.

9.5. 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.

9.5.1. 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 ÷ 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.

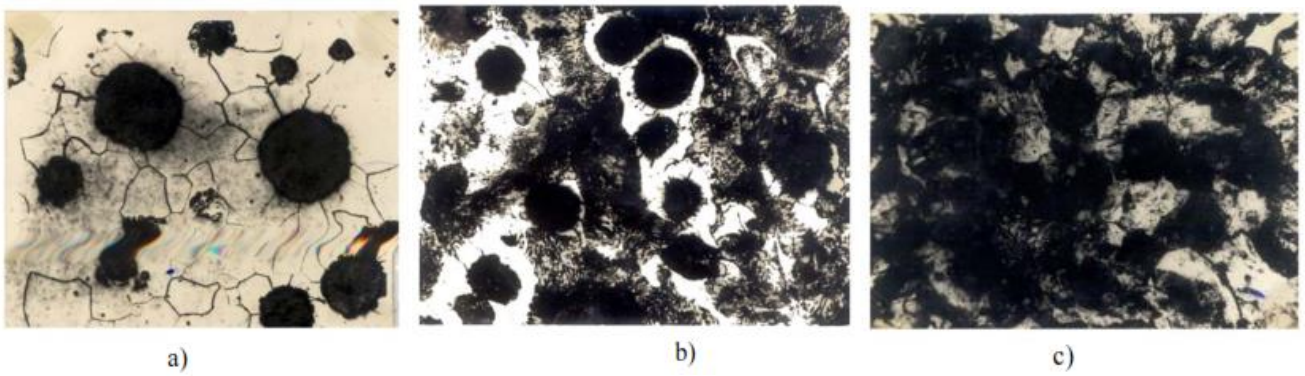
- Chứa một lượng nhỏ chất biến tính Mg hay Ce (xêri): (0,04 ÷ 0,08%).

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

9.5.2. Tổ chức tế vi

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

- Gang cầu pherit: Nền kim loại là sắt nguyên chất và graphit cầu
- Gang cầu pherit -peclit: Nền kim loại là thép trước cùng tích và graphit cầu,
- Gang cầu péclit: Nền kim loại là thép cùng tích và graphit cầu.



Hình 9.3. Tổ chức tế vi của gang cầu

a) Gang cầu pherit; b) Gang cầu pherit-peclit; c) Gang cầu péclit.

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

9.5.3. Ký hiệu và công dụng

a. Ký hiệu

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

Ví dụ: GC100-04 - có giới hạn bền kéo tối thiểu 100kG/mm^2 và độ giãn dài tương đối δ = 4%**.**

b. Công dụng

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

9.6. 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 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

a. 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 g/cm3): 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% A1

Al 99,98 chứa 99,98%A1.

10.1.2. Phân loại hợp kim nhôm

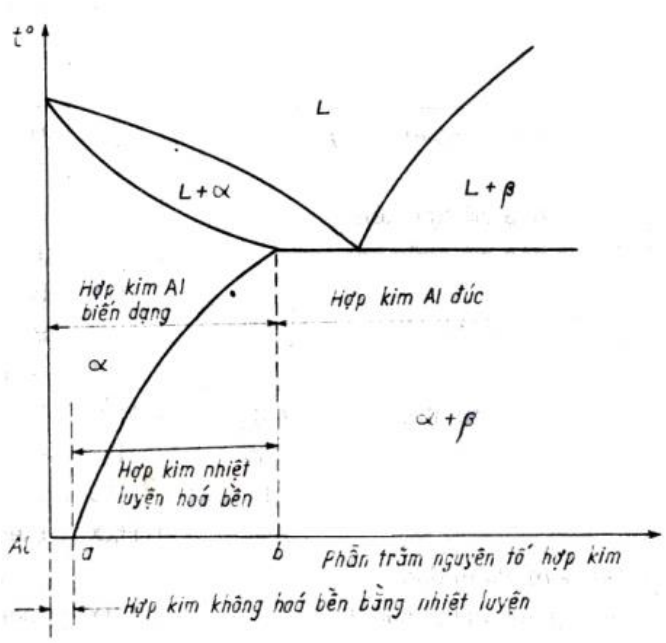
Trong kỹ thuật hầu như không sử dụng nhôm nguyên chất mà chủ yếu dụng hợp kim nhôm. Hợp kim nhôm được phân ra làm hai nhóm là hợp kim nhôm đúc và hợp kim nhôm biến dạng.

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 là 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 nhắt 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 gồm 4,4%Cu; 0,5%Mg; 0,8%Mn; còn lại Al

AlCu4,4Mg1Fe1,5Mn0,6 gồm 4,4%Cu; l%Mg; l,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: AlSi12Cu2MglMn0,6NilĐ gồm 12%Si; 2%Cu; l%Mg; 0,6%Mn; l%Ni; còn lại là Al. Chữ Đ chỉ hợp kim nhôm đúc.

AlCu5Mg1Ni3Mn0,2Đ 5%Cu; l%Mg; 3%Ni; 0,2%Mn 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.

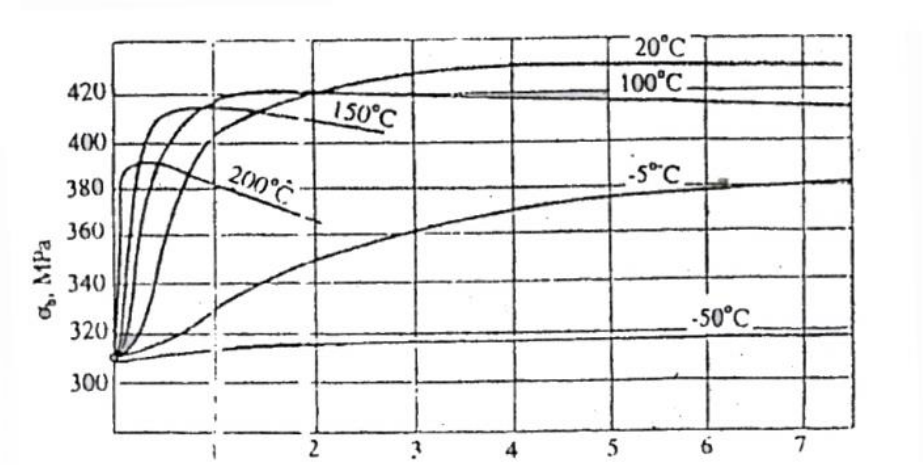
10.1.3. Hợp kim nhôm biến dạng

Ta chỉ nhiên cứu hợp kim nhôm hóa bền được bằng nhiệt luyện vì chúng có vai trò quan trọng trong ngành vật liệu.

- ***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% ỏ nhiệt độ thường). Lượng đồng dư thừa được tiết ra dưới dạng hợp chất hóa học $CuAl_{2II}$ (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 dich rắn α chứa 0,5%Cu và một lượng nhỏ $CuAl_{2n}$ (khoảng 7%) có độ cứng và độ bền thấp thấp (200MPa). Khi nung nóng đến cao hơn đường giới hạn hòa tan (520°C) pha $CuA1_{2II}$ 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 $CuA1_{2II}$ 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 hoá 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.

- ***Đura (nhôm cứng)***

Đura là hợp kim hệ Al-Cu-Mg (4%Cu; 0,5 ÷l,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 (σ_b = 450 ÷480 MPa), khối lượng riêng nhỏ (γ = 2,7 g/cm^2) 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

10.1.4. Hợp kim nhôm đúc

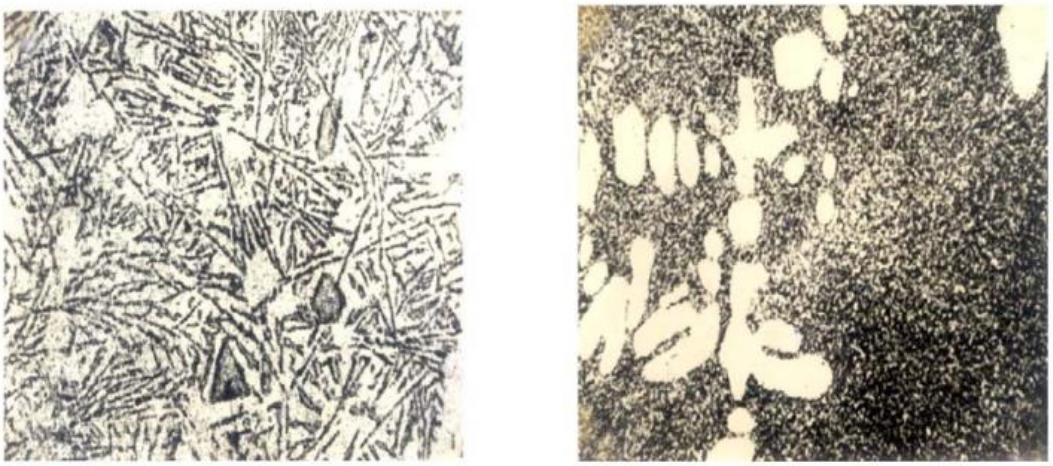
Hợp kim nhôm đúc thường dùng phổ biến nhất trên cơ sở Al-Si và thành phần chủ yếu là cùng tinh (do đó thường gọi là silumin). Cơ tính của vật đúc phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ nguội và biến tính khi đúc. Thường đúc trong khuôn kim loại để nhận được tổ chức nhỏ mịn do có tốc độ nguội lớn.

a. Silumin đơn giản

Là hợp kim nhôm đúc mà thành phần chủ yếu là nhôm và silic với hàm lượng silic từ 10÷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 (σ_b =130MPa; δ = 3%). Do vậy phải biến tính để nâng cao cơ tính. Dùng một hỗn hợp muối (2/3NaF + l/3NaCl) với tỷ lệ 0,05 ÷ 0,08% để biến tính. Lúc này điểm cùng tinh dịch về bên phải và nhiệt độ chảy giảm 10 ÷ 20°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 (σ_b =180MPa; δ = 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 và sau biến tính

b. 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 (σ_b =200 ÷ 250MPa; δ = 1÷6%). Các silumin phức tạp có thành phần các nguyên tố thay đổi khá rộng: 4 ÷ 30%Si; < l%Mg; 1 ÷7% 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 (σ_b = 220MPa) nhưng sau biến dạng dẻo tăng lên đáng kể (σ_b = 425MPa).

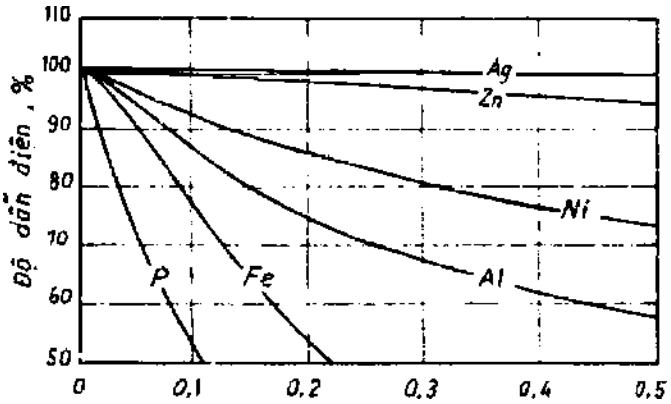
- Tính hàn khá tốt nhưng khi chứa nhiều tạp chất (đặc biệt là ô xy) giảm đi mạnh. Tuy nhiên đồng cũng có một số nhược điểm:

- Khối lượng riêng lớn (ɣ = 8,94g/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.

a. 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

LCuZn38Al1Fel la tông Có 3 8%Zn; 1%A1; l%Fe; còn lại Cu.

- ***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 (*Lập phương tâm mặt* ***)*** chứa đến 39% Zn ỏ 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.

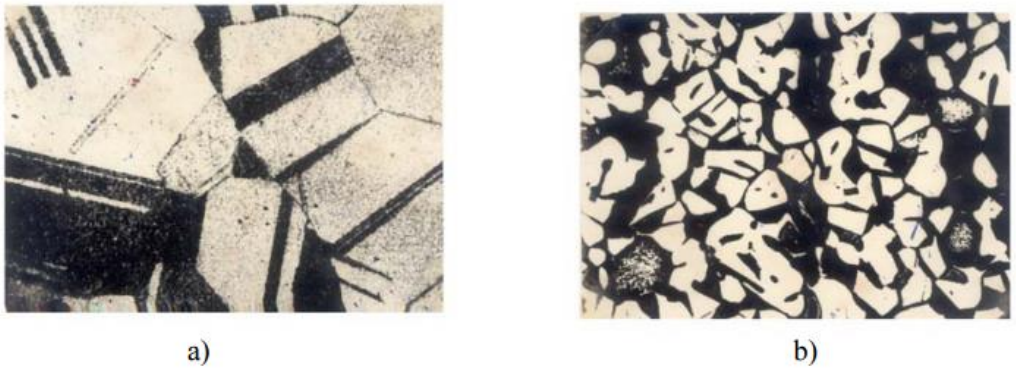
β là pha điện tử ứng với công thức CuZn (N = 3/2), là pha cứng và giòn hóa bền cho la tông. Do vậy không dùng la tông chứa cao hơn 45%Zn vì lúc này tổ chức chỉ toàn là β nên rất dòn. Trong thực tế chỉ dùng loại dưới 40%Zn với hai loại la tông một pha và la tông hai pha.

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, khuy áo quần, dây kéo (fecmơtuya) ...
- La tông chứa 20%Zn (LcuZn20) 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 (α + β) 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



Hình 10.6-Tổ chức tế vi của latông 1 pha (a) và latông 2 pha (b)

- ***La tông phức tạp***

Ngoài Cu và Zn ra còn cho thêm các nguyên tố Pb (để tăng tính cắt gọt), Sn (tăng chóng ăn mòn trong nước biển), Al và Ni (để nâng cao giới hạn bền) như: LCuZn36A13Ni2; LCuZn30Snl; LCuZn40Pbl. La tông phức tạp dùng làm các chi tiết máy yêu cầu độ bền cao hơn, làm việc trong nước biển...

b. 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).

- ***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 là dung dịch rắn α và pha điện tử δ. Chúng gồm hai loại là brông thiếc biến dạng và đúc.

Đặc điểm của brông thiếc là:

- Độ bền cao, độ dẻo tốt nên thường dùng với lượng chứa đến 8%Sn.

- Tính đúc tốt như ít co (độ co <1%), điền đầy khuôn cao.

- Chống ăn mòn cao, đặc biệt trong khí quyển ẩm biển: 0,001mm/năm.

- ***Brông thiếc biến dạng***

Thường chứa ít hơn 8%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).

- ***Brông thiếc đúc***

Là loại chứa nhiều hơn 10% Sn hay với tổng lượng các nguyên tố hợp kim lớn hơn 12%. Thường dùng các loại như BcuSnl0Zn2; BCuSn5Zn5Pb5.

Công dụng làm các tượng đài, chuông, phù điêu, họa tiết trang trí...

➢ ***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÷9%Al): BCuA15, BCuA17, BCuA19Fe4 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%A1): Có tổ chức là (α + β) có độ bền độ cứng cao hơn và có thể nhiệt luyện được như BCuA110Fe4Ni4 dùng làm bạc lót trục.

➢ ***Brông berili***

Là hợp kim của Cu với 2%Be (BCuBe2) có giới hạn đàn hồi cao không thua kém thép đàn hồi ($\sigma_{đh}$ = 1000MPa), có độ cứng và tính chống ăn mòn cao làm việc đến 300÷3400C. Nó không phát ra tia lửa khi va đập nên rất thuận tiện trong công nghiệp khai thác mỏ, làm các thiết bị điện ổ nhiệt độ cao...

10.3. HỢP KIM LÀM Ổ TRƯỢT

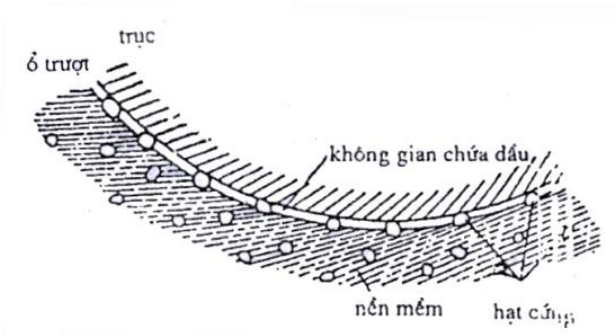
Mặc dù ổ lăn được sử dụng rất rộng rãi, nhưng ngày nay các loại ổ trượt vẫn có vị trí đáng kể trong máy móc và thiết bị vì chúng có một số ưu điểm nhất định: Dễ chế tạo, dễ thay thế, giá thành thấp và trong một số trường hợp chỉ có ổ trượt mới lắp ghép được (trục khuỷu) hay chịu được va đập và tải trọng 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. Do 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.

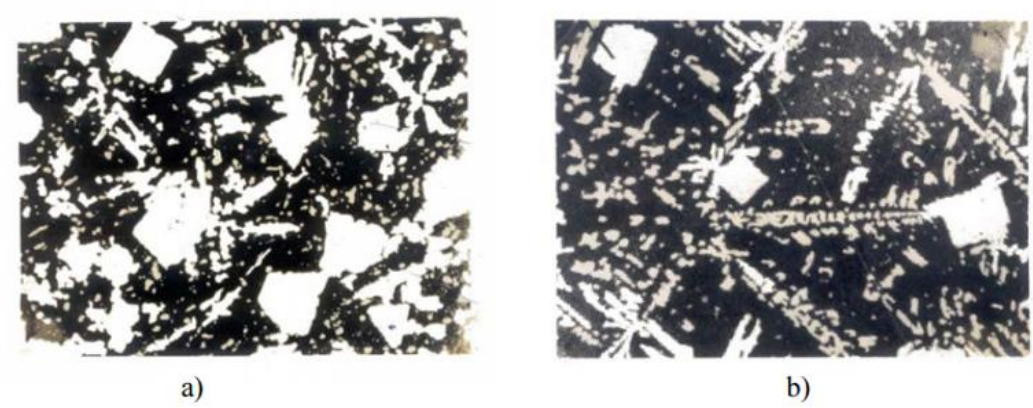
Các hợp kim làm ổ trượt được phân làm hai nhóm: Nhóm có nhiệt độ nóng chảy thấp và nhóm có nhiệt độ nóng chảy cao.

10.3.2. Hợp kim làm ổ trượt có nhiệt độ chảy thấp (babit)

Các hợp kim làm ổ trượt trên cơ sổ 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 Babit). 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.

a. 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 điêden...Thông dụng nhất là hai loại SnSbllCu6 (Б83) và SnSb8Cu3 (Б 89). 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).



Hình 10.8-Tổ chức tế vi của Б83(a) và Б89 (b)

b. Babít chì

Là hợp kim trên cơ sở chì với 6 ÷ 16%Sn, 6 ÷ 16%Sb và l%Cu. Tổ chức của nó gồm nền mềm là cùng tinh (Pb+Sb) hạt cứng là SnSb và Cu3Sn. Hiện tại sử dụng phổ biến PbSn6Sb6Cul (Б6) và PbSnl6Sbl6Cul (Б 16) dùng làm ổ trượt trong các động cơ xăng thay cho babit thiếc. Loại chứa 6%Sb chịu va đập, loại 16%Sb do có nhiều hạt cứng hơn nên không chịu va đập.

c. Babit 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 ÷ 20%, ngoài ra có thêm một lương nhỏ Cu, Ni, Si. Tổ chức của nó gồm nền mềm là dung dịch rắn trên cơ sổ Al và hạt cứng là các hợp chất hóa học trong dung dịch rắn. Các số hiệu AlSn9Cul, AlSn20Cul, AlSn3Cul... dùng trong các động cơ điêden chúng có đặc điểm là chịu được áp lực cao (200 ÷ 300kG/cm^2) và tốc độ vòng lớn (1 ÷ 20m/s)

10.3.3. Hợp kim làm ổ trượt có nhiệt độ chảy cao

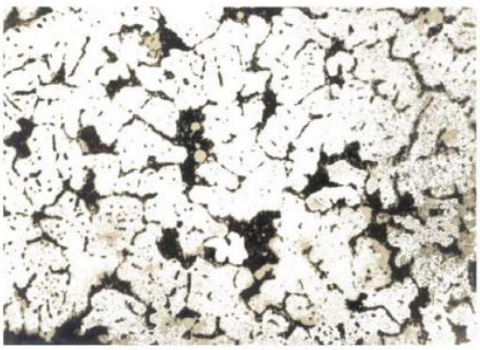
Nhóm này có đặc điểm chung là chịu được áp lực cao và có độ bền lớn. Tổ chức của chúng thường là nền cứng hạt mềm hay nền dai hạt mềm, hệ số ma sát lớn hơn.

a. 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.

b. 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÷10%) và pha thêm thiếc: BcuSn12Pb8, BcuSn10Pb10. Chúng được dùng làm các ổ trượt quan trọng như tua bin công suất lớn.



Hình 10.9: Tổ chức tế vi brông chì

10.3.4. 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: АЧС-1; А Ч С-2; А ЧВ-1; АЧВ-2; А ЧК-1; А ЧК-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, céramic, pôlyme, ximăng, thủy tinh, cao su...

11.1. VẬT LIỆU KẾT HỢP (COMPOSIT)

Khái niệm: Vật liệu compozit 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

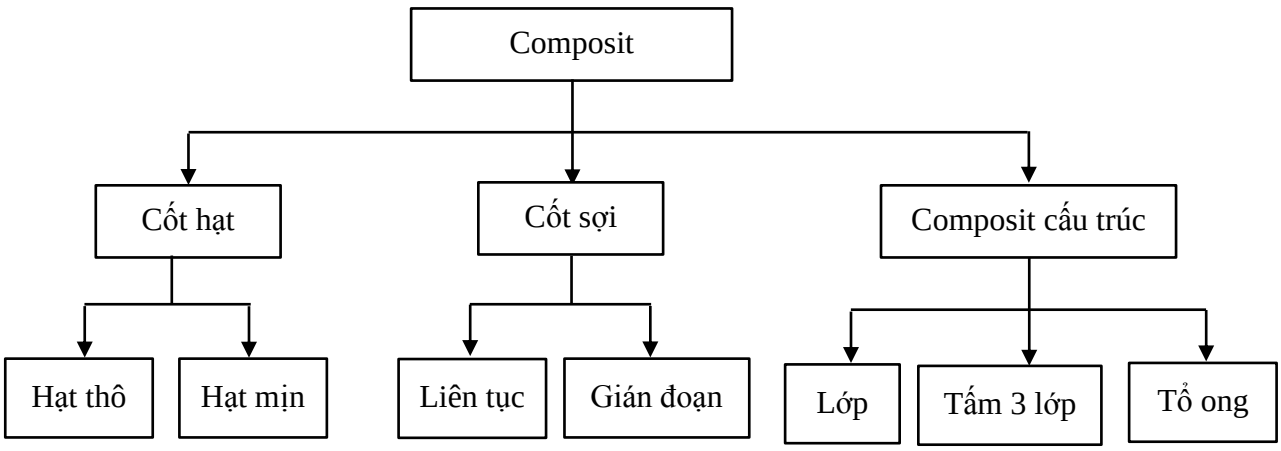
11.1.1. Đặc điểm và phân loại

a. 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 compozit 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.

b. 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 céramic)
  - + Composit nền là hỗn hợp của hai hay nhiều pha.
- Phân loại theo hình học của cốt hoặc đặc điểm cấu trúc



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.

Nền

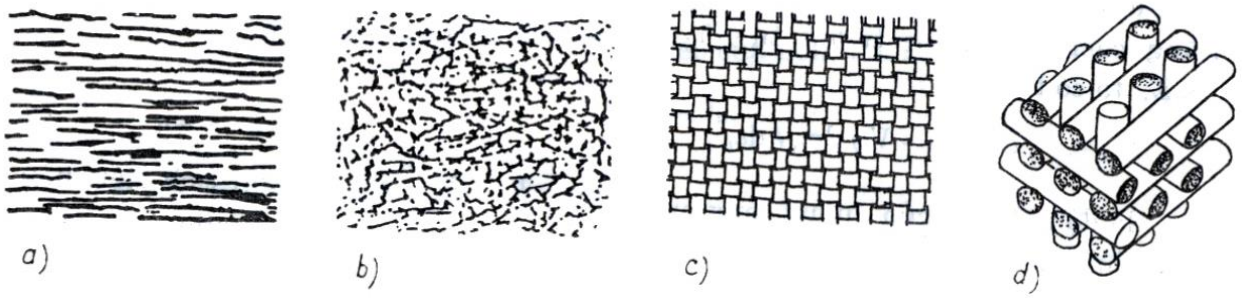
Nền có vai trò sau đây:

+ 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.

➢ ***Các loại vật liệu composit thông dụng***

- 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 như 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 như cửa, tường ngăn, trần nhà ...



Hình 11.1- Sơ đồ phân bô cốt sợi

a) Một chiều song song; b) Ngẫu nhiên, rối 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 như đá, sỏi... liên kết bởi nền là xi măng.

Bê tông at phan (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 /mm, cứng và ổn định nhiệt cao, phân bố trên nền kim loại hay hợp kim, được sử dụng trong lĩnh vực nhiệt độ cao.
- 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 mui 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)

➢ ***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 céramic đã có ngay các cơ lý hóa tính cần thiết.

11.2.1. Đặc điểm

Trong vật liệu céramic 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÷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.

11.2.2. Các loại vật liệu céramic thông dụng

a. Céramic xốp làm tẩm lọc

Thông dụng nhất là loại céramic xốp với hạt hình cầu, có độ xốp 30÷40% có khả năng lọc các tạp chất cỡ hạt đến 10 μm. Nếu dùng loại hạt không phải hình cầu độ xốp đạt được 60÷70% lọc được tạp chất cỡ 1 ÷2 μm.

Công dụng

- Các lọc trên cơ sở brông như lọc nhiên liệu lỏng, dầu, không khí, nước.
- Các lọc bằng thép không rỉ như lọc khí lò cao, không khí, a xit, kiềm.

- Các lọc bằng titan như lọc a xit acétit, nước cường toan (Nó được tạo thành bằng cách trộn lẫn dung dịch axit nitric đậm đặc và dung dịch axít clohiđric đậm đặc, tối ưu là ở tỉ lệ mol 1:3. Nó là một trong số ít thuốc thử có khả năng hòa tan vàng và bạch kim), các khí cháy.
- Các lọc bằng tantan như lọc a xit sunphuríc, nitrit, clohydrit.

b. Céramic xốp công dụng đặc biệt

Là céramic 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 ÷1,5%.

c. Céramic xốp chống ma sát

Các ổ trượt chế tạo từ céramic xốp rẻ tiền hơn các loại babit. Đặc điểm của céramic xốp chống ma sát là do có các lỗ xốp (20÷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:

- ***Hợp kim trên cơ sở sắt (bạc sắt xốp)***

Chủ yếu dùng bột sắt, trộn thêm 0,3 + 3% graphit ngoài ra có thể cho thêm bột can xi (2,5 ÷10%) hay lưu huỳnh (0,8 ÷1%), 4% ZnS hay 3,5% CuS. Sau khi thiêu kết xong đem ngâm trong dầu nóng với thời gian từ 40 ÷ 90 giờ tùy theo yêu cầu độ ngẩm dầu.

- ***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÷3% graphit để giảm ma sát.

- ***Vật liệu xốp kim loại -chất dẻo***

Bằng cách tẩm các chất dẻo như flo, teflon, fluoran lên bề mặt các ổ trượt bằng latông, thép không rỉ...Công dụng làm ổ trượt không cần bôi trơn trong môi trường không khí, nước, xăng dầu, một số loại a xit.

11.3. VẬT LIỆU CÉRAMIC 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:

11.3.1 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.

11.3.2 Vật liệu trên cơ sở kim loại màu

Céramic 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, ...

11.3.3 Vật liệu trên cơ sở bột đồng

Dùng bột đồng hay la tông, brông có pha thêm stêarat Li, stêarat Zn. Công dụng làm các chổi điện, tiếp điểm, màng lọc, chi tiết chịu ma sát và chống mài mòn.

11.3.4 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...

11.4. VẬT LIỆU POLYME (VẬT LIỆU HỮU CƠ)

11.4.1. Khái niệm về polyme

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.

11.4.2. Phân loại

a. Theo nguồn gốc hình thành

-Polyme thiên nhiên: Có nguồn gốc thực vật hay động vật: Xenlulô, enzim, 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 hydrocácbon (các chất dẻo và cao su).

-Polyme vô cơ: Là các polyme mà trong mạch cơ bản của chúng không có hydrocácbon. 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_2)

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 -formalđehyt).
- 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)

11.4.3. 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.

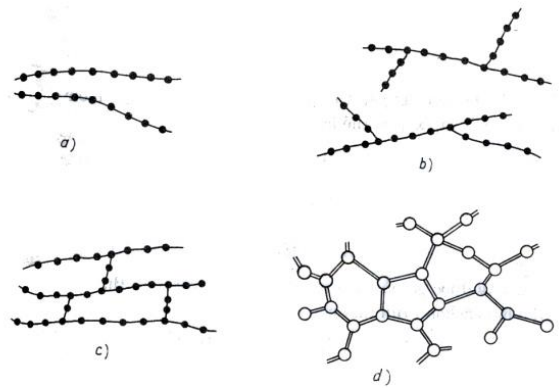
b. Cơ tính của polyme

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 dãn dài 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 dẫn tới polyme bị dòn, 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÷2,2G/cm^2 tùy từng loại.

-Độ bền riêng (Độ bền kéo/khối lượng riêng): Một số pôlyme 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} Ω/ 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 cácbonat PC truyền sáng 80%, polyeste PET truyền sáng 90%).

11.4.4. Các loại polyme thông dụng và công dụng

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

-Acrylonitrit - butadien - styren (ABS) tên thương mại: marbon, cycolac, lustran abson.

Công dụng làm đệm lót tủ lạnh, đồ chơi, dụng cụ làm vườn.

-Acrylic (polymetymet-acrylat) PMA, tên thương mại lucite, plexigalass.

Công dụng làm kính, cửa máy bay, dụng cụ đo đạc, thiết kế

-Flocacbon PTFE hay TFE, tên thương mại teílon TFE, halon TFE.

Công dụng làm van các loại, đường ống, đệm chịu hóa chất, chất bọc chống ăn mòn, chi tiết điện tử làm việc ổ nhiệt độ cao.

-Polyamit PA, tên thương mại: Nylon, zytel, plaskon. Công dụng làm ổ trượt, bánh răng, bàn chải, tay cầm, vỏ bọc dây điện, dây cáp...

-Polycacbonat PC, tên thương mại merlon, lexan. Công dụng làm mặt nạ an toàn, chao đèn, kính, nền cho phim ảnh.

-Polystyren PS, tên thương mại styren, luxtrex, rexolite.

Công dụng làm 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 làm bọc dây điện băng ghi âm, thảm trải sàn nhà, đường ống...

-Phenolíc: Tên thương mại epon, epirez, araldite.

Công dụng làm bọc các mô tơ điện, vỏ điện thoại, dụng cụ điện.

-Polyeste: Tên thương mại selectron, laminac, paraplex.

Công dụng làm 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 làm vật liệu cách điện ổ nhiệt độ cao.

Elastome: Thông dụng nhất là các loại cao su tổng hợp như cao su styren - butadien (SBR), nitrit-butadien (NBR), cao su Silicon.

-Polyisopren: Tên thương mại cao su tự nhiên (NR). Công dụng làm săm, lốp, ống, đệm...

-Copolymestyren - butadien: tên thương mại GRB, buna s (SBR). Công dụng như loại trên

-Copolyme acrilontrit - butadien: Tên thương mại buna A, nitril (NBR). Công dụng làm ống mềm dùng trong dầu hỏa, hóa chất, dầu mỡ, đế gót giày...

-Clopren: Tên thương mại neopren (CR). Công dụng làm bọc dây cách điện, thiết bị hóa chất, băng chuyền, các loại ống, đệm ...

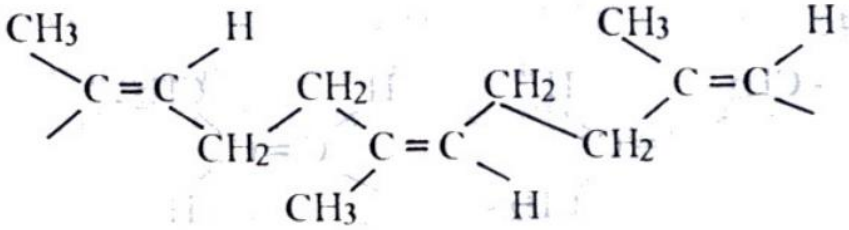
-Polysiloxan tên thương mại Silicon. Công dụng làm cách điện ở nhiệt độ cao, thấp, dùng trong y tế, chất trám đường ống trong công nghiệp thực phẩm.

11.5. CAO SU

11.5.1 Khái niệm: Cao su là một pôlyme 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.

11.5.2 Cấu tạo: Cao su là một pôlyme 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 400.000- 450.000. 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.

11.5.3 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 nối kép 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. Tuỳ 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 huynh trở nên cứng và không đàn hồi được, gọi là êbônit.



Hình 11.3 - Công thức cấu tạo của cao su

11.5.4. 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

11.5.5. Cao su thiên nhiên

Cao su thiên nhiên được lấy từ nhựa cuả một loại cây rừng nguồn gốc từ các rừng nhiệt đới châu Mỹ la tinh và châu Á, tên gọi là hêvêa. Nhựa cây hêvêa 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 0,159 μm đến 6 μm. 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%NH_3 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 ổ 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 l%Na2S03 khi keo tu H_2S0_4 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 sis.

➢ ***Tính chất chung của cao su thiên nhiên***

-Tỷ trọng: 0,91 ÷0,93 g/cm^3

-Hệ số giãn nổ thể tích: 656.10 ÷ 6dm^3/ °C

-Độ dẫn nhiệt: 335.106 cal/cm.S.°C

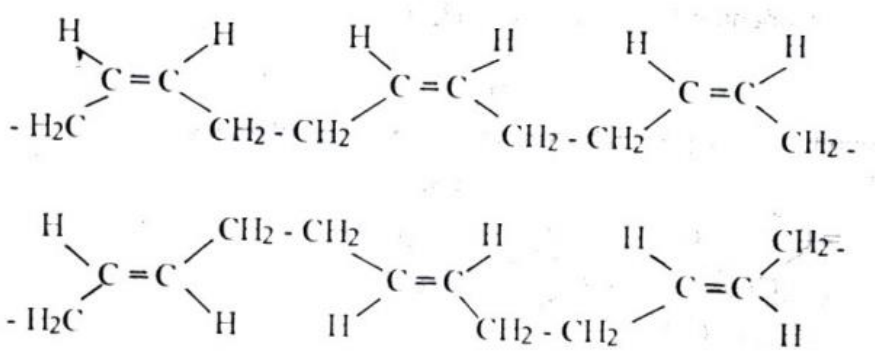
-Nhiệt dung: 0,45 ÷0,50 cal /g.°C

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.

11.5.6. Các loại cao su tổng hợp thông dụng

a. Cao su divinyl $(C_4H_6)n$

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 thuỷ tinh hoá (dòn): -110°C

-Giới hạn bền kéo đứt: 200 kG/cm^2

-Độ dãn 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 ôtô, gắn máy., xe đạp, áo mưa, găng tay, các sản phẩm côn nghiệp... cần chú ý pha thêm cao su thiên nhiên vào để nâng cao tính chất của nó.

b. 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 sis 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 thuỷ tinh hoá: -70°C

-Giới hạn bền kéo đứt: 250÷300kG/cm^2

-Độ dãn dài khi kéo đứt: 770%

Công dụng tương tự như cao su butadien.

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, tuỳ theo yêu cầu của sản phẩm mà các chất phụ gia cho vào khác nhau và công nghệ chế biến cũng khác nhau.

c. Cao su cloropren (nairit, neopren, perbunan-C)

Nguyên liệu sản xuất từ axêtylen trùng hợp thành monome cloropren.

- ***Tính chất***

-Tỷ trọng: 1,21÷1,25 g/cm^3

- Giới hạn bền kéo đứt 2÷2,65kG/mm^2

-Độ dãn 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.

d. Cao su butadien nitril (haicar, perbunan, buna-N):

Là sản phẩm đồng trùng hợp của butadien và nitril của axit acrilic. Tính chất của nó phụ thuộc vào lượng nitril cho vào trong thành phần cao su.

Bảng 11.1

Lượng nitril %	18	26	40
Tỷ trọng (g/cm^3)	0,943	0,962	0,986

Nhiệt độ thuỷ tinh hoá °C	-55	-42	-32
Độ bền kéo đứt (kG/cm^2)	-	280	350
Độ dãn dài %	"	600	"

Cao su butadien nitril là chất bán dẫn, điện trở riêng ρ = 1010÷ 1018 Ω.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.

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 mở, 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 ôtô, băng tải, bọc ống và máng vận chuyển vật liệu hạt, gót giày....

e. 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/cm^3

-Điện trở riêng: 9,4.1014 Ω.cm

-Điện áp đánh thủng 2 ÷ 28kV/mm.

Công dụng làm các chi tiết chịu nhiệt độ khá cao trong các bộ phận máy móc.

11.6 VẬT LIỆU GỖ

11.6.1. Khái niệm

Gỗ là vật liệu thiên nhiên được sử dụng khá rộng rãi trong xây dựng và trong sinh hoạt vì những ưu điểm cơ bản sau: Nhẹ, có cường độ khá cao; cách âm, cách nhiệt và cách điện tốt; dễ gia công (cưa, xẻ, bào, khoan...), vân gỗ có giá trị mỹ thuật cao.

Ở nước ta gỗ là vật liệu rất phổ biến. Rừng Việt Nam có nhiều loại gỗ tốt và quý vào bậc nhất thế giới. Khu Tây Bắc có nhiều rừng già và có nhiều loại gỗ quý như trai, đinh, lim, lát, mun, pơmu. Rừng Việt Bắc có lim, nghiến, vàng tâm. Rừng Tây Nguyên có cẩm lai, hương ...

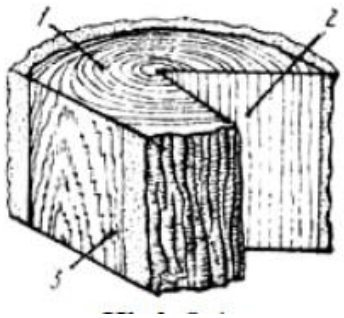
Gỗ chưa qua chế biến vẫn tồn tại những nhược điểm lớn:

+ Cấu tạo và tính chất cơ lý không đồng nhất, thường thay đổi theo từng loại gỗ, từng cây và từng phần trên thân cây.
+ Dễ hút và nhả hơi nước làm sản phẩm bị biến đổi thể tích, cong vênh, nứt tách
+ Dễ bị sâu nấm, mục mối phá hoại, dễ cháy.
+ Có nhiều khuyết tật làm giảm khả năng chịu lực và gia công chế biến khó khăn

Ngày nay với kỹ thuật gia công chế biến hiện đại người ta có thể khắc phục được những nhược điểm của gỗ, sử dụng gỗ một cách có hiệu quả hơn như: Sơn gỗ, ngâm tẩm gỗ, chế biến gỗ dán, tấm dăm bào và sợi gỗ ép.

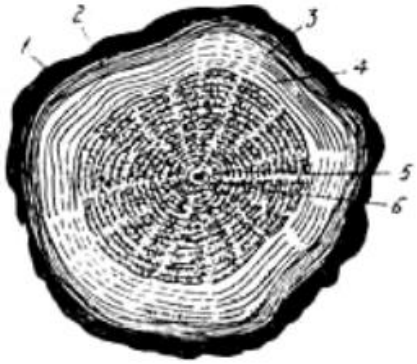
11.6.2. Cấu tạo của gỗ

Gỗ nước ta hầu hết thuộc loại cây lá rộng, gỗ cây lá kim (như thông, pơmu, kim giao, sam...) rất ít. Gỗ cây lá rộng có cấu tạo phức tạp hơn gỗ cây lá kim. Cấu tạo của gỗ có thể nhìn thấy bằng mắt thường hoặc với độ phóng đại không lớn gọi là cấu tạo thô (vĩ mô), cấu tạo của gỗ chỉ nhìn thấ



Hình 11.5. Cấu tạo thô của gỗ được quan sát trên ba mặt cắt

Ba mặt cắt chính của thân cây: 1- Mặt cắt ngang; 2- Mặt pháp tuyến; 3- Mặt tiếp tuyến.



Hình 11.6. Quan sát mặt cắt ngang thân cây

1- vỏ,2- libe, 3-lớp hình thành,4- lớp gỗ bìa, 5-lớp gỗ lõi. 6- lõi cây.

Vỏ có chức năng bảo vệ gỗ khỏi bị tác dụng cơ học.

Libe là lớp tế bào mỏng của vỏ, có chức năng là truyền và dự trữ thức ăn để nuôi cây.

Lớp hình thành gồm một lớp tế bào sống mỏng có khả năng sinh trưởng ra phía ngoài để sinh ra vỏ và vào phía trong để sinh ra gỗ.

Lớp gỗ bìa (giác) màu nhạt, chứa nhiều nước, dễ mục nát, mềm và có cường độ thấp.

Lớp gỗ lõi mầu sẫm và cứng hơn, chứa ít nước và khó bị mục mọt.

Lõi cây (tủy cây) nằm ở trung tâm, là phần mềm yếu nhất, dễ mục nát.

Nhìn toàn bộ mặt cắt ngang ta thấy phần gỗ được cấu tạo bởi các vòng tròn đồng tâm đó là các vòng tuổi. Hàng năm vào mùa xuân gỗ phát triển mạnh, lớp gỗ xuân dày, màu nhạt, chứa nhiều nước. Vào mùa hạ, thu, đông gỗ phát triển chậm, lớp gỗ mỏng, màu sẫm, ít nước và cứng. Hai lớp gỗ có màu sẫm nhạt nối tiếp nhau tạo ra một tuổi gỗ. Nhìn kỹ mặt cắt ngang còn có thể phát hiện được những tia nhỏ li ti hướng vào tâm gọi là tia lõi.

11.6.4. Các tính chất cơ bản của vật liệu gỗ

- **Tính chất vật lý**

- ***Độ ẩm và tính hút ẩm***

Độ ẩm có ảnh hưởng lớn đến tính chất của gỗ. Nước nằm trong gỗ có 3 dạng: Nước mao quản (tự do), nước hấp phụ và nước liên kết hóa học. Nước tự do nằm trong một tế bào, khoảng trống giữa các tế bào và bên trong các ống dẫn. Nước hấp phụ nằm trong vỏ tế bào và khoảng trống giữa các tế bào. Nước liên kết hóa học nằm trong thành phần hóa học của các chất tạo gỗ. Trong cây gỗ đang phát triển chứa cả nước hấp phụ và nước tự do, hoặc chỉ có chứa nước hấp phụ. Trạng thái của gỗ chứa nước hấp phụ cực đại và không có nước tự do gọi là giới hạn bão hòa thớ (W_{bht}). Tùy từng loại gỗ giới hạn bão hòa thớ có thể dao động từ 23 đến 35%.

Khi sấy, nước từ từ tách ra khỏi mặt ngoài, nước từ lớp gỗ bên trong chuyển dần ra thay thế. Còn khi gỗ khô thì nó lại hút nước từ không khí.

Mức độ hút hơi nước phụ thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí. Vì độ ẩm của không khí không cố định nên độ ẩm của gỗ cũng luôn luôn thay đổi. Độ ẩm mà gỗ nhận được khi người

ta giữ nó lâu dài trong không khí có độ ẩm tương đối và nhiệt độ không đổi gọi là ***độ ẩm cân bằng.***

Độ ẩm cân bằng của gỗ khô trong phòng là 8 ÷ 12%, của gỗ khô trong không khí sau khi sấy lâu dài ở ngoài không khí là 15 ÷ 18%.

Vì các chỉ tiêu tính chất của gỗ (khối lượng thể tích, cường độ) thay đổi theo độ ẩm (trong giới hạn của lượng nước hấp phụ), cho nên để so sánh người ta thường chuyển về độ ẩm tiêu chuẩn (18%).

Khối lượng riêng đối với mọi loại gỗ thường như nhau và giá trị trung bình của nó là 1,54 g/cm^3.

Khối lượng thể tích của gỗ phụ thuộc vào độ rỗng (độ rỗng của gỗ lá kim: 46 ÷81%, gỗ lá rộng: 32÷80%) và độ ẩm. Người ta chuyển khối lượng thể tích của gỗ ở độ ẩm bất kỳ (W) về khối lượng thể tích ở độ ẩm tiêu chuẩn (18%) theo công thức:

Trong đó: $\gamma_0^{18} = \gamma_0^W [1 + 0{,}01(1 - K_0)(18 - W)]$

- γ_0^W và γ_0^W - Khối lượng thể tích của gỗ có độ ẩm W và độ ẩm 18%.

- K_0 - Hệ số co thể tích.

Dựa vào khối lượng thể tích, gỗ được chia ra năm loại: Gỗ rất nhẹ (γ_0 < 400kg/m^3), gỗ nhẹ (γ_0 = 400 ÷500 kg/m^3), gỗ nhẹ vừa (γ_0 = 500÷700 kg/m^3), gỗ nặng (γ_0 = 700 ÷ 900 kg/m^3) và gỗ rất nặng (γ_0 > 900 kg/m^3).

Những loại gỗ rất nặng như gỗ nghiến (γ_0 = 1100 kg/m^3), gỗ sến (γ_0 =1080kg/m^3). Những loại gỗ rất nhẹ như: Gỗ sung, gỗ muồng trắng.

Độ co ngót của gỗ là độ giảm chiều dài và thể tích khi sấy khô. Nước mao quản bay hơi không làm cho gỗ co. Co chỉ xảy ra khi gỗ mất nước hấp phụ. Khi đó chiều dày vỏ tế bào giảm đi các mixen xích lại gần nhau làm cho kích thước của gỗ giảm.

Trương nở: Là khả năng của gỗ tăng kích thước và thể tích khi hút nước vào thành tế bào. Gỗ bị trương nở khi hút nước đến giới hạn bão hòa thớ. Trương nở cũng giống như co ngót không giống nhau theo các phương khác nhau : Dọc thớ 0,1÷0.8%, pháp tuyến: 3÷5%, tiếp tuyến 6÷12%.

Màu sắc và vân gỗ: Mỗi loại gỗ có màu sắc khác nhau. Căn cứ vào màu sắc có thể sơ bộ đánh giá phẩm chất và loại gỗ. Thí dụ: Gỗ gụ, gỗ mun có màu sẫm và đen; gỗ sến, táu có màu hồng sẫm; gỗ thông, bồ đề có màu trắng. Màu sắc của gỗ còn thay đổi theo tình trạng sâu nấm và mức độ ảnh hưởng của mưa gió. Vân gỗ cũng rất phong phú và đa dạng. Vân gỗ cây lá kim đơn giản, cây lá rộng phức tạp và đẹp (lát hoa có vân gợn mây, lát chun có vân như ánh vỏ trai). Gỗ có vân đẹp được dùng làm đồ mỹ nghệ.

Tính dẫn nhiệt: Khả năng dẫn nhiệt của gỗ không lớn và phụ thuộc vào độ rỗng, độ ẩm và phương của thớ, loại gỗ, cũng như nhiệt độ. Gỗ dẫn nhiệt theo phương dọc thớ lớn hơn theo phương ngang 1,8 lần. Trung bình hệ số dẫn nhiệt của gỗ là 0,14÷0,26 kCal/m^{0}C.h. Khi khối lượng thể tích và độ ẩm của gỗ tăng, tính dẫn nhiệt cũng tăng.

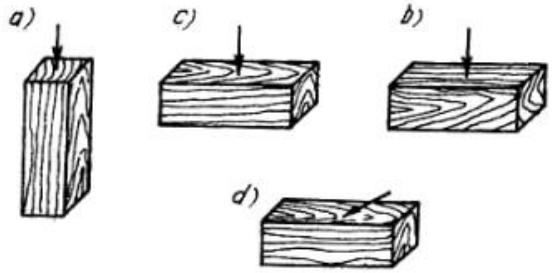
Tính truyền âm: Gỗ là vật liệu truyền âm tốt. Gỗ truyền âm nhanh hơn không khí 2 -17 lần. Âm truyền dọc thớ nhanh nhất, theo phương tiếp tuyến chậm nhất.

- **Tính chất cơ học**

Gỗ có cấu tạo không đẳng hướng nên tính chất cơ học của nó không đều theo các phương khác nhau. Tính chất cơ học của gỗ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Độ ẩm, khối lượng thể tích, tỷ lệ phần trăm của lớp gỗ sớm và lớp gỗ muộn, tình trạng khuyết tật, v v....

W- Độ ẩm của gỗ (%), W < W_{bht}

Cường độ chịu nén Cường độ chịu nén gồm có: Nén dọc thớ, nén ngang thớ pháp tuyến (xuyên tâm) nén ngang thớ tiếp tuyến và nén xiên thớ (hình 8 -4).



Hình 8.4 Các dạng chịu nén của gỗ:

a- Dọc thớ; b- Ngang thớ tiếp tuyến; c- Ngang thớ xuyên tâm; d- Xuyên thớ

Trong thực tế rất hay gặp trường hợp nén dọc thớ (cột nhà, cột cầu, dàn giáo, v.v...). Mẫu thí nghiệm nén dọc thớ có tiết diện 2 x 2 cm và chiều cao 3cm.

Nén xiên thớ cũng là những trường hợp hay gặp (đầu vì kèo).

Cường độ chịu uốn

Cường độ chịu uốn của gỗ khá cao (nhỏ hơn cường độ kéo dọc và lớn hơn cường độ nén dọc). Các kết cấu làm việc chịu uốn hay gặp là dầm, xà, vì kèo... Mẫu thí nghiệm uốn được mô tả ở hình 8 - 6 .

11.6.5. Phân loại gỗ

Các loại gỗ sử dụng chủ yếu trong xây dựng và giao thông vận tải được phân loại thành các nhóm căn cứ vào khả năng chịu lực và khối lượng thể tích như bảng 11.2 và 11.3

Bảng 11.2

Nhóm	Ứng suất, 10^5 N/m^2	
	Nén dọc	Kéo dọc
I	Từ 630 trở lên	Từ 1395 trở lên
II	525 - 629	1165 - 1394
III	440 - 524	970 - 1164
IV	365 - 439	810 - 969
V	305 - 364	675 - 809
VI	Từ 304 trở xuống	Từ 674 trở xuống

Bảng 11.3

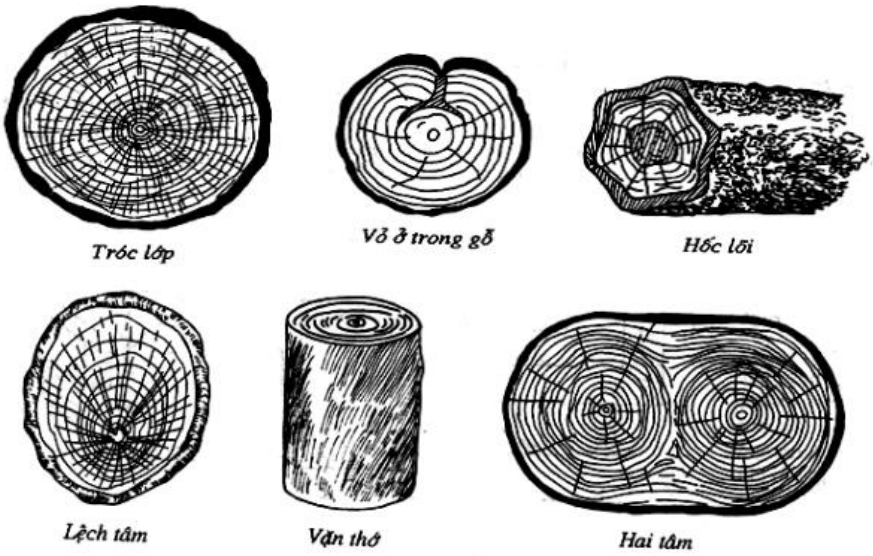
Nhóm	Khối lượng thể tích, g/cm^3
I	Từ 0,86 trở lên
II	0,73 - 0,85

III	0,62 - 0,72
IV	0,55 - 0,61
V	0,50 - 0,54
VI	Từ 0,49 trở xuống

11.6.6. Khuyết tật của gỗ

➢ **Khuyết tật do cấu tạo không bình thường**

Dạng khuyết tật này khá phổ biến bao gồm: Lệch tâm, vặn thớ, tróc lớp, hai tâm v.v.. .Các khuyết tật này (hình 8-7) đều làm giảm chất lượng của gỗ.



➢ **Hư hại của gỗ do nấm**

Nấm có thể làm gỗ bị biến màu, bị mục và giảm tính chất cơ lý. Nấm có thể phá hoại ngay khi cây gỗ còn đang sống, cây gỗ đã chặt xuống hoặc tiếp tục phá hoại gỗ ngay trong kết cấu công trình.

➢ **Hư hại của gỗ do côn trùng**

Dạng khuyết tật này xảy ra khi cây gỗ đang lớn và cây gỗ đã chặt xuống còn tươi cũng như đã khô. Mối mọt là những hư hại sâu bên trong gỗ. Khuyết tật này làm giảm chất lượng của gỗ rất nhiều, lâu dần sẽ phá hoại nghiêm trọng, ảnh hưởng đến tuổi thọ của các kết cấu gỗ.

11.6.7. Bảo quản gỗ

➢ **Phòng chống nấm và côn trùng**

Phòng chống nấm và côn trùng nhằm mục đích kéo dài tuổi thọ của gỗ có thể đạt được bằng cách bảo vệ chúng khỏi bị ẩm nhờ các biện pháp sau: Sơn hoặc quét, ngâm chiết kiềm và ngâm tẩm các chất hóa học.

Người ta dùng các loại mỡ, sơn hoặc dầu trùng hợp để sơn hoặc quét gỗ khô. Ngâm chiết kiềm là biện pháp tách nhựa cây bằng cách ngâm gỗ trong nước lạnh, trong nước nóng hoặc ngay cả khi thả trôi bè mãng trên sông, suối.

➢ **Phơi sấy gỗ**

Sấy gỗ là biện pháp làm giảm độ ẩm của gỗ, ngăn ngừa mục nát, tăng cường độ, hạn chế sự thay đổi

kích thước và hình dáng trong quá trình sử dụng, các biện pháp phơi sấy gỗ được sử dụng là sấy tự nhiên, sấy phòng,sấy điện, sấy trong chất lỏng đun nóng. Trong đó sấy tự nhiên và sấy phòng là chủ yếu.

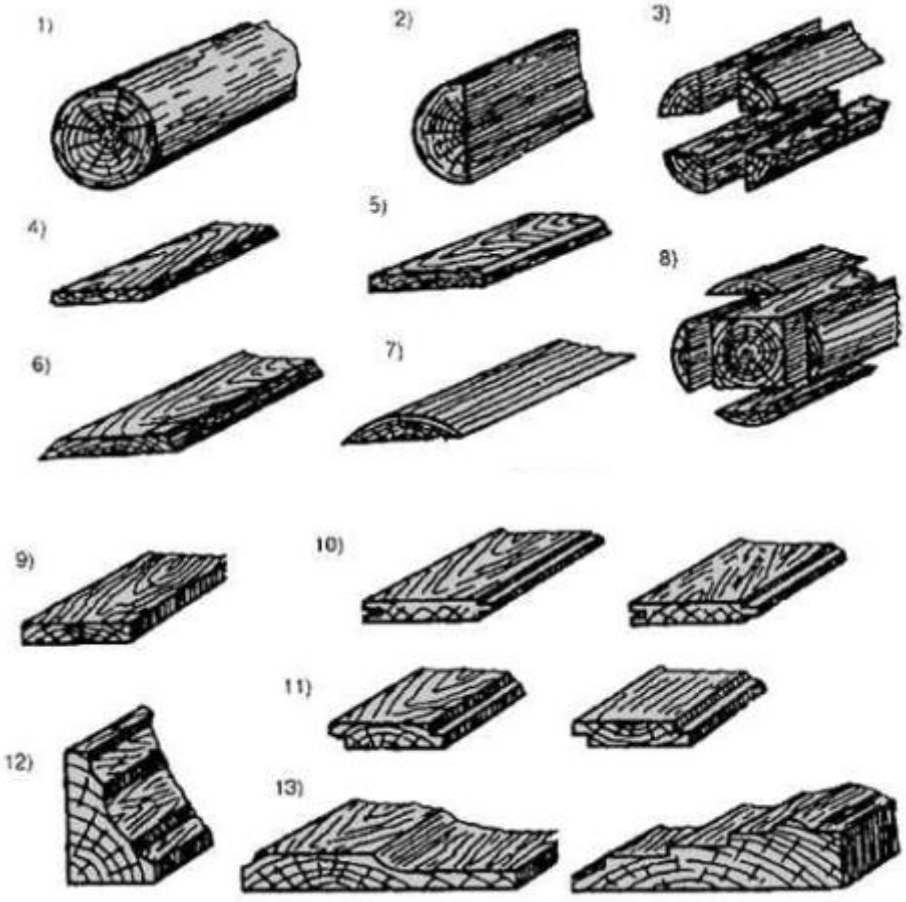
Sấy tự nhiên được tiến hành ở ngoài trời, dưới mái che hoặc trong kho kín. Tùy theo thời tiết, thời gian sấy để hạ độ ẩm từ 60% xuống 20% dao động trong khoảng 15 ÷ 60 ngày. Sấy tự nhiên không đòi hỏi trang thiết bị đặc biệt, không tiêu tốn nhiên liệu và điện năng. Nhưng sấy tự nhiên có nhược điểm như: Cần diện tích lớn, phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, không loại trừ được mục, chỉ sấy được đến độ ẩm nhất định.

Sấy phòng được tiến hành trong phòng sấy riêng có không khí nóng ẩm hoặc khí lò hơi có nhiệt độ 40 ÷ 105^0C. Trong sấy phòng với một chế độ sấy thích hợp cho phép rút ngắn thời gian sấy mà gỗ không bị cong vênh, nứt tách, giảm thấp độ ẩm của gỗ (nhỏ hơn 16%). Nhược điểm của sấy phòng là phải có thiết bị và phòng sấy, chi phí nhiên liệu điện năng và nhân lực.

Với gỗ đã xẻ phải để nơi khô ráo, thoáng, xếp gỗ trên sàn. Kê tấm nọ cách tấm kia 2 ÷ 3 cm, kê đều và phẳng, sàn cách mặt đất > 50 cm, cột chống sàn làm bằng bê tông hoặc gỗ đã tẩm thuốc hóa học.

16.6.7. Sản phẩm và kết cấu gỗ

- **Sản phẩm gỗ**



Hình 8-8 Các dạng vật liệu gỗ

1-Gỗ tròn, 2- Gỗ phiến; 3- Gỗ xẻ tư; 4, 5 – Gỗ ván; 6- Gỗ xẻ hai mặt; 7- Ván bìa; 8- Gỗ súc. 9-Gỗ ván bào bốn mặt; 10- Gỗ ván soi khe và mộng tam giác, 11-Gỗ ván soi rãnh, 12 Gờ chân tường; 13-Thanh ốp

Bằng cách gia công cơ học, người ta sản xuất ra nhiều sản phẩm gỗ khác nhau.TCVN 1072:1971 chia

gỗ làm 2 loại: gỗ tròn và gỗ xẻ. Trong gỗ xẻ còn có loại gỗ được gia công đặc biệt hơn thành gỗ ván sàn. Hình dạng của từng loại gỗ được giới thiệu trên hình 8.8

Gỗ tròn (gỗ súc)

Đường kính gỗ tròn phải đo theo đầu nhỏ, không kể vỏ và là trung bình cộng của hai đường kính vuông góc với nhau.Chiều dài gỗ tròn lấy theo chiều dài chỗ ngắn nhất.

Gỗ tròn đối với các loại cây lá rộng, theo TCVN 1073 : 1971, được chia làm bốn loại theo đường kính và chiều dài (bảng 11.4)

Bảng 11.4

Hạng	Đường kính đầu nhỏ D (cm)	Chiều dài L (m)
I	Từ 25 trở lên	Từ 2,5 trở lên
II	Từ 25 trở lên	1 < L <2,5
III	10 < D <25	Từ 2,5 trở lên
IV	10 < D <25	1 < L <2,5

Gỗ xẻ

Gỗ xẻ là các sản phẩm gỗ có trải qua quá trình gia công, cưa xẻ thành gỗ ván, gỗ hộp hoặc gỗ thanh. Gỗ để pha chế ra gỗ xẻ phải có chất lượng cao, không bị mục mọt.

Gỗ xẻ dùng trong xây dựng, giao thông vận tải, làm nông cụ, dụng cụ gia đình v.v... phải có chiều rộng và chiều dày theo đúng quy định của TCVN 1075:1971.

Gỗ ván sàn

Gỗ ván sàn có chiều dài chiều rộng được TCVN 4340: 1994

Ván sàn thành phẩm (tinh chế) có màu sắc tự nhiên của từng loại gỗ, không có vết đốm (hoặc vết loang), không biến màu do nấm mốc hoặc chất hóa học tạo nên. Ván sàn được làm từ các loại gỗ nhóm I đến nhóm IV.

- **Kết cấu gỗ**

Từ gỗ, người ta không những sản xuất ra các sản phẩm cửa đi, cửa sổ, vách ngăn, panô của cho nhà ở và cổng của nhà công nghiệp mà còn nhiều loại sản phẩm khác như dầm, trần v.v... Phần lớn các sản phẩm mộc đều được dùng bên trong nhà hoặc nơi không chịu được ảnh hưởng trực tiếp của mưa nắng ở ngoài trời.

PHỤ LỤC: CÁC HỆ THỐNG KÝ HIỆU VẬT LIỆU KIM LOẠI

Mỗi nước đều có tiêu chuẩn quy định các mác (ký hiệu) cũng như các yêu cầu kỹ thuật cho các sản phẩm kim loại của mình và có cách viết tên các kí hiệu (mác) khác nhau. Ngoài tiêu chuẩn Việt nam như đã trình bày, chúng ta thường gặp tiêu chuẩn quốc tế của các nước lớn trên thế giới: Mỹ, Nhật, Nga, Trung quốc, Pháp, Đức, Anh,... và của EU.

Tổ chức tiêu chuẩn Quốc tế ISO (International Standard Organization) tuy có đưa ra các tiêu chuẩn, song quá muộn đối với các nước công nghiệp phát triển vì họ đã có hệ thống kí hiệu từ trước và đã quen dùng, không dễ gì sửa đổi, vì thế chỉ có tác dụng với các nước đang phát triển, đang xây dựng các tiêu chuẩn.

I. HỆ THỐNG KÝ HIỆU VẬT LIỆU CÁC NƯỚC

1. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN

Các tiêu chuẩn vật liệu kim loại được ban hành chủ yếu trong các năm từ 1975 đến 1978, trong đó có tiêu chuẩn ký hiệu và tiêu chuẩn kỹ thuật.

- ***Tiêu chuẩn ký hiệu:*** Được quy định bởi TCVN 1659 - 75. Tiêu chuẩn này quy định các nguyên tắc ký hiệu vật liệu kim loại (thép, gang, hợp kim màu).

-Đối vỏi thép: Ký hiệu giống Nga, nhưng chỉ khác là số đứng đầu mác thép bao giờ cũng chỉ lượng các bon trung bình tính theo phần vạn, nguyên tố hợp kim ghi bằng ký hiệu hóa học .

-Với hợp kim màu: Đầu tiên là ký hiệu của nguyên tố gốc, sau đó là ký hiệu các nguyên tố hợp kim và lượng phần trăm của từng nguyên tố..

- ***Tiêu chuẩn kỹ thuật:*** Trong tiêu chuẩn này có các số liệu về cơ tính, thành phần hóa học, các mác vật liệu cụ thể, kích thước mẫu (nếu có) ... của từng loại vật liệu. Gồm có các tiêu chuẩn sau :

-TCVN 1765 - 75 : Thép các bon kết cấu thông dụng.

-TCVN 1766 - 75 : Thép các bon kết cấu chất lượng tốt.

-TCVN 1767 - 75 : Thép đàn hồi.

-TCVN 1822 -76 : Thép các bon dụng cụ.

-TCVN 1823 - 93 : Thép hợp kim dụng cụ (trừ thép gió).

-TCVN 3104 - 79 : Thép kết cấu hợp kim thấp.

-TCVN 2735 - 78 : Thép chống ăn mòn và bền nóng.

-TCVN 1651 - 85 : Thép cốt bê tông cán nóng.

-TCVN 5709 - 93 : Thép làm các kết cấu trong xây dựng.

Các loại vật liệu còn lại: Thép hợp kim kết cấu, thép kết cấu có công dụng riêng (dễ cắt, ổ lăn, chóng mài mòn, ăn mòn, chịu nhiệt độ cao ...), các loại gang, các hợp kim màu, chưa có tiêu chuẩn kỹ thuật cụ thể.

2. Tiêu chuẩn Nga ГОСТ, Trung Quốc GB

Do các quan hệ lịch sử, nói chung TCVN và GB đều được xây dựng theo các nguyên tắc của ГОСТ.

- **Đối với thép cán thông dụng**

Các loại thép chỉ quy định (đảm bảo) cơ tính: ГОСТ có các mác từ C_{TO} đến C_{T6}; GB : A1 đến A7 (Con

số chỉ thứ tự cấp độ bền tăng dần. Để phân biệt thép sôi, nửa lặng và lặng sau các mác ГОСТ có đuôi КП, ПС, СП; của GB có F, b (thép lặng không có đuôi);

Các loại thép quy định (bảo đảm) thành phần: ГОСТ có các mác từ $БС_{ТО}$ đến $БС_{Т6}$; GB: từ B1 đến B7;

Các loại thép quy định (bảo đảm) cả cơ tính lẫn thành phần: ГОСТ có các mác từ $ЕС_{ТI}$ đến $ЕС_{Т5}$; GB có từ C2 đến C5.

Đối với thép các bon để chế tạo máy ГОСТ và GB có các ký hiệu giống hệt nhau: Theo số phần vạn các bon, ví dụ mác 45 là thép có trung bình 0,45 %C.

Đối với thép dụng cụ các bon ГОСТ có các mác từ Y7 đến Y13, GB có từ T7 đến T13 (số chỉ phần nghìn cacbon trung bình).

Đối với thép hợp kim có cả chữ (chỉ nguyên tố hợp kim) lẫn số (chỉ lượng các bon và nguyên tố hợp kim) theo nguyên tắc:

– 2 số đầu chỉ phần vạn các bon (nếu không nhỏ hơn 1% C thì không cần ghi);

– Tiếp theo là ký hiệu của từng nguyên tố và số chỉ phần trăm của nó (nếu gần 1% hay không nhỏ hơn 1% thì không cần).

ГОСТ dùng các chữ cái Nga để ký hiệu nguyên tố hợp kim như sau: X chỉ Crôm, H chỉ Niken, B chỉ Volfram, M chỉ Molipden, T chỉ Titan, K chỉ Côban, C chỉ Silic, M chỉ Mn, P: bo; Ф: vanadi; Ю: nhôm; Д: đồng; Б: niobi; Ц ziéccôn; A: Nitơ; Ч: đất hiếm; Riêng chữ A sau cùng chỉ thép chất lượng cao ít S, P.

GB dùng chính ký hiệu hóa học để biểu thị từng nguyên tố, ví dụ: Cr cho crôm,... Như 12XH3A, 12CrNi3A là thép có khoảng 0.12%C, 1%Cr, khoảng 3%Ni với chất lượng cao. XB Г, CrWMn là thép có khoảng 1% C, khoảng 1%Cr, khoảng1%Mn và 1% W.

Đối với hợp kim mầu ГОСТ ký hiệu như sau:

- П chỉ đuy-ra, tiếp sau là số thứ tự $АМ_г$ chỉ số thứ tự Al, Mg tiếp sau là thứ tự АП chỉ hợp kim nhôm đúc tiếp sau là số thứ tự.

- Л chỉ latông tiếp sau là số chỉ phầm trăm đồng Б chỉ brông tiếp sau là dãy các nguyên tố hợp kim và dãy số chỉ phầm trăm của các nguyên tố tương ứng

GB ký hiệu hợp kim màu như sau:

- LF hợp kim nhôm chống gỉ, LY đuy-ra (cả hai loại, tiếp sau là số thứ tự), ZL: Hợp kim nhôm đúc với 3 số tiếp theo (trong đó số đầu tiên chỉ loại, ví dụ 1 chỉ Al-Si, 2 chỉ Al-Cu)

- H chỉ latông, tiếp sau là chỉ phần trăm đồng, Q là chỉ brông tiếp sau là nguyên tố hợp kim chính, số chỉ phần trăm của nguyên tố chính và tổng các nguyên tố khác.

Đối với gang ГОСТ ký hiệu như sau :

Сч chỉ gang xám và số tiếp theo chỉ σ_b (kg/mm^2) Вч chỉ gang cầu và số tiếp theo chỉ σ_b (kg/mm^2). Кч chỉ gang dẻo với các chỉ số chỉ σ_b (kg/mm^2) và δ (%)

GB ký hiệu gang như sau: HT cho gang xám và số tiếp theo chỉ σ_b (MPa). QT cho gang cầu và các số chỉ σ_b (MPa) và S (%). KTH cho gang dẻo ferit. KTZ cho gang dẻo peclit và các chỉ số tiếp theo σ_b (MPa) và S (%).

3. Tiêu chuẩn Mỹ

Mỹ gần như là nước duy nhất trên thế giới có nhiều hệ thống ký hiệu vật liệu kim loại. Cùng một

loại vật liệu nhưng có thể ký hiệu theo nhiều cách khác nhau nếu dùng các hệ thống tiêu chuẩn khác nhau, Song có ảnh hưởng lớn đến thế giới (phổ biến trong sách giáo khoa và tài liệu kỹ thuật) đặc biệt ở các nước ngoài hệ thống xã hội chủ nghĩa cũ. Có thể kể ra các hệ thống ký hiệu sau :

1- Hệ AISI (American Iron & Steel Institute)

2- Hệ ASE (Society of Automotiv Engineers)

3- Hệ ASTM (American Society of Testing and and Material)

4- Hệ AA (Aluminium Association)

5- Hệ CDA (Copper Development Association)

6- Hệ UNS (Uniíied Numbering System)

Ở đây chỉ trình bày các mác theo hệ tiêu chuẩn thường được dùng nhất đối với từng loại vật liệu kim loại.

Đối với thép cán thông thường dùng ASTM (American Society for Testing and Materials) ký hiệu theo các số tròn (42, 50, 60, 65) chỉ $\sigma_{0,2}$ min (ksi - 1ksi = 1000 psi = 6.8948MPa = 0.703kG/mm^2). Đối với bảng HSLA thường dùng SAE (Society for Automotive Engineers) ký hiệu bắt đầu bằng số 9 và hai số tiếp theo chỉ $\sigma_{0,2}$ min (ksi)

Đối với thép C và hợp kim kết cấu cho chế tạo máy thường dung hệ thống AISI/SAE với bốn số trong đó 2 số đầu chỉ loại thép, 2 số cuối cùng chỉ phần vạn cacbon:

10xx thép cacbon	4xxx thép Mo
11xx thép dễ cắt có S	5xxx thép Cr
12xx thép dễ cắt có S và P	6xxx thép Cr-V
13xx thép Mn (1,00 ÷ 1.765%)	7xxx thép W -Cr
15xx thép Mn (1.75%)	8xxx thép Ni-Cr-Mo
2xxx thép Ni	9xxx thép Si-Mn
3xxx thép Ni-Cr	xxBxx thép B
	xxLxx thép chứa P

Muốn biết thành phần cụ thể phải tra bảng. Ví dụ thép 1038 có 0,35 ÷ 0,42%C; 0,60 ÷ 0,90%Mn; %P < 0,040; %S < 0,050 cho các bán thành phẩm rèn, thanh, dây, cán nóng, cán tinh và ống không rèn; thép 5140 có 0,38 ÷ 0,43%C; 0,70 ÷ 0,90%Mn; %P < 0,035; %S < 0,040; 0,15 ÷ 0,3%Si; 0,70 ÷ 0,90%Cr

Nếu thép được bảo đảm độ thấm tôi thì đằng sau ký hiệu có thêm chữ H, ví dụ 5140 H, 1037 H. Đối với thép dụng cụ thường dùng hệ thống của AISI (American iron and steel institute) được ký hiệu bằng một chữ cái chỉ đặc điểm của thép và chỉ thứ tự quy ước:

M	Thép gió môlípđen
T	Thép gió volfram (tungsten)
H	Thép làm khuôn dập nóng (hot word)
A	Thép làm khuôn dập nguội hợp kim trung bình tự tôi, tôi trong không khí
D	Thép làm khuôn dập nguội, crôm và cácbon cao
O	Thép làm khuôn dập nguội tôi dầu (oil - hardening)
S	Thép làm dụng cụ chịu va đập (shock - resisting)
L	Thép dụng cụ có công dụng riêng hợp kim thấp (low-alloy)
P	Thép làm khuôn ép (nhựa) có cacbon thấp
W	Thép dụng cụ cacbon tôi nước (water-hardening)

Đối với thép không gỉ, tiêu chuẩn của AISI không những thịnh hành ở Mỹ mà còn được nhiều nước đưa vào tiêu chuẩn của mình, nó được ký hiệu bằng ba chữ số trong đó bắt đầu bằng 2 hoặc 3 là thép austenit, bằng 4 là thép ferit hay mactenxit.

Đối với hợp kim nhôm, tiêu chuẩn AA (Aluminum Association) có uy tín nhất ở Mỹ và trên thế giới cũng được nhiều nước chấp nhận, nó ký hiệu bằng 4 chữ số đối với loại dạng:

1xxx lớn hơn 99% Al	5xxx Al-Mg
2xxx Al-Cu	6xxx Al-Si-Mg
3xxx Al-Mn	7xxx Al-Zn
4xxx Al-Si	8xxx Al-nguyên tố khác

Hợp kim nhôm đúc cũng có 4 chữ số song trước số cuối (thường là số 0) có dấu chấm (.)

1xx.0	Nhôm sạch thương phẩm
2xx.0	Al-Cu
3xx.0	Al-Si-Cu (Mg)
4xx.0	Al-Si
5xx.0	Al-Mg
7xx.0	Al-Zn
8xx.0	Al-Sn

Đối với hợp kim đồng người ta dung hệ thống CDA (Copper Development Association):

1xx	Không nhỏ hơn 99% Cu (riêng 19x lớn hơn 97% Cu)
2xx	Cu-Zn (latông)
3xx	Cu-Zn-Pb
4xx	Cu-Zn-Sn
5xx	Cu-Sn

60x - 64x	Cu-Al và Cu-Al-nguyên tố khác
65x - 69x	Cu-Si và Cu-Zn-nguyên tố khác
7xx	Cu-Ni và Cu-Ni-nguyên tố khác

Ngoài các tổ chức tiêu chuẩn trên, ở Mỹ còn hàng chục các tổ chức khác cũng có ký hiệu riêng về vật liệu kim loại, do vậy việc phân biệt chúng rất khó khăn. Xuất phát từ ý muốn có một ký hiệu thống nhất cho mỗi thành phần cụ thể, SAE và SATM từ 1967 đã đưa ra hệ thông số thống nhất UNS (Unified Numbering System) trên cơ sở của những số trong các ký hiệu truyền thống. UNS gồm 5 con số và chữ đứng đầu chỉ loại vật liệu, ở đây chỉ giới thiệu một số: A - nhôm, C - đồng, F - gang, G - thép cacbon và thép hợp kim, H - thép bảo đảm độ thấm tôi, S - thép không gỉ và chịu nhiệt, T - thép dụng cụ.

Trong số năm con số đó sẽ có nhóm ba - bốn con số (đầu hay cuối) lấy từ các ký hiệu truyền thống kể trên (trừ gang, thép dụng cụ).

Ví dụ: UNS G 10400 xuất phát từ AISI/SAE 1040 (thép 0,40%C), UNS A 91040 xuất phát từ AA 1040 (hợp kim nhôm biến dạng có 99,40% Al).

4. Tiêu chuẩn Nhật Bản

Nhật Bản chỉ dung một tiêu chuẩn JIS (Japanese Industrial Standards), với đặc điểm là dung hoàn toàn hệ đo đường quốc tế, cụ thể là ứng suất theo MPa.

Tất cả các thép đều được bắt đầu bằng chữ S.

Thép cán thông dụng được ký hiệu bằng số chỉ giới hạn bền kéo hay giới hạn chẩy thấp nhất (tuỳ từng loại). SS - thép cán thường có tác dụng chung, SM - thép cán làm kết cấu hàn, nếu thêm chữ A là SMA - thép chống ăn mòn trong khí quyển, SB - thép tấm làm nồi hơi.

Thép cacbon để chế tạo máy: SxxC hay SxxCK trong đó xx chỉ phần vạn cacbon trung bình (chữ K ở cuối là loại có chất lượng cao: lượng P, S không lớn hơn 0,025%).

Thép hợp kim để chế tạo máy gồm hệ thống chữ và số:

+ Bắt đầu bằng SCr - thép Cr, SMn - thép Mangan, SNC - thép niken-crôm, SNCM - thép nikel-crôm-môlípđen, SCM - thép crôm-môlípđen, SACM - thép nhôm-crôm-môlípđen, SMnC - thép mangan-crôm;

+ Tiếp theo là ba chữ số trong đó hai chữ số cuối cùng chỉ phần vạn cacbon trung bình.

Thép dễ cắt được ký hiệu bằng SUM, thép đàn hồi SUP, thép ổ lăn - SUJ và sơ thứ tự.

Thép dụng cụ bắt đầu bằng SK và số thứ tự:

SKx - thép dụng cụ cacbon SKH thép gió

KSx - thép làm dao cắt và khuôn dập nguội SKD và SKT - thép làm khuôn dập nóng, đúc áp lực.

Thép không gỉ được ký hiệu bằng SUS và số tiếp theo trùng với số của AISI, thép chịu nhiệt được ký hiệu bằng SUH.

Gang xám được ký hiệu bằng FCxxx, gang cầu FCDxxx, gang dẻo lõi đen - FCMBxxx, lõi trắng - FCMWxxx, peclit - FCMPxxx, các số xxx đều chỉ giới hạn bền.

Các hợp kim nhôm và đồng có nhóm lấy số theo AA và CDA với phía trước có A (chỉ nhôm), C (chỉ đồng).

5. Tiêu chuẩn Pháp và Đức

Pháp và Đức có tiêu chuẩn AFNOR (Association Franccaise de NORmalisation) và DIN (Deutsche Institut fur Normalisierung), chúng có nhiều nét giống nhau.

Pháp, Đức cũng như các nước trong liên minh châu âu EU đang trên quá trình nhất thể hoá kinh tế cũng như tiêu chuẩn. Hiện nay các nước trong EU đã dung chung tiêu chuẩn EN 10025 - 90 về thép cán thông dụng làm kết cấu xây dựng với các mác Fe 310, Fe 360, Fe 430, Fe 510, Fe 590 (số chỉ độ bền kéo theo MPa).

Thép cacbon để chế tạo máy được ký hiệu theo số phần vạn cacbon trung bình. Ví dụ, với thép có khoảng 0,35%C AFNOR ký hiệu là C35 hay XC35 (mác sau có dao động thành phần hẹp hơn), DIN ký hiệu C35 hay CK35.

Thép hợp kim thấp (loại không có nguyên tố nào vượt quá 5%) được ký hiệu theo trật tụ sau:

- Hai chữ số đầu biểu thị lượng cacbon trung bình theo phần vạn;
- Liệt kê các nguyên tố hợp kim: DIN dùng chính ký hiệu hóa học, còn AFNOR dùng các chữ cái: C cho crôm, N cho niken, M cho mangan, S cho silic, D cho molipden, W cho volfram, V cho vanadi;
- Liệt kê lượng các nguyên tố hợp kim theo trật tự, sau khi đã nhân số phần trăm với 4 (đối với Mn, Si, Cr, Co, Ni) và với 10 (đối với các nguyên tố còn lại). Ví dụ: 34 CD4 của AFNOR và 34CrMo 4 của DIN có khoảng 0.34%C, khoảng 1% Cr và khoảng 0.10%Mo.

TCVN	ГОСТ	GB	UNS	AISI/SAE	JIS	AFNOR	DIN	BS
C45	45	45	G10450	1045	S45C	X45	C45	06A45
40Cr	40X	40Cr	G51400	5140	SCr440	42C4	42C4	530A40
0L100Cr2	ШX15	GCr15	G52986	42100	SUJ2	100C6	100C6	535A99
20Cr13	20X13	2X13	S42000	420	SUS420J1	Z20C13	X20Cr13	420S29
08Cr18Ni10	08X18H90	0Cr18Ni9	S30200	304	SUS304	Z7CN18.09	X15Cr-Ni18	304S31
CD100	Y10	T10	T72301	W109	SK4	Y1-90	10	-
210Cr12	X12	Cr12	T30403	D3	SKD1	Z200C12	C105W1	BD3
80Ư18Cr4V	P18	W18Cr4V	T12001	T1	SKH2	Z80WCV	X210C12	BT1
				----------		18-04-01	S 18-0-1	
				ASTM				

CT34	C_{T2}	A2	-	36	SS330	F3360	Fe360	Fe360
GX28-48	Ch30	HT300	F12803	No40	FC300	FGL300	GG30	260
GC50-2	Bh50	QT500-7	F33800	8055-06	FCD500	FGS500-7	GGG50	B500/7

Thép hợp kim cao (loại có ít nhất một nguyên tố vượt quá 5%) thì trước ký hiệu có chữ Z (AFNOR), X (DIN) và lượng nguyên tố hợp kim đều biểu thị đúng theo phần trăm. Ví dụ, Z20C13 (AFNOR), X20 Cr13 (DIN) là mác thép không gỉ có khoảng 0.20% C và khoảng 13%Cr.

AFNOR ký hiệu gang xám bằng FGLxxx, gang cầu bằng FGSxxx-xx và gang dẻo MBxxx-xx, trong đó nhóm ba con số đầu chỉ giới hạn bền kéo theo Mpa, nhóm hai con số sau chỉ độ giãn dài (%).

DIN ký hiệu gang xám bằng GGxx, gang cấu bằng GGGxx và gang dẻo lõi đen GTSxx-xx, gang dẻo lõi trắng GTWxx-xx với các số biểu thị giới hạn bền theo kG/mm^2 và độ giãn dài (%).

6. Tiêu chuẩn Anh

Anh với tiêu chuẩn BS (British Standard) ký hiệu thép và gang như sau:

Thép được ký hiệu bằng hệ thống chữ và số:

- Ba con số đầu chỉ loại thép;
- Một chữ: A, M, H (trong đó H chỉ thép đảm bảo độ thấm tôi);
- Hai con số sau cùng chỉ phần vạn cacbon.

Gang xám ký hiệu bằng xxx, gang cầu bằng xxx/xx, gang dẻo lõi đen bằng Bxx-xx, gang dẻo lõi trắng bằng Wxx-xx, gang dẻo peclit bằng Pxx-xx, trong đó nhóm số thứ nhất chỉ giới hạn bền kéo theo Mpa hay kG/mm^2 tùy theo có ba hay hai con số, nhóm thứ hai chỉ độ giãn dài theo %.

Thép không gỉ được ký hiệu bằng xxxSxx, trong đó xx lấy theo AISI.

II. BẢNG TIÊU CHUẨN KIM LOẠI THƯỜNG SỬ DỤNG

1- Thành phần hoá học các mác thép cạc bon chất lượng thường phân nhóm B

Mác thép	C, %	Mn, %	Si trong thép %			S, %	P, %
			Sôi	Nửa lặng	Lặng	Không quá	
BCT31	<0.23	-	-	-	-	0.06	0.06
BCT33	0.06-0.12	0.25-0.50	0.05	0.05-0.17	0.12-0.30	0.05	0.04
BCT34	0.09-0.15	0.25-0.50	0.05	0.05-0.17	0.12-0.30	0.05	0.04
BCT38	0.14-0.22	0.30-0.65	0.07	0.05-0.17	0.12-0.30	0.05	0.04
BCT42	0.18-0.27	0.40-0.70	0.07	0.05-0.17	0.12-0.30	0.05	0.04
BCT51	0.28-0.37	0.50-0.80	-	0.05-0.17	0.15-0.35	0.05	0.04
BCT61	0.38-0.49	0.50-0.80	-		0.15-0.35	0.05	0.04

2- Thành phần hoá học và cơ tính của nhóm thép kết cấu chất lượng tốt.

Mác thép	C, %	Mn, %	Cơ tính sau khi thường hoá					Độ cứng sau ủ, HB	a_k, kJ/m^2
			σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ_5, %	Ψ, %	HB		
			≥					≤	≥
C8	0.05-0.12	0.35-0.65	320	200	33	60	131	-	-
C10	0.07-0.14	0.35-0.65	340	210	31	55	143	-	-
C15	0.12-0.19	0.35-0.65	380	230	27	55	149	-	-
C20	0.17-0.24	0.35-0.65	420	250	25	50	163	-	-
C25	0.22-0.30	0.50-0.80	460	280	23	50	170	-	900
C30	0.27-0.35	0.50-0.80	500	300	21	45	179	-	800
C35	0.32-0.40	0.50-0.80	540	320	20	45	207	-	700
C40	0.37-0.45	0.50-0.80	580	340	19	40	217	187	600
C45	0.42-0.50	0.50-0.80	610	360	16	40	229	197	500
C50	0.47-0.55	0.50-0.80	640	380	14	35	241	207	400

C55	0.52-0.60	0.50-0.80	660	390	13	-	255	217	-
C60	0.57-0.65	0.50-0.80	690	410	12	35	255	217	-
C65	0.62-0.70	0.50-0.80	710	420	10	30	255	229	-
C70	0.67-0.75	0.50-0.80	730	430	9	30	269	229	-
C75	0.72-0.80	0.50-0.80	1100	900	7	30	285	241	-
C80	0.77-0.85	0.50-0.80	1100	950	6	30	285	241	-
C85	0.82-0.90	0.50-0.80	1150	1000	6	30	302	255	-

Ghi chú:

- Các mác đều chứa 0.17 - 0.37 %Si;
- Mẫu thử có đường kính và chiều dày nhỏ hơn 80 mm;
- Độ dai va đập các thép thử ở trạng thái hóa tốt;
- Cơ tính của các thép C75, C80, C85 cũng thử ở trạng thái hóa tốt (Tôi va ram cao)

3- Thành phần hoá học và cơ tính của thép xây dựng hợp kim thấp.

4- Thành phần hoá học và của thép thấm cacbon

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %						Cơ tính		
	Mác thép	C	Si	Mn	Cr	Ni	Khác	σ_b, MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ, %
19Mn	C10	0.16-0.22	0.17-0.37	0.70-1.00	<0.25	<0.25	0.35-0.65	490	340	22
09Mn2	C20	<0.12	0.17-0.24	1.40-1.80	<0.25	<0.25	0.35-0.65	470	340	21
14Mn2	15Cr	0.12-0.18	0.17-0.37	1.40-1.80	<0.3		0.40-0.70	470	340	21
17MnSi	20Cr	0.14-0.20	0.17-0.23	1.40-1.80	<0.3		0.50-0.80	520	350	23
14CrMnSi	15CrV	0.12-0.18	0.17-0.37	0.80-1.00	0.5-0.8		0.40-0.70	0.06-0.12V	350	22
15CrSiNiCu	20CrNi	0.12-0.18	0.17-0.23	0.45-0.75	0.45-0.75	1.00-1.40	0.5-0.8Ni 0.2-0.4Cu		350	21
35CrSi	12CrNi3A	0.09-0.16	0.17-0.37	0.30-0.60	0.60-0.90	2.75-3.15	0.30-0.60		600	14
18Mn2Si	12Cr2Ni4A	0.09-0.15	0.17-0.37	1.25-1.65	1.65-1.95	3.25-3.65	0.30-0.60		600	14
	18Cr2Ni4MoA	0.14-0.20	0.17-0.37	1.35-1.65	1.65-1.95	4.00-4.40	0.25-0.55	0.03-0.04Mo		
	18CrMnTi	0.17-0.23	0.17-0.37	1.00-1.30	1.00-1.30	-	0.80-1.00	0.03-0.09Ti		

25CrMnTi	0.22-0.29	1.00-1.30	-	0.80-1.00	0.03-0.09Ti
30CrMnTi	0.24-0.32	1.00-1.30	-	0.80-1.00	0.03-0.09Ti
25CrMnMo	0.23-0.29	0.90-1.20	-	0.90-1.20	0.20-0.30Mo

5- Thành phần hoá học của một số thép hoá tốt

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %					
	C	Cr	Mn	Si	Ni	Khác
C40	0.37-0.44	<0.25	<0.8	<0.37	<0.25	
C45	0.42-0.49	<0.25	<0.8	<0.37	<0.25	
40Cr	0.36-0.44	0.80-1.10	<0.8	<0.4	<0.3	
40CrB	0.37-0.45	0.80-1.10	<0.8	<0.4	<0.3	0.002-0.005B
40CrMnB	0.37-0.45	0.80-1.10	0.7-1.0	<0.4	<0.3	
30CrMnSi	0.28-0.35	0.80-1.10	0.8-1.1	0.9-1.2	<0.3	
40CrNi	0.36-0.44	0.45-0.75	<0.8	<0.4	1.0-1.4	
40CrNiMo	0.37-0.44	0.60-0.90	<0.8	<0.4	1.2-1.6	0.15-0.25Mo
40CrMnTiB	0.38-0.45	0.80-1.10	0.7-1.0	<0.4	<0.3	0.03-0.09Ti 0.002-0.005B
38CrNi3MoV	0.33-0.42	1.20-1.50	<0.8	<0.4	3.0-3.4	0.35-0.45 Mo 0.1-0.2V

6. Thành phần hóa học của thép đàn hồi

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %				
	C	Mn	Si	Cr	Khác
C70	0.67-0.75	0.5-0.8	0.17-0.37	<0.25	
65Mn	0.62-0.70	0.9-1.2	0.17-0.37	-	
60Si2	0.57-0.65	0.6-0.9	1.50-2.0	-	
60SiMn	0.55-0.65	o.8-1.o	1.30-1.80	-	
50CrV	0.46-0.54	0.5-0.8	0.17-0.37	o.8-1.1	0.1-0.2V
60Si2CrA	0.56-0.64	0.5-0.8	1.40-1.80	0.7-1.0	
60Si2Ni2A	0.56-0.64	0.5-0.8	1.40-1.80	--	1.4-1.7Ni

7. Thành phần hoá học và cơ tính của thép dễ cắt

Mác thép	Thành phần hóa học, %				Cơ tính			
	C	Mn	S	P	σ_b, MPa	δ, %	Ψ, %	HB
12S	0.08-0.16	0.60-0.90	0.08-0.20	0.08-0.15	420-570	22	36	160
20S	0.15-0.25	0.60-0.90	0.08-0.12	<0.06	460-510	20	30	168
30S	0.25-0.35	0.70-1.00	0.08-0.12	<0.06	520-670	15	25	185
40MnS	0.35-0.45	1.20-1.55	0.18-0.30	<0.05	600-750	14	20	207

8 - Một số loại thép dụng cụ chính của Mỹ (Tiêu chuẩn SAE/AISI)

Loại thép,	Thành phần các nguyên tố								Công dụng
	C	Mn	Cr	V	W	Mo	Co	Khác	
W - thép tôi nước									- Dụng cụ gia công gỗ, dụng cụ cầm tay, dụng cụ chịu va đập ở nhiệt độ thường,...
-W1	0.6-1.4	-	-	-	-	-	-	-	
-W2	0.6-1.4	-	-	0.25	-	-	-	-	
S- Thép chịu va đập									
-S1	0.5	-	1.5	2.5	-	-	-	-	Dụng cụ thủy lực, kéo, khuôn dâu,.
-S2	0.55	0.8	-	-	-	-	0.4	2Si	
Thép làm việc ở nhiệt độ tháp (O, A, D):									
O - Thép tôi dầu									
-O1	0.9	1.0	0.5	-	-	-	-	-	Dụng cụ cắt, khuôn dập nguội
-O2	0.9	1.6	-	-	-	-	-	-	
A- Thép tôi trong không khí									
-A2	1.0	-	5.0	-	-	1.0	-	-	Lỗ kéo sợi, trục cán nhỏ
-A4	1.0	2.0	1.0	-	-	1.0	-	-	
D - Thép cac bon và crôm									
-D2	1.5	-	12.0	-	1.0	1.0	-	-	Trục cán, khuôn dập nguội, calip,...
-D3	2.25	-	12.0	-	-	1.0	-	-	
H - Thép làm việc ở nhiệt độ cao									
-H10	0.40	-	3.25	0.4	-	2.5	-	-	Khuôn ép kim loại (Al, Mg). khuôn đúc, khuôn rèn- dập,...
-H21	0.35	-	3.5	-	0.9	-	-	-	
-H42	0.60	-	4.0	2.0	-	8.0	-	-	
T- Thép gió họ volfram									
-T1	0.75	-	4.0	1.0	18.0	-	-	-	Dao tiện, phay, bào, mũi khoan,...
-T6	0.80	-	4.5	1.5	20.0	-	12	-	
M- Thép gió họ W và Mo									
-M1	0.80	-	4.1	1.0	1.5	8.0	-	-	Dụng cụ cắt nhanh, có tính chống mài mòn rất cao
-M2	0.90	-	4.0	2.0	6.0	5.0	-	-	
-M30	0.80	-	2.0	1.25	2.0	0.8	5.0	-	
P-Thép làm khuôn ép Polyme									
-P1	0.17	-	2.0	-	-	0.2	-	0.5Ni	Dụng cụ ép đùn nhựa,.
-P2	0.10	-	2.6	-	-	-	-	1.25Ni	

9 - Thành phần hóa học của một số thép dụng cụ hợp kim thấp

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %				
	C	Cr	Mn	Si	W
130Cr05	1.25-1.40	0.40-0.60	-	<0.35	-
100Cr2	0.95-1.10	1.30-1.60	-	<0.35	-
90CrSi	0.85-0.95	0.95-1.25	-	1.20-1.60	-
90Mn2	0.85-0.95	-	1.5-1.7	-	-
140CrW5	1.25-1.50	0.40-0.70	-	<0.30	4.5-5.5

10 - Thành phần hóa học của một số loại thép gió

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %					
	C	Cr	W	V	Mo	Co
Nhóm thép gió có năng suất cắt bình thường						
80W18Cr4VMo	0.70-0.80	3.8-4.4	17.0-18.5	1.4-1.4	<1	-
90W9Cr4V2Mo	0.85-0.95	3.8-4.4	8.5-10.0	2.0-2.6	<1	-
85W12Cr3V2Mo	0.80-0.90	3.1-3.6	12.0-13.0	1.5-1.9	<1	-
85W6Mo5Cr4V2	0.80-0.88	3.8-4.4	5.5-6.5	1.7-2.1	5.0-5.5	-
145Ư9V5Cr4Mo	1.40-1.50	3.8-4.4	9.0-10.5	4.3-5.1	<1	-
Nhóm thép gió có năng suất cao						
90W18Cr4V2Mo	0.85-0.95	3.8-4.4	17.5-19.0	1.8-2.4	<1	-
95W9Co5Cr4V2Mo	0.90-1.00	3.8-4.4	9.0-10.5	2.0-2.6	<1	5.0-6.0
95W9Co10Cr4V2Mo	0.90-1.00	3.8-4.4	9.0-10.5	2.0-2.6	<1	9.5-10.5
150W10Co5V5Cr4Mo	1.45-1.55	4.0-4.6	10.0-11.5	4.3-5.1	<1	5.0-6.0
160W12Co5V4Cr4Mo	1.55-1.65	4.0-4.6	12.0-13.5	4.3-5.1	<1	5.0-6.0
90W18Co5Cr4V2Mo	0.85-0.95	3.8-4.4	17.5-19.0	1.8-2.4	<1	5.0-6.0
130W14V4Cr4Mo	1.20-1.30	4.0-4.6	13.0-14.5	3.4-4.1	<1	-
90W6Mo5Co5Cr4V2	0.85-0.95	3.8-4.4	5.5-6.5	1.7-2.1	5.0-5.5	5.0-6.0

11. Thành phần hoá học của một số thép khuôn dập nguội

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %					
	C	Cr	W	Mn	Si	Khác
100CrWMn	0.90-1.05	0.9-1.2	1.2-1.6	0.8-1.1	<0.4	-
100CrWSiMn	0.90-1.05	0.6-1.1	0.5-0.8	0.6-0.9	0.65-1.0	0.05-0.15V
210Cr12	2.00-2.20	11.5-13.0	-	<0.35	<0.4	-
160Cr12Mo	1.45-1.65	11.0-12.5	-	<0.35	<0.4	0.4-0.6Mo
130Cr12V	1.25-1.45	11.0-12.5	-	<0.35	<0.4	0.7-0.9V
110Cr6WV	1.05-1.15	5.5-6.5	1.1-1.5	<0.45	<0.35	0.5-0.8V
40CrSi	0.34-0.45	1.3-1.6	-	<0.40	1.2-1.6	-
40CrW2Si	0.35-0.44	1.0-1.3	2.0-2.5	<0.40	0.6-0.9	-

12. Thành phần hóa học của một số thép khuôn dập nóng

Mác thép	Thành phần các nguyên tố, %					
	C	Mn	Cr	W (Mo)	Ni (Si)	V
50CrNiMo	0.50-0.60	0.50-0.80	0.5-0.8	(0.15-0.3)	1.4-1.8	-
50CrNiW	0.50-0.60	0.50-0.80	0.5-0.8	0.4-0.7	1.4-1.8	-
50CrMnMo	0.50-0.60	1.20-1.60	0.6-0.9	(0.15-0.3)	-	-
30Cr2W8V	0.30-0.40	0.15-0.40	2.2-2.7	7.5-8.5	-	0.2-0.5
40Cr2W5MoV	0.35-0.45	0.15-0.40	2.2-3.0	4.5-5.5	-	0.6-0.9
40Cr5W2VSi	0.35-0.45	0.15-0.40	4.5-5.5	1.6-2.2	(0.8-1.2)	0.6-0.9

13 - Thành phần hóa học và cơ tính của một số loại thép không gỉ

Số hiệu thép (SAE/AISI)	Thành phần các nguyên tố				Trạng thái	Cơ tính, MPa		s, %
	C	Cr	Ni	Khác		$\sigma_{0.2}$	σ_b	
Loại Mactenxit								
410	<0.15	12.5	-	-	Tôi và ram ở 400°C	700	1000	20
420	>0.15	13.0	-	-		1375	1760	10
440B	0.75-0.95	17.0	-	-		1900	1950	3
Loại Ferit								
405	<0.08	13.0	-	0.2A1	ủ	275	450	25
430	<0.12	17.0	-	-		345	650	25
446	<0.20	25.0	-	<0.25N		350	560	20
Loại Austenit								
301	<0.15	17.0	7.0	-	ủ	275	750	50
304	<0.08	19.0	9.0	-		250	580	55
316	<0.08	17.0	12.0	2.5Mo		290	580	50
316-L	<0.03	17.0	12.0	2.5Mo		260	550	50
347	<0.08	18.0	11.0	Nb hoặc Ta		275	655	45
Loại hóa cứng tiết pha								
361(17-7PH)	0.09	17.0	7.0	1.2A1	Hóa già	1150	1650	6

14. Một số mác gang thông dụng

Mác gang	Ký hiệu tiêu chuẩn	Giới hạn bền kéo min		Giới hạn chảy min		Độ dẻo min, %	Độ cứng max, HB	Mác tương đương theo tiêu chuẩn Liên Xô cũ
		ksi	MPa	ksi	MPa			
Gang xám								
No.20B*	A48	20	138					
No.25B	A48	25	172					C 8-36
No.30B	A48	30	207					C 1-40
No.35B	A48	35	241					C 4-44
No.40B	A48	40	276					C 8-48
No.45B	A48	45	310					C 2-52
No.50B	A48	50	345					C 5-56
No.55B	A48	55	379					C 8-60
No.60B	A48	60	414					
Gang cầu								
32510	A 47-84	50		32.5		10	156	
35018	A 47-84	53		35		18	156	
22010	A47M-90		340		220	10	156	
40010	A220-88	60		40		10	149-197	
45008	A220-88	65		45		8	156-197	
45006	A220-88	65		45		6	156-207	
50005	A220-88	70		50		5	179-229	
60004	A220-88	80		60		4	197-241	
70003	A220-88	85		70		3	217-269	
80002	A220-88	95		80		2	241-285	
90001	A220-88	105		90		1	269-231	
280M10	A220M-88		400		280	10	149-197	B 0-10
310M8	A220M-88		450		310	8	156-197	
310M6	A220M-88		450		310	6	156-207	
340M5	A220M-88		480		340	5	179-229	B 5-5
410M4	A220M-88		550		410	4	197-241	
480M3	A220M-88		590		480	3	217-269	
550M2	A220M-88		650		550	2	241-285	
620M1	A220M-88		720		620	1	269-231	
Gang dẻo								
0-40-18	A536-84	60	414	40	276	18		
5-45-12	A536-84	65	448	45	310	12		
0-55-06	A536-84	80	552	55	379	6.0		
10-70-03	A536-84	100	689	70	483	3.0		
10-90-02	A536-84	120	827	90	621	2.0		

Ghi chú: Sau các ký hiệu mác gang có thể có các chữ cái A, B, C, S phụ thuộc vào đường kính mẫu thử, ở đây, B ứng với mẫu có đường kính là 30,5 mm

15. Ký hiệu, công dụng của một số đồng đỏ (TCVN 1659 - 75)

STT	Mác			Hàm lượng %				Ứng dụng
		Cu	Bi	Pb	O	P	Tổng	
1	Cu99.99	99.99	0.0005	0.001	-	0.001	0.01	Làm dây dẫn điện
2	Cu99.97	99.97	0.001	0.004	-	0.002	0.03	Làm dây dẫn hoặc chế tạo hợp kim chất lượng cao
3	Cu99.95	99.95	0.001	0.004	0.02	0.002	0.5	Như Cu99.97
4	Cu99.90	99.90	0.001	0.005	0.05	-	0.1	Làm dây dẫn điện chế tạo brông không Sn
5	Cu99.90	99.90	0.001	0.005	0.01	0.04	0.1	Như Cu99.90

16 - Thành phần, ký hiệu của một số latông theo TCVN và CDA

Tên	Ký hiệu		Thành phần, %
	TCVN	CDA	
Latông	LCuZn30	260	30Zn
Latông	LCuZn40	280	40Zn
Latông hải quân	LCuZn29Sn1	464	29Zn-1Sn
Latông	LCuZn38Al1Fe	-	38Zn1AlFe
Latông	LCuZn29Sn1Pb3	-	29Zn1Sn3Pb
Mayso	LCuZn27Ni18	770	27Zn18Ni

17. Thành phần, ký hiệu một số brông theo TCVN và CDA

STT	Ký hiệu		Thành phần, %
	TCVN	CDA	
1	BCuSn5P0.15	-	5Sn-0.1P
2	BCuSn5Zn5Pb5	836	5Sn-5Zn-5Pb
3	BCuAl5	-	5Al
4	BCuAl9Fe4	952	9Al-4Fe
5	BCuPb30	-	30Pb
6	BcuBe2	172	1.9Be-0.2Co

18 - Ký hiệu và trạng thái gia công hợp kim nhôm của Nga, Mỹ và Canada

Nga		Mỹ, Canada	
Ký hiệu	Ý nghĩa	Ký hiệu	Ý nghĩa
	Hợp kim nhôm biến dạng		*Hợp kim nhôm biến dạng và đúc*
M	ủ mềm	F	Trạng thái phôi thô
T	Tôi và hóa già tự nhiên	O	Ủ và kết tinh lại
T1	Tôi và hóa già nhân tạo	H	Trạng thái biến dạng
H	Biện cứng Biến cứng không hoàn toàn	H11	Biến dạng với mức biến cứng nhỏ
H1	Biến cứng mạnh	H12	Biến dạng với mức ¼ biến cứng
TH	Tôi, hóa già tự nhiên, biến cứng	H14	Biến dạng với mức ½ biến cứng
T1H	Tôi, biến cứng, hóa già nhân tạo	H16	Biến dạng với mức 3/4 biến cứng
T1H1	Tôi, biến cứng 20%, hóa già nhân tạo	H18	Biến dạng với mức 4/4 biến cứng
	Hợp kim nhôm đúc	H19	Biến dạng với mức biến cứng rất lớn
T1	Hóa già nhân tạo sau đúc	H2X	Biến dạng tiếp theo ủ hồi phục (X=2..9)
T2	Ủ	H3X	Biến dạng tiếp theo ổn định hóa (X=2..9)
T4	Tôi	T1	Tôi sau biến dạng nóng, hóa già tự nhiên
T5	Tôi, hóa già một phần	T3	Tôi, biến dạng nguội, hóa già tự nhiên
T6	Tôi, hóa già hóa bền cực đại	T4	Giống T3 nhưng không có biến dạng nguội
T7	Tôi, hóa già ổn định	T5	Giống T1 nhưng hóa già nhân tạo
T8	Tôi, hóa già biến mềm (qua hóa già)	T6	Giống T4 nhưng hóa già nhân tạo
		T7	Giống T6 nhưng hóa già
		T8	Tôi sau biến dạng nóng, hóa già nhân tạo
		T9	Tôi, hóa già nhân tạo, biến dạng nguội

19 - Tiêu chuẩn ký hiệu hợp kim nhôm theo Aluminum Association

Hợp kim nhôm biến dạng		Hợp kim nhôm đúc	
Hệ thống hợp kim	Loại ký hiệu	Hệ thống hợp kim	Loại ký hiệu
Al>99%	1000	Al sạch công nghiệp	100.0
Al-Cu và Al-Mg-Cu	2000	Al-Cu	200.0
Al-Mn	3000	Al-Si-Mg và Al-Si-Cu	300.0
Al-Si	4000	Al-Si	400.0
Al-Mg	5000	Al-Mg	500.0
Al-Mg-Si	6000	Al-Zn	700.0
Al-Zn-Mg và Al-Zn-Mg-Cu	7000	Al-Sn	800.0
Al-Các nguyên tố khác	8000		

20 - Bảng quy đổi thành phần, ký hiệu một số HK nhôm theo TCVN và Aluminum Association (AA)

Hệ hợp kim	Ký hiệu TCVN	Thành phần AA	Hệ hợp kim
	Hợp kim biến dạng		
Al sạch	Al 99.60	1060	99.60 Al
Al công nghiệp	Al 99.00	1100	99.00 Al
Al-Cu	AlCu4.4Mg0.5Mn0.8	2014	4.4Cu-0.5Mg-0.8Mn
Al-Cu-Mg	AlCu4.4Mg 1.5Mn0.6	2024	4.4Cu-1.5Mg-0.6Mn
Al-Mn	AlMn1.2	3004	1.2Mn-0.12Cu
Al-Mg	AlMg1.4	5050	1.4Mg
Al-Mg-Si	AlMg1Si0.6	6061	1Mg-0.6Si-0.2Cr-0.3Cu
Al-Zn-Mg	AlZn4.5Mg1.4	7005	4.5Zn-1.4Mg-0.12Cr-0.4Mn-0.15Zr
Al-Zn-Mg-Cu	AlZn5.6Mg2.5Cu4.6	7075	5.6Zn-2.5Mg-1.6Cu
	Hợp kim đúc		
Al-Cu	AlCu4.5Đ	295.0	4.5Cu-1Si
Al-Si-Cu	AlSi5.5Cu4.5Đ	308.0	5.5Si-4.5Cu
Al-Si-Mg	AlSi7Mg0.3Đ	356.0	7Si-0.3Mg
Al-Si-Mg-Cu	AlSi12Mg1.3Cu4Mn0.6Đ	-	12Si-1.3Mg-2Cu-0.6Mn-1Ni-0.2Ti