

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Chủ biên: Trịnh Tài Phú
Đồng tác giả: Nguyễn Xuân An – Lê Ngọc Kính
Lê Thị Hoa – Nguyễn Thị Ngọc Anh



GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU CƠ KHÍ
(Bản hành nội bộ)

Hà Nội – 2012

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Giáo trình này sử dụng làm tài liệu giảng dạy nội bộ trong trường cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội không sử dụng và không cho phép bất kỳ cá nhân hay tổ chức nào sử dụng giáo trình này với mục đích kinh doanh.

Mọi trích dẫn, sử dụng giáo trình này với mục đích khác hay ở nơi khác đều phải được sự đồng ý bằng văn bản của trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình “**Vật liệu cơ khí**” này được biên soạn dựa theo chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo và được tác giả cụ thể hoá bằng chương trình chi tiết.

Để đáp ứng nhu cầu về tài liệu học tập cho sinh viên và tạo điều kiện thuận lợi cho giáo viên khi giảng dạy môn học “**Vật liệu cơ khí**”. Tổ môn Lý thuyết cơ sở trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội đã biên soạn giáo trình “**Vật liệu cơ khí**”. Nội dung của giáo trình nhằm trang bị những kiến thức cơ bản về vật liệu của ngành Cơ khí cho sinh viên hệ cao đẳng nghề, trung cấp nghề. Đồng thời, đây còn là tài liệu phục vụ cho việc bổ túc nâng bậc cho công nhân ở nhà máy, xí nghiệp. Nội dung gồm hai phần.

Phần thứ nhất: Vật liệu kim loại và nhiệt luyện gồm: những tính chất chung của kim loại, gang, thép, kim loại màu và hợp kim màu, sự biến đổi tính chất của kim loại khi nhiệt luyện và các phương pháp nhiệt luyện.

Phần thứ hai: Vật liệu phi kim loại gồm các tính chất và công dụng của những vật liệu phi kim loại thường dùng trong ngành chế tạo cơ khí như, chất dẻo, gỗ, vật liệu composit.

Trong quá trình biên soạn, tổ môn đã tham khảo nhiều tài liệu vật liệu cơ khí của các trường dạy nghề, giáo trình của trường đại học Bách khoa Hà Nội và nhiều tài liệu khác

Mặc dù đã có nhiều cố gắng, song không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong được đồng nghiệp và bạn đọc góp ý kiến để tập tài liệu này ngày càng hoàn chỉnh hơn.

Xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 30 tháng 8 năm 2012

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: **Trịnh Tài Phú**
2. Các Giáo viên tổ Lý thuyết cơ sở

MỤC LỤC

	Trang	
I	Lời giới thiệu	1
II	Cấu trúc và cơ tính của vật liệu	
1	Cấu tạo và liên kết nguyên tử	2
2	Sắp xếp nguyên tử trong vật chất	7
3	Khái niệm về mạng tinh thể	9
4	Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn	19
5	Đơn tinh thể, đa tinh thể	27
6	Sự kết tinh và hình thành tổ chức kim loại	
III	Hợp kim và biến đổi tổ chức	
1	Cấu trúc tinh thể của hợp kim	33
2	Giản đồ pha của hệ hai cấu tử	43
3	giản đồ pha Fe – C	54
IV	Nhiệt luyện	
1	Khái niệm cơ bản về nhiệt luyện	67
2	Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép	69
3	Ủ và thường hóa thép	77
4	Tôi thép	84
5	Ram thép	92
6	Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép	94
7	Hóa nhiệt luyện	
V	Vật liệu kim loại	
1	Thép các bon	101
2	Thép hợp kim	112
3	Gang	134
VI	Hợp kim màu và phi kim	
1	Nhôm và hợp kim của nhôm	150
2	Đồng và hợp kim của đồng	157
3	Ni ken và hợp kim của ni ken	163
4	kẽm và hợp kim của kẽm	164
5	Gỗ	165
6	Chất dẻo	167
7	Vật liệu composit	172
8	Dung dịch trơ nguội	

MÔN HỌC: VẬT LIỆU CƠ KHÍ

Mã môn học: MH12

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học

- Vị trí:

+ Môn học có thể được bố trí trước, đồng thời hoặc sau khi sinh viên học xong các môn học chung bắt buộc.

+ Môn học được bố trí trước các môn học, mô đun đào tạo chuyên ngành.

- Tính chất

Là môn học kỹ thuật cơ sở thuộc các môn học, mô đun đào tạo nghề bắt buộc.

Mục tiêu của môn học

- Trình bày được đặc điểm, tính chất cơ lý, ký hiệu và phạm vi ứng dụng của một số vật liệu thường dùng trong ngành cơ khí như: gang, thép cacbon, thép hợp kim, hợp kim cứng, kim loại màu, vật liệu phi kim, dung dịch trơn nguội ...

- Giải thích được một số khái niệm về nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện;

- Xác định được tính chất, công dụng các loại vật liệu thường dùng cho nghề;

- Có khả năng lựa chọn được các loại vật liệu theo đúng yêu cầu của sản xuất;

- Nhiệt luyện được một số dụng cụ của nghề như dao tiện thép gió, đục...

- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

Nội dung của môn học:

1. Nội dung tổng quát và phân phối thời gian:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	BT/TH	Kiểm tra*
I	Cấu trúc và cơ tính vật liệu	9	9	0	0
	1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử.	1	1	0	0
	2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất	2	2	0	0
	3. Khái niệm về mạng tinh thể	2	2	0	0
	4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn	2	2	0	0
		1	1	0	0

	5. Đơn tinh thể và đa tinh thể	1	1	0	0
II	6. Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại				
	Hợp kim và biến đổi tổ chức	8	7	0	1
	1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim	1	1	0	0
	2. Giảm độ pha của hệ hai cấu tử	3	3	0	0
III	3. Giảm độ pha Fe - C (Fe- Fe ₃ C)	4	3	0	1
	Nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện				
	1. Khái niệm về nhiệt luyện thép	9	7	1	1
	2. Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép	0.5	0.5	0	0
	3. Ủ và thường hoá thép	1	1	0	0
	4. Tôi thép	1.5	1.5	0	0
	5. Ram thép	1.5	1.5	0	0
	6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.	1.5	0.5	1	0
	7. Hoá nhiệt luyện	1	1	0	0
IV	Vật liệu kim loại				
	1. Thép Cacbon	2	1	0	1
	2. Thép hợp kim				
V	3. Gang	12	11	0	1
	Hợp kim màu và phi kim	5	5	0	0
	1. Hợp kim màu	4	4	0	0
	2. Hợp kim cứng	3	2	0	1
	3. Gỗ	7	7	0	0
	4. Chất dẻo	3	3	0	0
	5. Vật liệu Compozit	1	1	0	0
	6. Dung dịch trơ nguội.	0.5	0.5	0	0
		1	1	0	0
		1	1	0	0
		0.5		0	0
			0.5		
	Cộng	45	41	1	3

* Ghi chú: Thời gian kiểm tra lý thuyết được tính bằng giờ lý thuyết, kiểm tra thực hành được tính bằng giờ thực hành.

Chương 1

CẤU TRÚC VÀ CƠ TÍNH CỦA VẬT LIỆU KIM LOẠI

Mã chương: MH12.1

Giới thiệu chương:

Phụ thuộc vào điều kiện tạo thành (nhiệt độ, áp suất,...) và tương tác giữa các phần tử cấu thành (lực liên kết giữa các phân tử, nguyên tử), vật chất có thể tồn tại ở trạng thái rắn, lỏng, hoặc khí (hơi). Tính chất của vật rắn (vật liệu) phụ thuộc chủ yếu vào các cách sắp xếp của các phần tử cấu thành và lực liên kết giữa chúng. Trong chương này các khái niệm cơ bản sẽ được đề cập lại: cấu tạo nguyên tử, các dạng liên kết và cấu trúc tinh thể, không tinh thể (vô định hình) của vật rắn.

Mục tiêu:

- Trình bày được đặc điểm, cấu tạo và liên kết nguyên tử của kim loại và hợp kim;
- Mô tả được các dạng liên kết nguyên tử và cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn;
- Trình bày được sự kết tinh và hình thành tổ chức kim loại;
- Trình bày được cách xác định phương và mặt của mạng tinh thể;
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

Nội dung chính

1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử.
 - 1.1. Khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử
 - 1.2. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn
2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất
 - 2.1. Chất khí
 - 2.2. Chất rắn tinh thể.
 - 2.3. Chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể.
3. Khái niệm về mạng tinh thể
 - 3.1. Tính đối xứng.

- 3.2. Ô cơ sở- ký hiệu phương, mặt.
- 3.3. Mật độ nguyên tử.
- 4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn.
 - 4.1. Chất rắn có liên kết kim loại.
 - 4.2. Chất rắn có liên kết đồng hoá trị.
 - 4.3. Chất rắn có liên kết ion.
 - 4.4. Cấu trúc polyme.
 - 4.5. Dạng thù hình
- 5. Đơn tinh thể và đa tinh thể
 - 5.1. Đơn tinh thể.
 - 5.2. Đa tinh thể
 - 5.3. Textua.
- 6. Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại
 - 6.1. Điều kiện xảy ra kết tinh
 - 6.2. Hai quá trình của sự kết tinh.
 - 6.3. Sự hình thành hạt.

1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử

Mục tiêu:

-Trình bày một số khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử và các dạng liên kết giữa chúng, những yếu tố đóng vai trò quan trọng đối với cấu trúc và tính chất của vật rắn và vật liệu;

- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

1.1. Khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử

Nguyên tử là một hệ thống bao gồm hạt nhân mang điện dương và các điện tử (electron) mang điện âm chuyển động xung quanh. Hạt nhân nguyên tử cấu tạo từ những proton và nơtron. Hạt nơtron không mang điện còn hạt proton mang điện dương, có điện tích bằng điện tích của nguyên tử. Ở trạng thái thường, nguyên tử trung hòa điện vì số lượng proton bằng số lượng điện tử. Số đó được đặc trưng bằng số thứ tự nguyên tử (Z) trong bảng tuần hoàn Mendeleev. Vì khối lượng của proton và nơtron lớn hơn rất nhiều so với điện tử (khoảng 1830 lần) cho nên khối lượng nguyên tử được xác định bằng khối lượng hạt nhân của nó. Với cùng khối lượng điện tử và proton, hạt nhân có thể chứa số lượng nơtron khác nhau và tạo thành những đồng vị của cùng một nguyên tố hóa học.

Theo cơ học lượng tử, xác suất tìm thấy điện tử trên một quỹ đạo nào đó xung quanh hạt nhân được xác định bằng bốn tham số, gọi là số lượng tử. Nói một cách khác, trạng thái năng lượng của mỗi điện tử trong nguyên tử được xác định bằng bốn số lượng tử sau đây:

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

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

Số lượng tử từ: xác định khả năng định hướng cho phép của vectơ mômen xung lượng quỹ đạo đối với chiều của từ trường bên ngoài, có trị số bằng 0, 1, 2, ..., l ;

Số lượng tử spin: xác định khả năng định hướng ngược chiều nhau của vectơ mômen xung lượng spin của điện tử,

Ngoài ra, sự phân bố điện tử theo các mức trạng thái (khả năng có mặt tại một phân lớp nào đó với một trạng thái năng lượng xác định) còn tuân theo nguyên lý Pauli: mỗi trạng thái với ba số lượng tử n, l, m xác định chỉ có thể chứa hai điện tử với spin ngược chiều nhau. Dựa vào nguyên lý này, có thể dự đoán số điện tử cho phép trên các bậc năng lượng (ứng với các lớp và phân lớp) khác nhau (bảng 1.1)

Bảng 1.1 Số lượng điện tử (số trạng thái năng lượng) trên một số lớp và phân lớp

Số lượng tử chính	Ký hiệu lớp điện tử	Ký hiệu phân lớp điện tử	Số lượng trạng thái có thể	Số lượng điện tử có thể	
				Trên phân lớp	Trên lớp
1	K	s	1	2	2
2	L	s	1	2	8
		p	3	6	
3	M	s	1	2	18
		p	3	6	
		d	5	10	
4	N	s	1	2	32
		p	3	6	
		d	5	10	
		f	7	14	

Ví dụ. nguyên tử đồng (Cu) với số thứ tự nguyên tử Z , có phân phối điện tử như sau:

1	2	33	4
K	L	M	N

Trong sơ đồ phân bố điện tử này (còn gọi là cấu hình điện tử) đã chỉ rõ: số lượng tử chính (các số nguyên 1, 2, 3...), ký hiệu phân lớp (các chữ s, p, d), số điện tử thuộc phân lớp (số mũ trên ký hiệu phân lớp) và ký hiệu lớp điện tử (hàng chữ hoa K, L, M, N phía dưới). Cần lưu ý thêm rằng, ở một điều kiện xác định, điện tử có thể chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác (thay đổi phân lớp hoặc lớp), khi đó nó sẽ phát ra hoặc hấp thụ năng lượng dưới dạng các lượng tử ánh sáng có tần số :

$$h \cdot \nu \quad (1.1)$$

h- hằng số planck ($h = 6.627 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

1.2. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn

1.2.1. Liên kết đồng hóa trị

Liên kết này tạo ra khi hai hoặc nhiều nguyên tử góp chung nhau một số điện tử để có đủ tám điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hoá trị). Ví dụ, nguyên tử của các nguyên tố hoá học trong nhóm VII B (bảng tuần hoàn Mendeleev) có cấu trúc điện tử lớp ngoài cùng là s^2p^5 (bảy điện tử). Để có đủ tám điện tử. cần kết hợp hai nguyên tử lại bằng cách góp chung hai điện tử lớp ngoài. Do vậy tạo ra một liên kết đồng hoá trị. Liên kết đồng hoá trị giữa hai nguyên tử Clo (Cl) trong phân tử Cl_2 được mô tả trên hình 1.1a. Liên kết đồng hoá trị trong vật rắn được thực hiện nhờ sự tập thể hoá điện tử giữa một nhóm các nguyên tử lân cận. Trên hình 1.1b nêu mô hình liên kết đồng hoá trị (tập thể hoá điện tử của bốn điện tử lớp ngoài cùng s^2p^2) trong mạng tinh thể Ge.

Những đặc điểm của liên kết đồng hoá trị là:

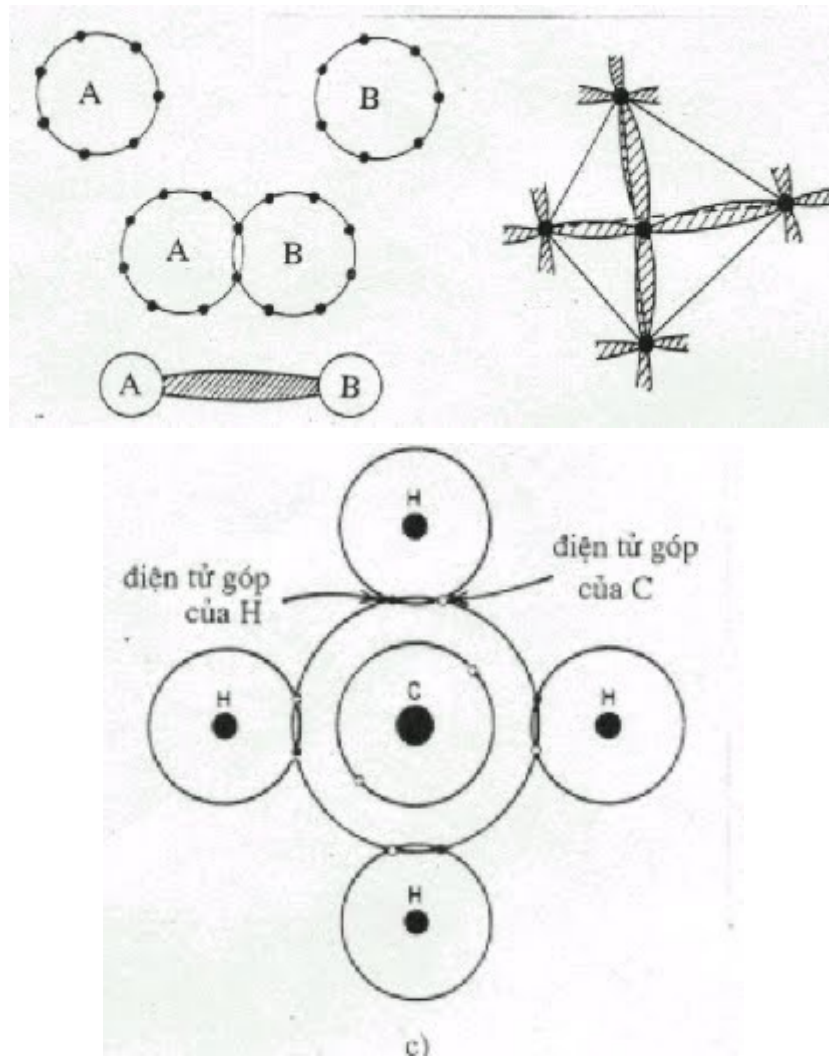
- Liên kết có tính định hướng, nghĩa là sắc xuất tồn tại các điện tử tham gia liên kết lớn nhất theo phương nối tâm các nguyên tử (hình 1.1);

- Cường độ liên kết phụ thuộc rất mạnh vào đặc tính liên kết giữa các điện tử hoá trị với hạt nhân. Ví dụ, Cacbon ở dạng thù hình kim cương có liên kết đồng hoá trị rất mạnh vì bốn điện tử hoá trị (trong tổng số sáu điện tử) liên kết cấu hình như trực tiếp với hạt nhân, trong khi đó, Sn thể hiện tính liên kết đồng hoá trị rất yếu vì bốn điện tử hoá trị (trong tổng số 50 điện tử) nằm xa hạt nhân, do đó có lực liên kết yếu đối với hạt nhân. Vì vậy kim cương có nhiệt độ nóng chảy trên 3550°C trong khi Sn nóng chảy ở 270°C ;

Liên kết này tạo ra khi hai (hoặc nhiều) nguyên tử góp chung nhau một số điện tử hóa trị để có đủ tám điện tử ở lớp ngoài cùng. Có thể lấy ba ví dụ

như sau (hình 1.1).

- Clo có 7 điện tử ở lớp ngoài cùng, mỗi nguyên tử góp chung 1 điện tử nên một phân tử gồm hai nguyên tử clo sẽ chung nhau 2 điện tử làm cho lớp điện tử ngoài cùng của nguyên tử nào cũng đủ 8 (hình 1.1a).

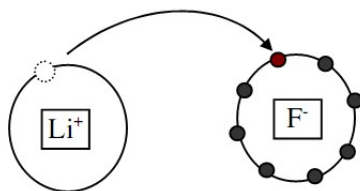


Hình 1.1. Sơ đồ biểu diễn liên kết đồng hóa trị trong: a) phân tử clo b) giecmani (Ge) c) mêtan (CH_4).

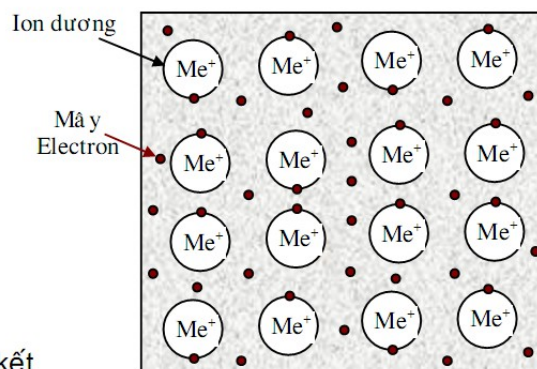
- Giecmani (Ge) có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng (4s², 4p²), mỗi nguyên tử góp chung 1 điện tử, nên một nguyên tử đã cho cần có bốn nguyên tử xung quanh để tạo nên cấu trúc bền vững với 8 điện tử (hình 1.1b). Liên kết đồng hóa trị xảy ra giữa các nguyên tử cùng loại (của nguyên tố hóa học trong các nhóm từ IVB VIIB như Cl, Ge) là loại đồng cực, còn giữa các nguyên tử khác loại như CH₄ là loại dị cực.
 - Mêtan (CH₄) chỉ có 4 điện tử ở lớp ngoài cùng như vậy là nó thiếu tới 4 điện tử để đủ 8. Trong trường hợp này nó sẽ kết hợp với bốn nguyên tử hydro để mỗi nguyên tử này góp cho nó 1 điện tử làm cho lớp điện tử ngoài cùng đủ 8. Đó là bản chất lực liên kết trong phân tử mêtan (CH₄) như biểu thị ở hình 1.1c.
- Nói chung liên kết đồng hóa trị là liên kết mạnh, tuy nhiên cường độ của nó phụ thuộc rất nhiều vào đặc tính liên kết giữa điện tử hóa trị với hạt nhân. Ví dụ: cacbon có 6 điện tử trong đó 4 là điện tử hóa trị hầu như liên kết trực tiếp với hạt nhân nếu như nó ở dạng kim cương sẽ có cường độ liên kết rất mạnh, nhiệt độ chảy lên tới 3550°C; trong khi đó thiếc có tới 50 điện tử trong đó chỉ có 4 là điện tử hóa trị nằm xa hạt nhân nên có liên kết yếu với hạt nhân, có nhiệt độ chảy rất thấp, chỉ 232°C.

1.2.2. Liên kết ion

Đây là loại liên kết mạnh và rất dễ hình dung (hình 1.2), xảy ra giữa nguyên tử có ít điện tử hóa trị để cho bớt điện tử đi để tạo thành cation (ion dương) như các nguyên tố nhóm IB (Cu, Ag, Au), IIB (Zn, Cd, Hg) với nguyên tử có nhiều điện tử hóa trị để nhận thêm điện tử để tạo thành anion (ion âm) như các nguyên tố nhóm VIB (O, S ...), VIIB (H, F, Cl, Br, I). Các ôxít kim loại như Al₂O₃, MgO, CaO, Fe₃O₄, NiO... có xu thế mạnh với tạo liên kết ion.



Hình 1.2. Sơ đồ biểu diễn liên kết ion trong phân tử LiF



Hình 1.3. Sơ đồ liên kết kim loại

Cũng giống như liên kết đồng hóa trị, liên kết ion càng mạnh khi các nguyên tử càng chứa ít điện tử, tức các điện tử cho và nhận nằm càng gần hạt nhân. Khác với liên kết đồng hóa trị là loại có liên kết định hướng (xác suất tồn tại các điện tử tham gia liên kết lớn nhất theo phương nối tâm các

nguyên tử), liên kết ion là loại không định hướng. Đặc điểm quan trọng của liên kết ion là thể hiện tính giòn cao.

1.2.3. Liên kết kim loại

Đây là loại liên kết đặc trưng cho các vật liệu kim loại, quyết định các tính chất rất đặc trưng của loại vật liệu này. Có thể hình dung liên kết này như sau: các ion dương tạo thành mạng xác định, đặt trong không gian điện tử tự do “chung”. Năng lượng liên kết là tổng hợp (cân bằng) của lực hút (giữa ion dương và điện tử tự do bao quanh) và lực đẩy (giữa các ion dương). Chính nhờ sự cân bằng này các nguyên tử, ion kim loại luôn luôn có vị trí cân bằng xác định trong đám mây điện tử. Liên kết kim loại thường được tạo ra trong kim loại là các nguyên tố có ít điện tử hóa trị, chúng liên kết yếu với hạt nhân dễ dàng bứt ra khỏi nguyên tử trở nên tự do (không bị ràng buộc bởi nguyên tử nào) và tạo thành “mây” hay “biển” điện tử. Các nguyên tố nhóm IA có tính kim loại điển hình, càng dịch sang bên phải tính chất kim loại càng giảm, còn tính đồng hóa trị trong liên kết càng tăng.

Cần nhấn mạnh là chính liên kết này tạo cho kim loại các tính chất điển hình, rất đặc trưng và được gọi là tính kim loại. Chúng bao gồm:

- Ánh kim hay vẻ sáng. Bề mặt kim loại (khi chưa bị ôxy hóa) sáng khi bị ánh sáng chiếu vào, điện tử tự do nhận năng lượng và bị kích thích, có mức năng lượng cao hơn song không ổn định, khi trở về mức cũ sẽ phát ra song ánh sáng.
- Dẫn nhiệt và dẫn điện cao. Nhờ có điện tử tự do rất dễ chuyển động định hướng dưới một hiệu điện thế làm kim loại có tính dẫn điện cao. Tính dẫn nhiệt cao được giải thích bằng sự truyền động năng của các điện tử tự do và ion dương.
- Tính dẻo cao. Đây là đặc tính rất có giá trị, nhờ có nó mà kim loại có thể cán, dát mỏng thành tấm, lá, màng, cán kéo thành thanh, sợi, dây rất thuận tiện cho vận chuyển, gia công và sử dụng. Ở một số kim loại nhờ có thêm độ bền tốt và cao đã được sử dụng rộng rãi trong các kết cấu vừa chịu tải tốt lại khó gãy, vỡ đột ngột. Sự có mặt của điện tử tự do hay mây điện tử cũng là nguyên nhân của tính dẻo cao. Các ion dương kim loại rất dễ dịch chuyển giữa các lớp đệm là mây điện tử dưới tác dụng cơ học, hơn nữa khi kim loại bị biến hình (tức các ion chuyển chỗ) liên kết kim loại vẫn được bảo tồn do vị trí tương quan giữa các ion dương và điện tử tự do không thay đổi. Đây là điều mà các loại liên kết trên không có được nên tính dẻo thấp. Ngoài ra kim loại có cấu tạo mạng đơn giản và xít chặt, trong đó các mặt tinh thể có mật độ chênh lệch nhau rõ rệt, nhờ đó các mặt dày đặc hơn có liên kết bền chắc hơn, dễ dàng trượt lên nhau dưới tác dụng cơ học. Tất nhiên không phải mọi kim loại đều có các đặc tính trên, song các kim loại thông dụng (sắt, nhôm, đồng,...) đều có các đặc tính trên rất rõ rệt.

2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất

Mục tiêu:

- Trình bày được sự sắp xếp nguyên tử trong chất khí, chất rắn tinh thể và chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập, sáng tạo để tiếp thu tốt kiến thức trong bài .

2.1. Không trật tự hoàn toàn, chất khí

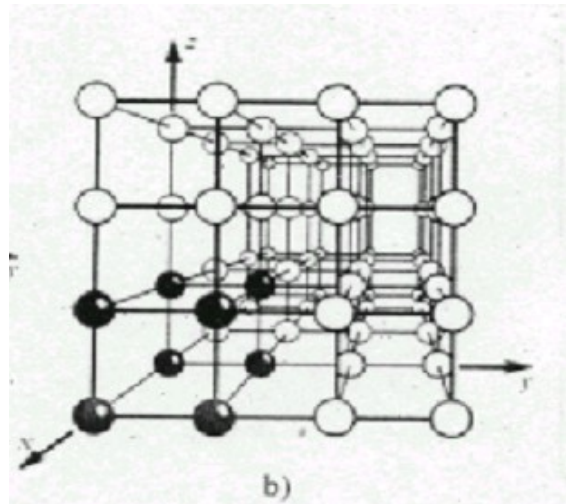
Chất khí chiếm toàn bộ thể tích chứa nó có thể nén được. Các nguyên tử (phân tử) trong chất khí luôn luôn chuyển động do ba động nhiệt số nguyên tử (phân tử) trên 1 đơn vị thể tích thay đổi. Phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất. Vị trí tương ứng giữa chúng luôn thay đổi theo quy luật ngẫu nhiên. Trung bình mỗi nguyên tử (phân tử) chiếm 1 thể tích tương ứng hình cầu. Đường kính trung bình 4 nm.

Lấy 8 nguyên tử (phân tử) của một chất khí nào đó làm gốc tọa độ, vẽ đường cong xác suất tìm thấy 1 nguyên tử (phân tử) khác. Tại khoảng cách d kể từ gốc tọa độ. Thấy rằng với $0 < d < \dots$ (tương ứng đường kính nguyên tử, phân tử) xác suất đó bằng 0. Từ giá trị $d \geq \dots$ xác suất $P(d)$ sẽ tăng liên tục bằng một tại giá trị d tương ứng đường kính trung bình của không gian hình cầu bị nguyên tử (phân tử) chiếm chỗ .

2.2. Chất rắn tinh thể

Trong vật rắn tinh thể mỗi nguyên tử có vị trí hoàn toàn xác định không chỉ so với những nguyên tử gần nhất mà cả những nguyên tử khác bất kỳ xa hơn. Không gian xung quanh các nguyên tử có cấu tạo hoàn toàn đồng nhất. Nói cách khác tinh thể có trật tự xa.

Coi các nguyên tử là những quả cầu rắn giống nhau, xếp xít nhau liên tiếp theo ba trục vuông góc x, y, z trong không gian. Nối các tâm của quả cầu nguyên tử sẽ được hình ảnh của 1 mạng tinh thể lập phương đơn giản. Hình lập phương nhỏ nhất với 8 đỉnh là tâm của 8 nguyên tử được gọi là ô cơ sở. Mỗi nguyên tử là đỉnh chung của 8 ô cơ sở gọi là nút mạng .



Hình 1.4

Khoảng cách gần nhất giữa các nút (gần bằng đường kính không gian hình cầu bị nguyên tử chiếm chỗ) chính bằng cạnh a của ô cơ sở. Ứng với giá trị nhỏ nhất của năng lượng liên kết.

Hình 1.4 Là đồ thị xác suất tìm thấy nguyên tử ở khoảng cách d so với nguyên tử chọn làm gốc tọa độ. Khác với chất khí, trong chất rắn tinh thể, $P(d)=1$ (các pic trên đồ thị) tại những giá trị d hoàn toàn xác định đó là $d = a$, a , tương ứng khoảng cách giữa các nguyên tử theo cạnh, đường chéo mặt và đường chéo không gian

của ô cơ sở. Độ rộng của các pic trên hình 1.4 đặc trưng cho giao động của các nguyên tử quanh vị trí cân bằng (vị trí nút mạng) hiệu ứng của ba động nhiệt. Do sự sắp xếp có trật tự của các nguyên tử, nên trong vật rắn tinh thể xuất hiện đặc tính quan trọng: tính dị hướng, tức là sự khác nhau về tính chất (cơ, lý, hóa tính ...) theo các hướng khác nhau của tinh thể. Để minh họa nguyên tử (E) của đồng (Cu) bằng 67 GPa và 192 GPa tương ứng theo các hướng cạnh và đường chéo không gian của ô cơ sở.

Cuối cùng muốn lưu ý rằng sự sắp xếp các nguyên tử trong vật rắn theo mạng tinh thể phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: liên kết giữa các nguyên tử số lượng các nguyên tử gần nhất hoặc là số sắp xếp mà mỗi nguyên tử có thể chấp nhận.

2.3. Chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể

Một cách gần đúng, thể tích của một khối lượng chất lỏng là đại lượng không đổi. Giống như trong vật rắn các nguyên tử có xu thế tiếp xúc với nhau và chiếm một không gian hình cầu kích thước khoảng 0.25 nm. Nên chất lỏng không có tính chịu nén.

Sự khác nhau giữa chất lỏng và vật rắn thể hiện như sau :

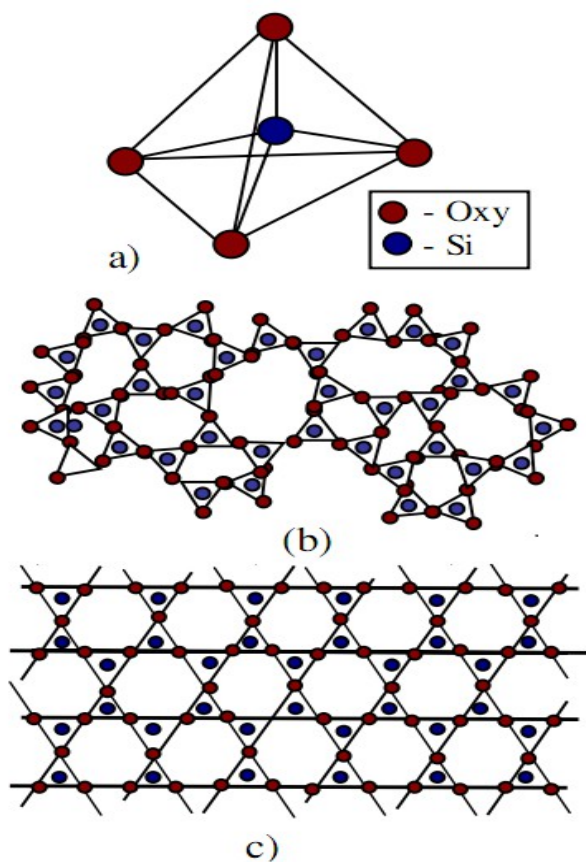
Các nguyên tử luôn luôn chuyển động do ba động nhiệt. Nhận thấy rằng, trong một vùng không gian nhỏ (cỡ kích thước nguyên tử), một số nguyên tử sắp xếp có trật tự, nhưng không ổn định luôn luôn bị phá vỡ do ba động nhiệt. Như vậy chất lỏng có trật tự gần. Ngược với tính dị hướng trong chất rắn của vật rắn, chất lỏng có tính đẳng hướng vì trong chất lỏng số lượng nguyên tử, phân tử trung bình trên một đơn vị chiều dài và lực liên kết giữa chúng như nhau. Theo một hướng trong không gian :

Độ sắp xếp chặt (tỷ lệ giữa thể tích do các nguyên tử chiếm chỗ trên tổng thể tích) của chất lỏng kém hơn so với vật rắn (quá trình kết tinh hoặc đông rắn thường kèm theo sự giảm thể tích).

Một cách gần đúng có thể minh họa chất khí, chất lỏng, chất rắn bằng hình ảnh tương ứng : hội trường hòa nhạc trật khản giả khi còi báo động (khí) khi kết thúc buổi hòa nhạc (lỏng) và hàng ngũ bộ đội chuẩn bị duyệt binh trên một quảng trường (rắn).

Hãy làm quen với mô đặc trưng nữa của chất lỏng là tính linh động của các nguyên tử (phân tử), đánh giá bằng độ sệt. Chất lỏng có độ sệt thấp nên tính chảy (khả năng điền đầy thể tích chứa nó) cao. Thực nghiệm đã chứng minh, trong chuyển biến pha lỏng - rắn (ở nhiệt độ nóng chảy) độ sệt không thay đổi.

Đối với một số chất, trạng thái lỏng có độ sệt cao, các nguyên tử (phân tử) không đủ độ linh hoạt để sắp xếp lại theo “trật tự xa” khi chuyển pha lỏng - rắn : vật rắn tạo thành không có cấu trúc tinh thể và được gọi là *vật rắn vô định hình*. Ví dụ: thủy tinh được cấu tạo bởi các phân tử, có cấu trúc hình khối 4 mặt tam giác đều (hình 1.5), trong đó các đỉnh là các ion, còn tâm khối là ion.



Ở điều kiện chế tạo thủy tinh bình thường, khối 4 mặt $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (đơn vị cấu trúc của SiO_2 có chung đỉnh O^{2-}) (hình 1.5b) và cho cấu trúc vô định hình. Nếu giảm tốc độ nguội của thủy tinh lỏng, sao cho các phân tử SiO_2 có đủ thời gian sắp xếp theo trật tự xa, sẽ được thủy tinh có cấu trúc tinh thể (hình 1.5c).

Giống như chất lỏng, vật rắn vô định hình có tính đẳng hướng.

Cần lưu ý rằng, nếu làm nguội kim loại hoặc hợp kim lỏng với tốc độ lớn (lớn hơn $10^4 - 10^9$ °C/s), vật rắn nhận được sẽ có cấu trúc vô định hình hoặc cấu trúc tinh thể với kích thước rất nhỏ (khoảng nanomet), gọi là vật rắn vô định hình hoặc vi tinh thể.

3. Khái niệm về mạng tinh thể

Mục tiêu

- Trình bày được những khái niệm cơ bản nhất của mạng tinh thể như: tính đối xứng, ô cơ sở, cách xác định phương – mặt và mật độ nguyên tử trong kim

loại;

- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

3.1. Tính đối xứng của tinh thể

Đối xứng là một trong những tính chất quan trọng của tinh thể, nó thể hiện ở hình dạng bên ngoài, cấu trúc bên trong cũng như các tính chất.

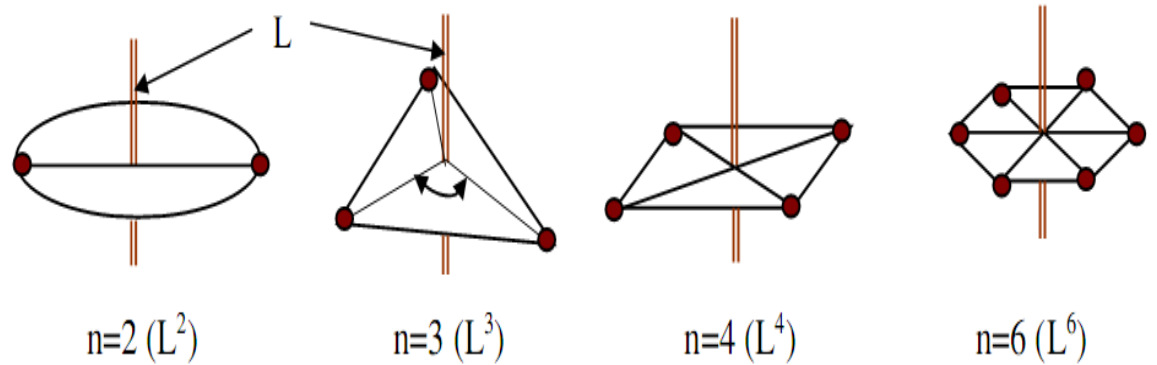
Tính đối xứng của tinh thể được đặc trưng bởi các yếu tố đối xứng. Mỗi yếu tố đối xứng tương ứng với một thao tác đối xứng, tức là với một biến đổi hình học xác định để một hệ thống điểm, đường, phần tử, ... tự trùng lặp với chính mình trong không gian.

Những yếu tố đối xứng quan trọng là:

- Tâm đối xứng (tâm nghịch đảo, kí hiệu C hoặc i) : các điểm a_1, a_2, a_3, \dots gọi là đối xứng qua tâm với b_1, b_2, b_3, \dots tương ứng nếu chúng trùng lặp nhau từng cặp một bằng phép nghịch đảo qua tâm C (hình 1.6a)

- Mặt chiếu gương (kí hiệu P hoặc m) : a_1, a_2, a_3, \dots được gọi là đối xứng gương với b_1, b_2, b_3, \dots tương ứng nếu chúng trùng lặp nhau từng cặp một bằng phép chiếu gương qua mặt phẳng P (hình 1.6b). Tổ hợp của các điểm a_1 được gọi là đối xứng gương với tổ hợp của b_1 qua P nếu từng điểm a_1 đối xứng gương tương ứng với từng điểm b_1 qua mặt phẳng P

- Trục đối xứng (kí hiệu L hoặc n) : các điểm a_1 có thể trùng lặp nhau bằng phép quay quanh trục L một góc α , khi đó chúng được gọi là đối xứng nhau qua trục L . Số nguyên $n =$ gọi là bậc của trục đối xứng. Đã chứng minh được rằng chỉ tồn tại trục đối xứng với $n = 1, 2, 3, 4, 6$ không tồn tại trục đối xứng bậc 5 và bậc cao hơn 6 (hình 1.6c)



Hình 1.6: Các yếu tố đối xứng : tâm đối xứng (a) ,
mặt đối xứng (b) và trục đối xứng (c)

- Phép tịnh tiến (kí hiệu t) là một trong những yếu tố đối xứng quan trọng của cấu trúc mạng tinh thể, ứng với thao tác tịnh tiến mạng tinh thể theo một hướng nào đó trong không gian đi một số nguyên lần trên độ dài xác định để tinh thể trùng với chính nó. Sự trùng lặp ở đây cần hiểu là trùng lặp các yếu tố hình học giới hạn tinh thể và cả các tính chất khác. Độ dài đơn vị tịnh tiến (được gọi là *chu kỳ tuần hoàn của mạng tinh thể* theo hướng không gian đã cho).

Ngoài những yếu tố đối xứng đơn, còn tồn tại những yếu tố đối xứng phức hợp gồm hai hay nhiều yếu tố đối xứng hơn, đó là: trục quay chiếu gương, trục quay chiếu tâm, trục xoắn, mặt ảnh trượt. Độc giả quan tâm có thể tìm hiểu thêm ở những tài liệu chuyên sâu về tinh thể học.

3.2. Ô cơ sở

Để có những khái niệm đầu tiên về mạng tinh thể, hãy xuất phát từ khái niệm đơn giản về ô cơ sở. Thấy rằng, do tính đối xứng của tinh thể, từ một ô cơ sở, bằng thao tác đối xứng, tịnh tiến theo 3 chiều trong không gian sẽ nhận được toàn bộ mạng tinh thể.

Ô cơ sở được xây dựng trên 3 vectơ đơn vị $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$, tương ứng 3 trục tọa độ Ox, Oy và Oz . Tâm của các nguyên tử (ion hoặc phân tử) ở đỉnh ô là các *nút mạng*. Môđun của 3 vectơ $a = |\vec{a}|, b = |\vec{b}|, c = |\vec{c}|$ là kích thước ô cơ sở, còn gọi là *hằng số mạng* hay *chu kỳ tuần hoàn* (chu kỳ tịnh tiến) của mạng tinh thể theo ba chiều tương ứng. Các góc tạo bởi 3 vectơ α, β, γ , khi hợp từng đôi một ký hiệu là α (là góc giữa \vec{b} và \vec{c} , giữa \vec{a} và \vec{c} , giữa \vec{a} và \vec{b})

Thấy rằng trong cùng mạng tinh thể có thể chọn được nhiều kiểu ô cơ sở khác nhau. Tuy nhiên, vì ô cơ sở là đơn vị tuần hoàn nhỏ nhất của mạng

tinh thể cho nên việc lựa chọn phải thỏa mãn nguyên tắc sao cho nó đại diện đầy đủ cho tính chất và cấu trúc của toàn bộ tinh thể. Các nguyên tắc đó là:

- Tính đối xứng của ô cơ sở phải là tính đối xứng của tinh thể (về hình dáng bên ngoài và các tính chất);

- Số cạnh bằng nhau và số góc (giữa các cạnh) bằng nhau của ô phải nhiều nhất;

- Nếu có các góc vuông giữa các cạnh thì số góc đó phải nhiều nhất;

- Có thể tích nhỏ nhất hoặc các cạnh bên ngắn nhất.

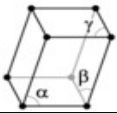
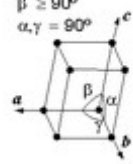
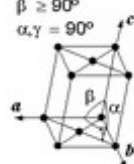
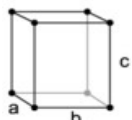
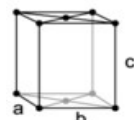
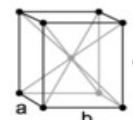
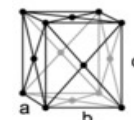
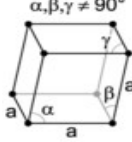
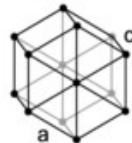
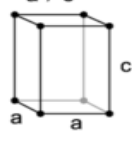
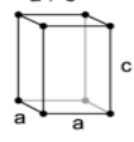
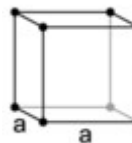
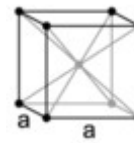
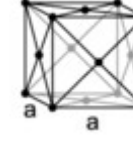
Ô cơ sở có thể tích nhỏ nhất và chỉ có tám nguyên tử (ion, phân tử) nằm ở đỉnh (nút mạng) gọi là ô cơ sở đơn giản (hình 1.7a). Mô hình không gian biểu diễn mạng tinh thể (hình 1.7b).

Phụ thuộc vào tương quan giữa ba vectơ a, b, c ; ba góc người ta phân biệt bảy hệ tinh thể khác nhau (bảng 1.2)

Bằng cách tịnh tiến, đưa các phần tử (nguyên tử, ion hay phân tử) lên tâm các mặt bên, tâm đáy hoặc tâm các ô cơ sở đơn giản, hay nói cách khác, nếu không quan tâm đến tính đối xứng của các phần tử tại nút mạng tinh thể,

chỉ khảo sát vị trí của chúng, thấy rằng chỉ có mười bốn cách tịnh tiến các phần tử trong không gian để nhận được mười bốn kiểu mạng tinh thể khác nhau thuộc bảy hệ tinh thể nói trên. Đó là mười bốn kiểu mạng tinh thể Bravais. Tất cả các mạng tinh thể của chất rắn đều biểu diễn bằng một trong mười bốn kiểu mạng Bravais (bảng 1.2).

(Bảng 1.2)

Hệ tinh thể	Quan hệ giữa các trục	Quan hệ giữa các góc	Các kiểu mạng Bravais			
			Đơn giản	Tâm đáy	Tâm Khối	Tâm mặt
Ba nghiêng	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$ 			
Một Nghiêng	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	$\beta \neq 90^\circ$ $\alpha, \gamma = 90^\circ$ 	$\beta \neq 90^\circ$ $\alpha, \gamma = 90^\circ$ 		
Trực thoi	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 
Ba Phương (thoi)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$ 			
Sáu Phương	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 120^\circ$	$a \neq c$ 			
Bốn Phương	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq c$ 	$a \neq c$ 		
Lập Phương	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$				

3.3. Cách ký hiệu mặt và phương tinh thể

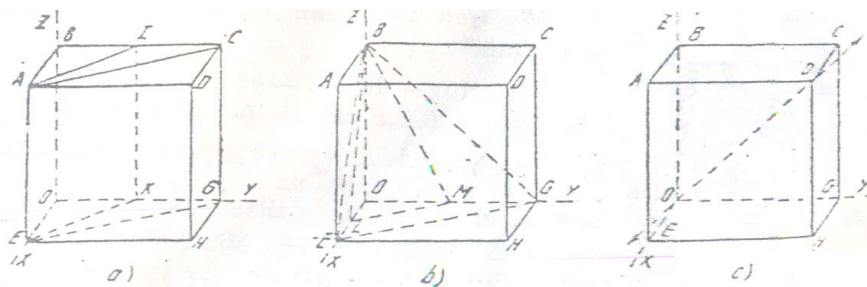
Để xác định vị trí mặt và phương trong mạng tinh thể, người ta dùng cách ký hiệu bằng các số. ký hiệu qua các bước sau đây:

- Xác định hệ tọa độ. Đối với hệ lập phương dùng hệ tọa độ có 3 trục vuông góc với nhau OX, OY, OZ hướng theo 3 cạnh của khối cơ bản. Trên mỗi trục chọn một đơn vị đo (thường lấy đơn vị đo bằng độ dài cạnh của khối cơ bản theo trục đã cho).

- Xác định ký hiệu mặt: Ký hiệu mặt bằng (hkl) , trong đó h, k, l là 3 số nguyên không chia lẫn được cho nhau, tìm được tương ứng trên các trục OX, OY, OZ bằng cách:

- + Xác định giao điểm của mặt với 3 trục OX, OY, OZ ;
- + Lấy giá trị đảo
- + Quy đồng mẫu số, khi đó các tỷ số sẽ là 3 số h, k, l cần tìm, rồi ghi trong dấu ()

Ví dụ: ở hình 1.8, mặt $A1KE$ cắt các trục lần lượt ở 1, ∞ (song song với OZ nên có thể coi cắt OZ ở vô cùng). Các giá trị nghịch đảo là 1, 2, 0 nó được ký hiệu là (120) . Tương tự mặt $ACGE - (110)$, $EBG - (111)$, $LBM - (221)$, $DCGH - (010)$



-Xác định ký hiệu phương: ký hiệu phương bằng $[u\upsilon\omega]$ trong đó u, υ, ω là 3 số nguyên nhỏ nhất ứng với tọa độ của nguyên tử đầu tiên trên phương đi qua gốc tọa độ O song song với phương đã cho. Ví dụ ở hình 1.8, phương OD được ký hiệu bởi tọa độ nguyên tử ở điểm D nên được ký hiệu $[111]$, phương GH chuyển qua gốc O là OE sẽ có ký hiệu $[100]$.

Cần chú ý là các mặt song song với nhau có cùng một ký hiệu (hkl) , các phương song song với nhau có cùng ký hiệu $[u\upsilon\omega]$ và chúng có những đặc tính giống hệt nhau. Ví dụ mặt $ABOE$ không ký hiệu được có thể ký hiệu bởi mặt $DCGH$ song song với nó, do đó cũng có ký hiệu (010) .

Mặt và phương có cùng ký hiệu ví dụ (111) và $[111]$ thì vuông góc với nhau, (xem hình 1.8c).

Nếu ký hiệu mặt là (hkl) và phương là $[u\upsilon\omega]$ thỏa mãn hệ thức: $uh + \upsilon k + \omega l = 0$ thì chúng song song với nhau, ví dụ: phương $[100]$ song song với mặt (010) . Nếu mặt cắt trục tọa độ về phía âm, hay tọa độ nguyên tử có giá trị âm thì ký hiệu mặt và phương có dấu trừ trên chỉ số tương ứng. Ví dụ ở

mặt cắt trục Oy về phía âm thì mặt có ký hiệu (h k l), tọa độ nguyên tử trên phương đã cho có hình chiếu trên trục OZ với giá trị âm thì được ký hiệu $[u\bar{v}\omega]$. Các mặt và phương cùng chỉ số giống nhau được ký hiệu là (hkl) và $\langle u\bar{v}\omega \rangle$.

Ví dụ các mặt (111) (111) (111) cùng thuộc họ {111}

3.4. Mật độ nguyên tử

Nếu xem nguyên tử như những quả cầu thì trong mạng tinh thể luôn luôn có những khoảng trống giữa chúng. Để đánh giá mức độ sít chặt người ta dùng khái niệm mật độ nguyên tử (hoặc mật độ xếp). Phân biệt 2 loại mật độ nguyên tử của mặt (M_s) của mạng (M_v)

$$M_s = n_s \cdot \pi r^2 / S \cdot 100\%$$

$$M_v = n \cdot 4/3 \cdot \pi r^3 / V \cdot 100\%$$

Trong đó:

n, n_s – Số nguyên tử thuộc diện tích S của mạng tinh thể đã cho và thuộc khối cơ bản;

r – Bán kính nguyên tử;

V – Thể tích của khối cơ bản.

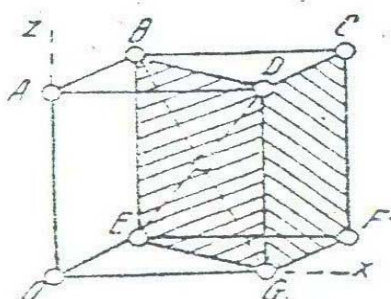
Ví dụ: Tính diện tích cho mạng lập phương thể tâm (hình 1.9)

Mặt (101)- (BDGE) có $n_s = 2$ (mỗi nguyên tử ở 4 đỉnh A, D, G, E chỉ thuộc về mặt này có nên $n_s = 4$ (đỉnh) + 1 (giữa) = 2, $r = \frac{a}{2}$ (do các nguyên tử sít nhau theo các đường chéo EDBG).

$S = a^2$ nên $M_s = 83,4\%$. Mặt (100) – DCEG có $n_s = 1$, $r = \frac{a}{2}$, $S = a^2$

nên $M_s = 58,8\%$.

Khối cơ bản lập phương thể tâm có $n = 2$ (mỗi nguyên tử ở đỉnh chỉ thuộc về ô khảo sát có 1/8 vì nó cùng thuộc về 8 ô quanh nó, do đó $n = 8$ đỉnh). $1/8 + 1$ (giữa) = 2 nên $M_v = 68\%$. Với cách tính tương tự, mật độ nguyên tử của mạng lập phương diện tâm và lục giác xếp chặt = 74%, các cách sắp xếp này có mật độ dày đặc hơn cả.



4. Cấu trúc tinh thể điển hình của vật rắn

Mục tiêu:

- Trình bày được một số cấu trúc tinh thể điển hình của vật rắn với các dạng liên kết khác nhau: liên kết kim loại, liên kết ion, liên kết đồng hóa trị;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập, chủ động sáng tạo trong bài học.

4.1. Cấu trúc tinh thể của chất rắn với liên kết kim loại

Liên kết kim loại là liên kết không định hướng, các nguyên tử (ion, phân tử) luôn có xu hướng sắp xếp sát chặt, với nhiều liên kết gần, mạnh. Điều này giải thích tại sao vật rắn với liên kết kim loại (phần lớn các nguyên tố kim loại trong bảng tuần hoàn Mendeleev) có cấu trúc mạng với mật độ xếp, và tính đối xứng cao so với những vật rắn khác.

Ba cấu trúc tinh thể điển hình của liên kết kim loại là lập phương tâm khối (lptk), lập phương tâm mặt (lptm) và sáu phương xếp chặt (spxc) (hình 1.10).

4.1.1. Mạng tinh thể lập phương tâm khối

Ô cơ sở là hình lập phương với cạnh bằng a , vì vậy mạng này chỉ có một hằng số mạng. Các nguyên tử nằm ở đỉnh và trung tâm (hình 1.10a) số nguyên tử n của ô cơ sở được tính như sau: mỗi nguyên tử ở đỉnh đồng thời là của 8 ô cơ sở nên thuộc về một ô chỉ có $1/8$ nguyên tử, nguyên tử ở tâm hoàn toàn thuộc ô cơ sở.

$$n = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 \text{ nguyên tử}$$

Trong mô tả tinh thể. Thường quy ước nguyên tử ở đỉnh ô cơ sở trùng với gốc tọa độ là một trong những nguyên tử gốc. như vậy tọa độ của các nguyên tử gốc trong mạng là $(0,0,0)$. Từ hình 1.10a có thể thấy trong mạng, theo phương 111 và theo mặt $\{110\}$ mật độ xếp cao nhất. Để tính được mật độ xếp áp dụng công thức (1.33)

$$\rho_{(110)} = \frac{1}{V_{(110)}} \sum_i V_i$$

$$\rho_{(110)} = \frac{1}{a^2} \sum_i V_i$$

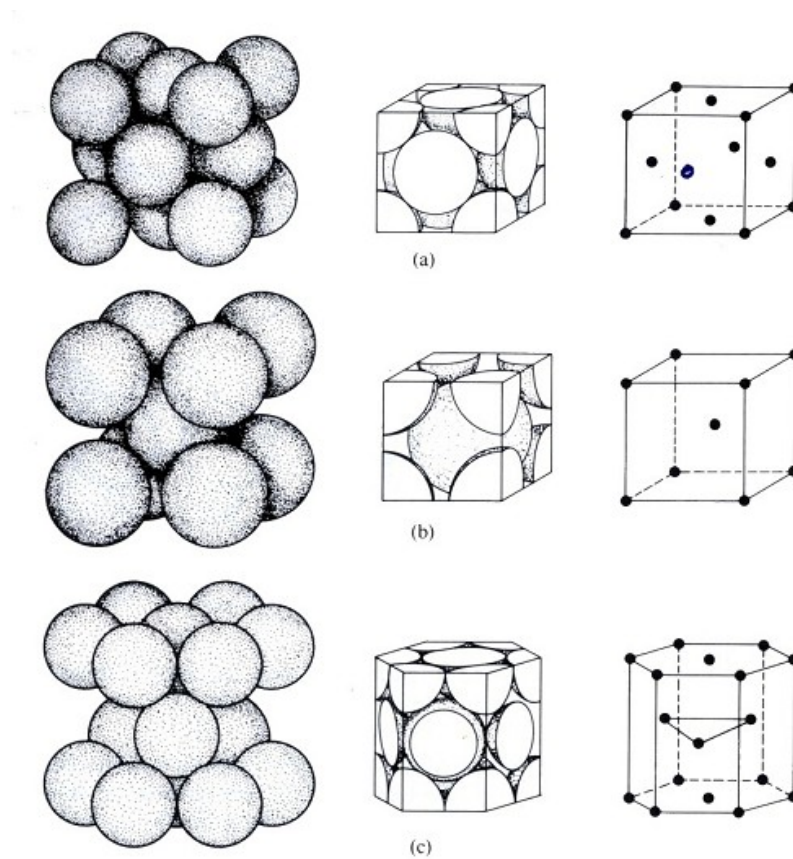
Trong đó: $\rho_{(110)}$, n : số nguyên tử trong mặt (110) và trong ô cơ sở;

r, a : bán kính nguyên tử và kích thước ô cơ sở.

Cho rằng theo $\langle 111 \rangle$ các nguyên tử xếp sát nhau (hình 1.10a), ta có quan hệ giữa r và a là:

$$4r = a, \text{ suy ra } r = \frac{a}{4} \quad (1.41)$$

Kết hợp (1.40) với (1.38) và (1.39) tính được:



Mỗi nguyên tử trong mạng được bao quanh bởi tám nguyên tử với khoảng cách $\frac{\sqrt{3}a}{4}$ và 6 nguyên tử khác xa hơn với khoảng cách là a . Như vậy số sắp xếp của mạng k bằng tám (hoặc $k=8+6$)

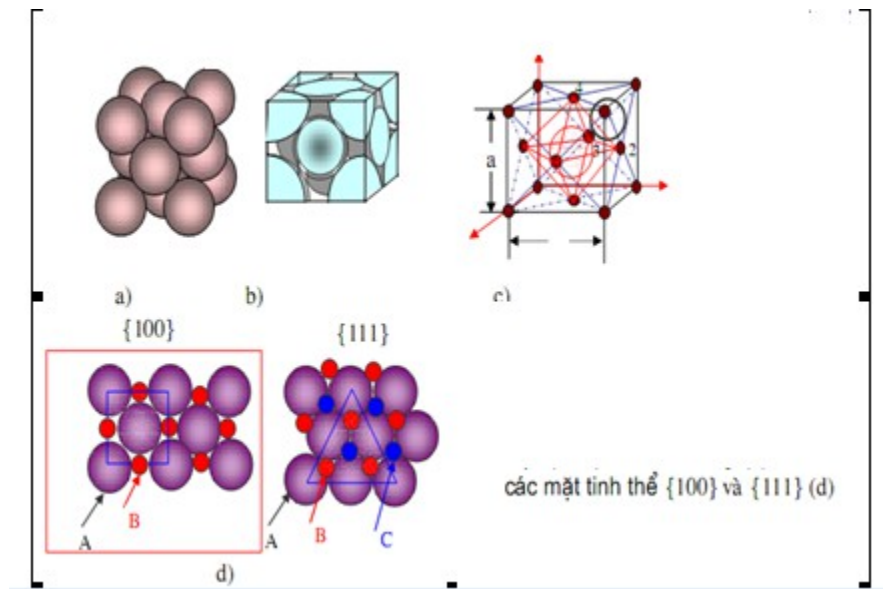
4.1.2. Mạng tinh thể lập phương tâm mặt

Số nguyên tử trong một ô là $n_v = 8 \text{ đỉnh} + 6 \text{ mặt} = 4$ nguyên tử.

Trong mạng A1, các nguyên tử xếp sát nhau theo phương đường chéo mặt $\langle 110 \rangle$, do đó: đường kính $d = a$, số sắp xếp là 12.

Các mặt tinh thể dày đặc là họ $\{111\}$. Mật độ xếp thể tích $M_v = 74\%$, mạng A1 này là kiểu xếp dày đặc hơn A2 và là một trong hai kiểu xếp dày đặc nhất.

Khác với kiểu mạng A2 là thay cho nguyên tử nằm ở khối trung tâm là khối nguyên tử nằm ở trung tâm mặt bên như biểu thị hình 1.11a, b.



Hình 1.11: Ô cơ sở mạng lập phương tâm mặt (a và b)
và các lỗ hổng (c), các mặt tinh thể
{100} và {111} (d)

Có 2 loại lỗ hổng hình 4 mặt và hình 8 mặt như hình trình bày 1.11c. loại 4 mặt có kích thước $0,225d$ (đỉnh 1 và tâm 3 mặt 2,3,4). Đáng chú ý là các loại lỗ hổng hình tám mặt, nó có kích thước lớn hơn cả, bằng $0,414d$ nằm ở trung tâm khối và giữa các cạnh a . So với mạng A2, mạng A1 tuy dày đặc hơn cả song số lượng lỗ hổng lại ít hơn mà kích thước lỗ hổng lại lớn hơn hẳn ($0,225$ và $0,41$ so với $0,154$ và $0,291$). Chính điều này (kích thước lỗ hổng) mới là yếu tố quyết định cho sự hòa tan dưới dạng xen kẽ.

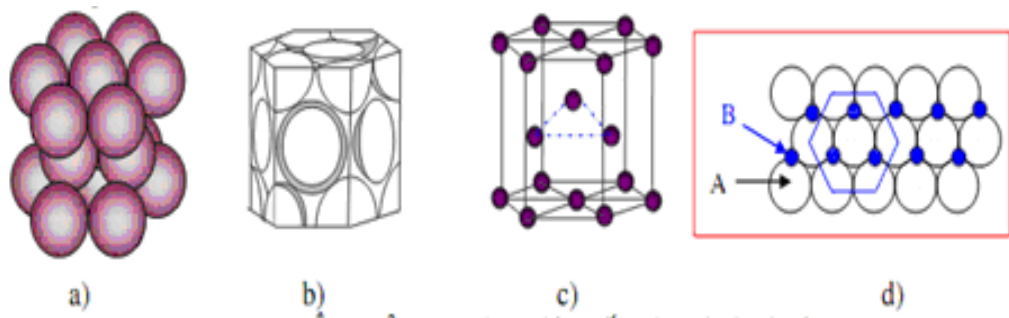
Khá nhiều kim loại điển hình có kiểu mạng này: sắt (Fe), Ni, Cu, Al với hằng số a mạng lần lượt bằng $0,3656$, $0,3524$, $0,3615$, $0,4049$ nm, ngoài ra còn có Pb, Ag, Au.

4.1.3. Mạng tinh thể sáu phương xếp chặt

Các nguyên tử nằm trên 12 đỉnh, tâm của 2 mặt đáy và tâm của ba khối lăng trụ tam giác cách đều nhau (hình 1.12a, b và c)

Số lượng nguyên tử trong 1 ô: $n_v = 12 \text{ đỉnh}/6 + 2 \text{ giữa mặt}/2 + 3 \text{ tâm} = 6$ nguyên tử

Nguyên tử xếp chặt nhau theo các mặt đáy, nhưng nằm ở các hõm cách đều nhau (hình 1.12d). Mạng lục giác xếp chặt thì $c/a = \sqrt{3}$ hay $1,732$. Tuy nhiên trong thực tế c/a có xê dịch nên quy ước:



Hình 1.12. ô cơ sở mạng lục giác xếp chặt (a,b,c) và cách xếp các mặt tinh thể {0001} (d)

$c/a = 1,57 \div 1,64$ thì mạng được coi là xếp chặt, $1,57 < c/a < 1,64$ không xếp chặt.

Các kim loại có kiểu mạng này ít thông dụng hơn là:

Ti_α với $a = 0,2951\text{nm}$, $c = 0,4679\text{nm}$, $c/a = 1,5855$ (xếp chặt)

Mg với $a = 0,3209\text{nm}$, $c = 0,5210\text{nm}$, $c/a = 1,6235$ (xếp chặt)

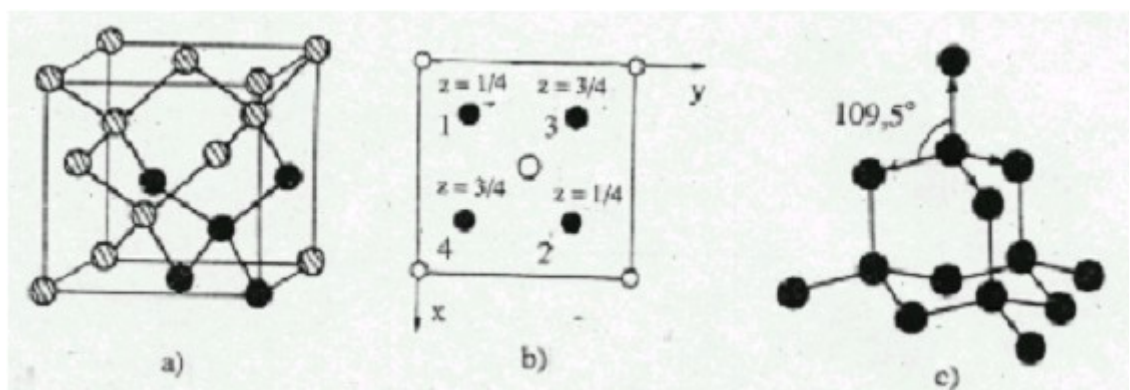
Zn với $a = 0,2664\text{nm}$, $c = 0,4945\text{nm}$, $c/a = 1,8590$ (không xếp chặt)

4.2. Cấu trúc tinh thể của vật rắn có liên kết đồng hóa trị

4.2.1. Mạng tinh thể kim cương

Kim cương là một dạng tồn tại (thù hình) của cacbon với cấu hình electron là $1s^2 2s^2 2p^2$, vậy số e lớp tham gia liên kết là $N = 4$, số sắp xếp sẽ là 4 tức là mỗi một nguyên tử cacbon có 4 nguyên tử bao quanh gần nhất.

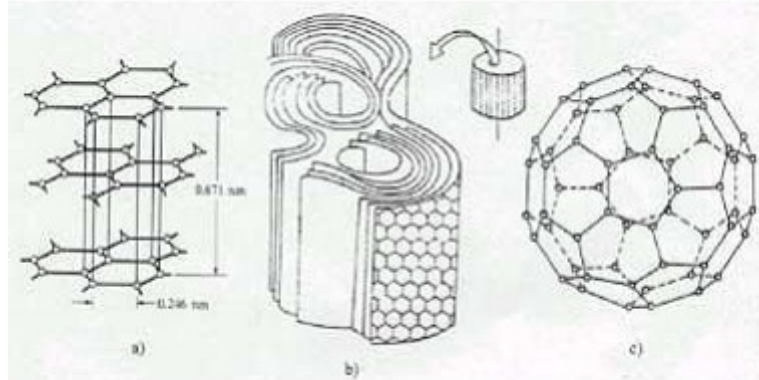
Ô cơ sở mạng kim cương (hình 1.13a), được tạo thành trên cơ sở của ô cơ sở A1 có thêm bốn nguyên tử bên trong với các tọa độ (xem hình 1.13b): $1/4, 1/4, 1/4$ (1); $3/4, 3/4, 1/4$ (2); $1/4, 3/4, 3/4$ (3); $3/4, 1/4, 3/4$ (4). nằm ở tâm của bốn khối $1/8$ cách đều nhau. Các nguyên tử cacbon đều có liên kết đồng hóa trị với năng lượng lớn nên kim cương có độ cứng rất cao (cao nhất trong thang độ cứng).



Hình 1.13 Mạng tinh thể của kim cương a,b và liên kết trong tinh thể c

4.2.2. Mạng Graphit

Có mạng lục giác lớp (hình 1.14a), trong một lớp khoảng cách giữa các nguyên tử $a = 0,246\text{nm}$, liên kết đồng hoá trị. Khoảng cách giữa các lớp $c = 0,671\text{nm}$, tương ứng với liên kết yếu Van der Waals, garafit rất dễ bị tách lớp, rất mềm, nó được coi như là một trong những chất rắn có độ cứng thấp nhất.



Hình 1.14: Cấu trúc mạng của grafit (a), sợi cacbon (b) và fullerene (c).

4.3. Mạng tinh thể của vật rắn có liên kết ion

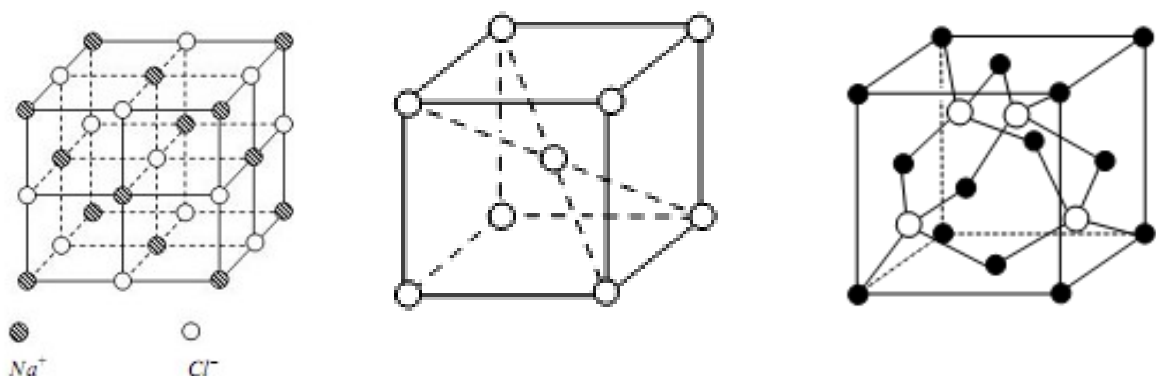
Cấu trúc tinh thể của vật rắn (hợp chất) liên kết ion phụ thuộc vào hai yếu tố:

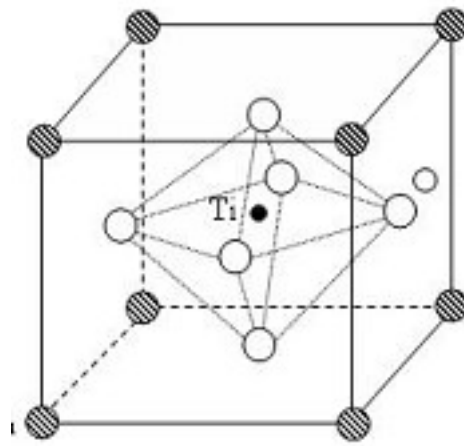
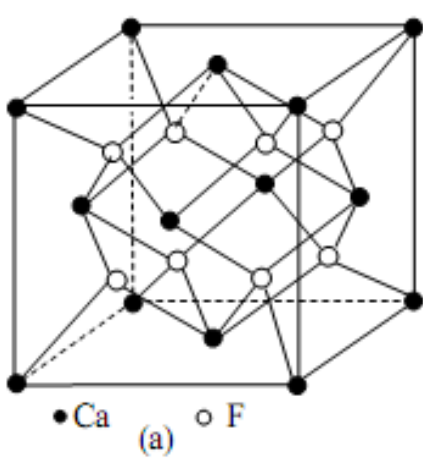
- Tỷ số của số lượng ion âm (anion) trên số lượng ion dương (cation) : tỷ số này cố định đối với từng hợp chất, phụ thuộc vào số lượng điện tử tham gia liên kết, đảm bảo tính trung hòa về điện của hệ thống;
- Tương quan kích thước giữa anion và cation; liên kết ion là loại không định hướng, vì vậy trong mạng tinh thể, các ion luôn có xu hướng sắp xếp để đạt độ xếp chặt và tính đối xứng cao nhất.

Sau đây nêu một số kiểu mạng điển hình.

4.3.1.. Mạng tinh thể hợp chất dạng MX

Xét mạng tinh thể của NaCl và CsCl (hình 1.15). Mạng tinh thể NaCl (kiểu B1) tạo nên trên cơ sở mạng lptm của anion Cl^- và ngược lại. Tỷ số các ion Cl^- trên số ion Na^+ luôn luôn bằng 1. Khác với mạng NaCl, mạng tinh thể của CsCl (kiểu B2) được tạo nên trên cơ sở mạng lập phương đơn giản của ion Cl^- , ion Cs^+ nằm ở lỗ hổng khối lập phương (ở tâm khối lập phương) (hình 1.15b), tỷ số lượng ion Cl^- trên ion Cs^+ luôn là 1 nhưng trong mạng NaCl. Mỗi ion Cs^+ bao quanh bằng tám ion Cl^- và ngược lại.





Hình

1.15 Mạng tinh thể của hợp chất Mx ; a) NaCl; b) CsCl; c) ZnS

Sự khác nhau về cấu trúc mạng tinh thể giữa NaCl và CsCl (mặc dù Na và Cs có cùng hóa trị) là do sự khác nhau về tương quan kích thước giữa các ion Na^+ và Cs^+ so với ion Cl^- . Tỷ số đó tương ứng là $d_{Na}/d_{Cl} = 0,91$; các ion trong mạng CsCl sắp xếp theo kiểu B2 sẽ có mật độ xếp $M_v = 68\%$ cao hơn so với sắp xếp theo kiểu B1 của NaCl ($M_v = 53\%$).

Một mạng tinh thể tiêu biểu khác của hợp chất kiểu MX là của ZnS (kiểu B3). Tạo bởi mạng lptm của các ion S^{2-} , ion Zn^{2+} chiếm vị trí trong của mạng kim cương (hình 1.15 c), tỷ số lượng ion $n_s/n_{zn} = 4/4 = 1$, số ion S^{2-} bao quanh ion Zn^{2+} bằng bốn và ngược lại.

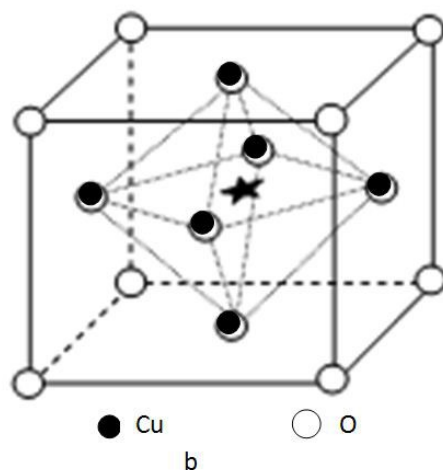
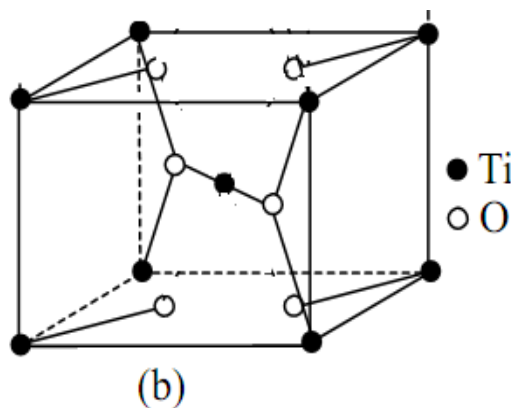
4.3.2. Mạng tinh thể hợp chất dạng MX_2 (hoặc MX_2X)

Các điều kiện $n_x = 2n_M$ và K_{MX} phải luôn luôn được đảm bảo trong mạng tinh thể hợp chất này. Điển hình có ba kiểu mạng sau:

- Mạng tinh thể fluorit CaF_2 (kiểu C1), tạo bởi ô cơ sở mạng lptm của Ca^{2+} tám ion F^- nằm ở tâm của tám hình khối, có thể tính được dễ dàng $n_F = 2n_{Ca^{2+}} = 8$ và $K_{F-Ca} = 2K_{Ca-F} = 8$, tỷ số 1:2 thỏa mãn;

- Mạng tinh thể cuprit Cu_2O (kiểu C3): các ion O^{2-} tạo mạng lptk, bốn ion Cu^+ chiếm vị trí giống như bốn nguyên tử bên trong ô cơ sở kim cương (hình 1.16b). $n_O^{2-} = 2n_{Cu^+} = 4$; $K_{Cu-O} = 4$, tỷ số 2:1 luôn luôn thỏa mãn;

- Mạng tinh thể cuprit Cu_2O (kiểu C4), tạo thành bởi mạng bốn phương tâm khối của Ti với $a = 0,45 \text{ nm}$; $c = 0,29 \text{ nm}$, Các ion O^{2-} chiếm vị trí mô tả trên hình 1.16c. Số ion Ti^{4+} trong ô cơ sở là $1/8 \times 8 + 1 = 2$, của O^{2-} là $1/2 \times 4 + 2 = 4$. Mỗi ion Ti^{4+} được sáu ion O^{2-} gần nhất bao quanh ($K_{O-Ti} = 6$), còn mỗi ion O^{2-} được bao quanh bởi 3 ion Ti^{4+} . Tỷ số 1:2 thỏa mãn.

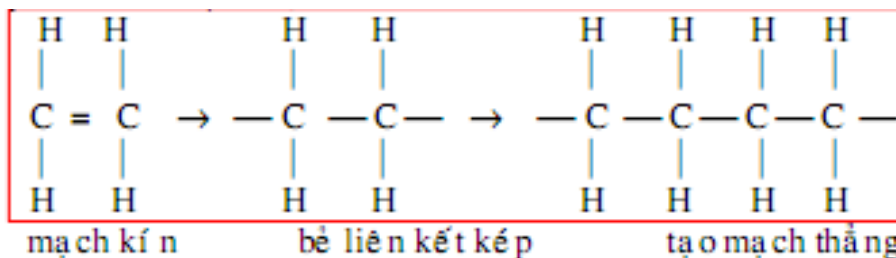


Bảng 1.3. Một số hợp chất ion và cấu trúc mạng tinh thể của chúng

Dạng hợp chất	Mạng tinh thể của anion	Dạng lỗ hổng do cation chiếm	Tỷ lệ số lỗ hổng bị chiếm	Hợp chất điển hình
MX	lptm	Khối 4 mặt	1/2	ZnS, SiC, ZnO, CdS
	spxc	Khối 4 mặt	1/2	ZnS, ZnO
	lptm	Khối 8 mặt	1	NaCl, MgO, CaO, MnS, TiC
	spxc	Khối 8 mặt	1	NiAs, FeS
	Lp đơn giản	Khối lập phương	1	CsCl
MX ₂	lptm	Khối 8 mặt	1/2	TiO, CdCl ₂
	lp đơn giản	Khối lập phương	1/2	CaF ₂ , ZnO ₂
M ₂ X	lptm	Khối 4 mặt	1	Na ₂ O, Li ₂ O
M ₂ X ₃	spxc	Khối 4 mặt	2/3	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃
MNX ₃	lptm	-	-	BaTiO ₃ , SrZnO ₃
MN ₂ X ₄	lptm	-	-	MgAl ₂ O ₄ , FeAl ₂ O ₄

4.4. Cấu trúc của polyme

Khác với cấu trúc tinh thể các vật rắn đã xét, trong đó mỗi đơn vị cấu thành (ô cơ sở) tạo nên từ một vài nguyên tử (ion, phân tử), polymer được tạo nên từ rất nhiều phân tử, mỗi phân tử lại có thể tạo bởi hàng triệu nguyên tử, lấy polyetylen phân tử, mỗi phân tử lại có thể tạo bởi hàng triệu nguyên tử. Lấy polyetylen $(C_2H_4)_n$ làm ví dụ : mỗi phân tử của polyetylen cấu tạo bởi các liên kết đồng hóa trị mạnh và có hướng giữa cacbon và hydro:



Liên kết theo cho phân tử polyetylen mạch kín. Nếu liên kết kép giữa hai nguyên tử C “mở” sang hai phía: Lúc đó có thể sẽ có vô hạn các phân tử liên kết với nhau, cho một mạch hở dạng:

Mạch polymer tạo thành thớ gọi là mạch thẳng. Tuy nhiên, khái niệm “thẳng” chỉ là tương đối bởi vì góc tạo bởi giữa các liên kết của nguyên tử cacbon là $109,5^\circ$ giống như trong kim cương

Cần lưu ý rằng, không phải lúc nào mạch polymer cũng thẳng, giá trị n trong công thức phân tử đạt từ 10^3 đến 10^6 , vì vậy có những mạch dài đến $10\mu\text{m}$.

Liên kết giữa các mạch trong polymer thực hiện bằng lực van der Waals. Thường thường polymer là vật liệu vô định hình, tuy nhiên khi các mạch sắp xếp theo một tự xác định sẽ được polymer tinh thể. Quá trình “kết tinh” của polymer phụ thuộc vào từng điều kiện cụ thể và cấu trúc của các mạch thành phần.

Trong thực tế, không có được polymer hoàn toàn trật tự (tinh thể). Giữa các vùng trật tự bao giờ cũng tồn tại những vùng không trật tự (vô định hình). Đó là polyme bán tinh thể vùng sắp xếp trật tự trong polymer cũng cấu tạo từ các ô cơ sở.

4.5. Dạng thù hình

Đó là sự tồn tại hai hay nhiều cấu trúc mạng tinh thể khác nhau của cùng một nguyên tố hoặc một hợp chất hóa học. Quá trình thay đổi cấu trúc mạng từ dạng thù hình này sang dạng thù hình khác gọi là chuyển biến hình. Các dạng thù hình thường được ký hiệu bằng các chữ cái Hy Lạp như : α , β , γ ,...

Cacbon là một trong những nguyên tố có nhiều dạng thù hình rất nhiều dạng thù hình rất khác nhau, không những về cấu trúc mạng mà còn ở tính

chất: bồ hóng (vô định hình), graphit (mạng A9), kim cương (mạng A4), sợi cacbon (cấu trúc lớp cuộn), fullere (cấu trúc cầu C60, C100,...)

Sự tồn tại các dạng thù hình phụ thuộc vào hai yếu tố cơ bản là nhiệt độ và áp suất. Ví dụ, graphit có thể tạo được ở điều kiện bình thường, trong khi chuyển biến thù hình graphit sang kim cương chỉ xảy ra ở nhiệt độ và áp suất rất cao.

Các dạng thù hình của sắt (Fe) cũng có thể được coi là một ví dụ điển hình, có nhiều ý nghĩa trong kỹ thuật. Cấu trúc mạng A2 của α -Fe tồn tại ở nhiệt độ thấp hơn 911°C , α -Fe là vật liệu sắt từ điển hình ở nhiệt độ dưới 769°C . Từ 911°C đến 1392°C là γ -Fe, mạng A1. Nhiệt độ 1932°C là nhiệt độ chuyển biến thù hình γ -Fe \rightarrow δ -Fe (mạng A2 giống α -Fe).

Sự khác nhau về cấu trúc mạng tinh thể (số lượng, kích thước lỗ hổng cho phép γ -Fe có khả năng hòa tan được nhiều hơn đáng kể các nguyên tử của một số nguyên tố khác nhau (ví dụ: 2,14% C (trọng lượng) ở 1147°C) so với α -Fe (tương ứng 0,02% C (trọng lượng) ở 727°C). Đó chính là cơ sở của các công nghệ nhiệt luyện như tôi, ram, hóa – nhiệt luyện nhằm điều chỉnh tính chất của thép theo yêu cầu và điều kiện làm việc cụ thể.

5. Đơn tinh thể và đa tinh thể

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm cơ bản về đơn tinh thể và đa tinh thể;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập, chủ động sáng tạo trong bài học.

5.1. Đơn tinh thể

Đơn tinh thể (hình 1.17a): là một khối chất rắn có mạng đồng nhất (cùng kiểu và hằng số mạng), có phương mạng không đổi trong toàn bộ thể tích. Trong thiên nhiên: một số khoáng vật có thể tồn tại dưới dạng đơn tinh thể. Chúng có bề mặt ngoài nhẵn, hình dáng xác định, đó là những mặt phẳng nguyên tử giới hạn (thường là các mặt xếp chặt nhất). Các đơn tinh thể kim loại không tồn tại trong tự nhiên, muốn có phải dùng công nghệ "nuôi" đơn tinh thể.

Đặc điểm: có tính chất rất đặc thù là dị hướng vì theo các phương mật độ xếp chặt nguyên tử khác nhau. Đơn tinh thể chỉ được dùng trong bán dẫn.

5.2. Đa tinh thể

Trong thực tế hầu như chỉ gặp các vật liệu đa tinh thể. Đa tinh thể gồm rất nhiều (đơn) tinh thể nhỏ (cỡ μm) được gọi là hạt tinh thể, các hạt có cùng cấu trúc và thông số mạng song phương lại định hướng khác nhau (mang tính ngẫu nhiên) và liên kết với nhau qua vùng ranh giới được gọi là biên hạt (hay biên giới hạt) như đã trình bày ở hình 1.17 b.

Từ mô hình đó thấy rõ:

- Mỗi hạt là một khối tinh thể hoàn toàn đồng nhất, thể hiện tính dị hướng.

- Các hạt định hướng ngẫu nhiên với số lượng rất lớn nên thể hiện tính đẳng hướng.

- Biên hạt chịu ảnh hưởng của các hạt xung quanh nên có cấu trúc “trung gian” và vì vậy sắp

xếp không trật tự (xô lệch) như là vô định hình, kém xít chặt với tính chất khác với bản thân hạt.

- Có thể quan sát cấu trúc hạt đa tinh thể hay các hạt nhờ kính hiển vi quang học (hình 1.17c).

+ Độ hạt của tinh thể

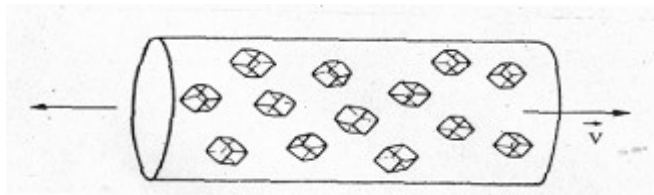
Độ hạt có thể quan sát định tính qua mặt gãy, để chính xác phải xác định trên tổ chức tế vi. Cấp hạt theo tiêu chuẩn ASTM: phân thành 16 cấp chính đánh số từ 00, 0, 1, 2..., 14 theo trật tự hạt nhỏ dần, trong đó từ 1 đến 8 là thông dụng. Cấp hạt $N=3,322\lg Z+1$, với Z là số hạt có trong 1inch^2 ($2,542 \approx 6,45\text{cm}^2$) dưới độ phóng đại 100 lần.

Người ta thường xác định cấp hạt bằng cách so sánh với bảng chuẩn ở độ phóng đại (thường là $\times 100$) hoặc xác định trên tổ chức tế vi.

+ Biên giới siêu hạt

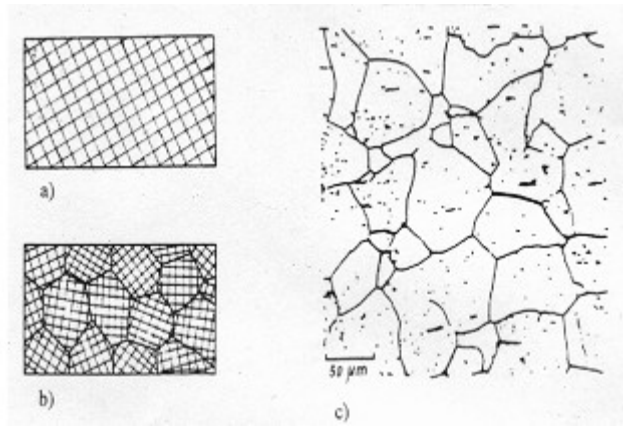
Nếu như khối đa tinh thể gồm các hạt (kích thước hàng chục - hàng trăm μm) với phương mạng lệch nhau một góc đáng kể (hàng chục độ), đến lượt mỗi hạt nó cũng gồm nhiều thể tích nhỏ hơn (kích thước cỡ $0,1 \div 10 \mu\text{m}$) với phương mạng lệch nhau một góc rất nhỏ ($\leq 1-2^\circ$) gọi là siêu hạt hay block. Biên giới siêu hạt cũng bị xô lệch nhưng với mức độ rất thấp.

5.3. Textua



Hình 1.18: Mô hình textua trong dây nhôm sau khi kéo sợi (vectơ V biểu thị hướng kéo, trục textua là $[111]$).

Do biến dạng dẻo làm phương mạng định hướng tạo nên textua. Ví dụ, khi kéo sợi nhôm (hình 1.18), tinh thể hình trụ khi đúc, khi phủ. Cấu trúc đa tinh thể có textua \rightarrow vật liệu có tính dị hướng. Ứng dụng cho thép biến



thể, tính chất từ cực đại theo chiều textua, cực tiểu theo phương vuông góc → giảm tổn thất.

6. Sự kết tinh và hình thành tổ chức kim loại

Mục tiêu

- Trình bày được hai quá trình kết tinh để hình thành tổ chức kim loại;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập, chủ động sáng tạo trong bài học.

6.1. Điều kiện xảy ra kết tinh

Một vấn đề phải giải thích : tại sao khi làm nguội kim loại lỏng xuống thấp hơn nhiệt độ quy định (đối với mỗi kim loại) sẽ xảy ra kết tinh?

Trong tự nhiên, mọi quá trình tự phát để xảy ra kết tinh theo chiều giảm năng lượng tức là ở trạng thái mới luôn có năng lượng dự trữ nhỏ hơn.

6.2. Hai quá trình của sự kết tinh

6.2.1.. Sự hình thành mầm tinh thể trong kim loại lỏng

Mầm tinh thể có thể hiểu như là những phần chất rắn nhỏ ban đầu được hình thành trong kim loại lỏng . Có 2 loại mầm: mầm tự sinh và ký sinh.

* Mầm tự sinh (mầm đồng thể)

Xét trường hợp kết tinh của kim loại lỏng nguyên chất thì mầm tự sinh được coi là những nhóm nguyên tử được hình thành trong kim loại lỏng (pha mẹ). Có trật tự sắp xếp gần như trật tự xếp trong tinh thể rắn và có thể phát triển (lớn lên) thành các hạt tinh thể. Nếu coi gần đúng những mầm tự sinh có dạng cầu với bán kính r , thì thấy rằng chỉ những mầm có bán kính đạt tới một giá trị tới hạn kính r_{th} nào đó thì mới tiếp tục phát triển lên thành hạt tinh thể. Những mầm có bán kính nhỏ hơn sẽ lại tan trở lại kim loại lỏng.

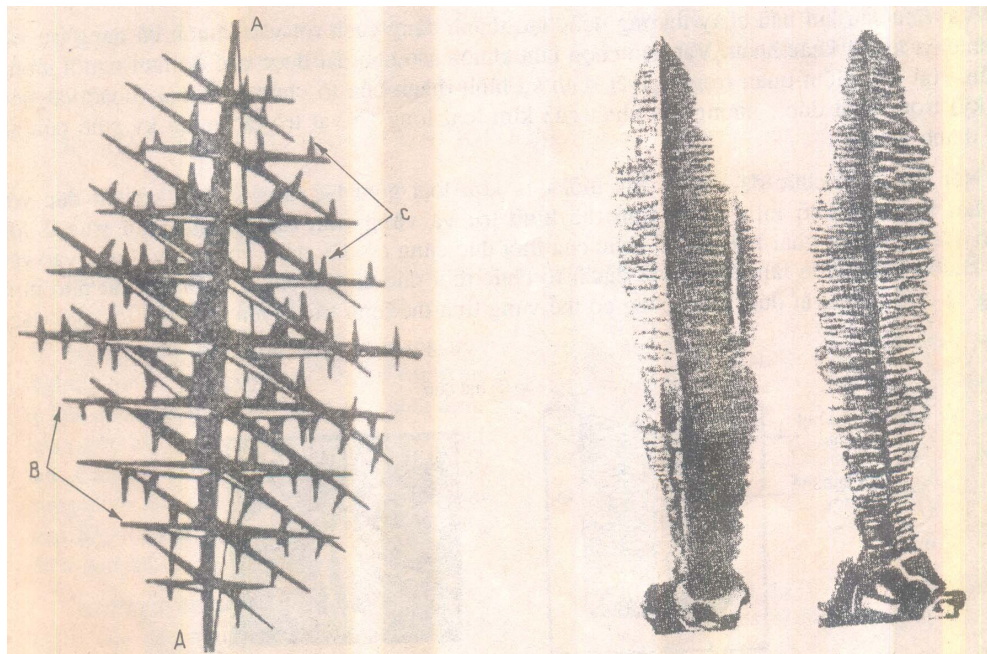
Hình 1.19 mô tả mối quan hệ giữa độ quá nguội t và kích thước mầm tới hạn r_{th} . Theo quan hệ này sẽ thấy độ quá nguội càng lớn thì giá trị bán kính tới hạn r_{th} càng nhỏ. Thực nghiệm cũng như lý thuyết đều chứng tỏ: tốc độ làm nguội càng lớn thì độ quá nguội càng lớn. Điều đó có nghĩa là khi đúc, kim loại được làm nguội càng nhanh thì càng có nhiều mầm đạt tới giá trị r_{th} và do vậy hạt tinh thể sau khi đúc càng nhỏ, tính chất sản phẩm sẽ càng tốt.

* Mầm ký sinh (mầm dị thể)

Mầm kí sinh là mầm không tự sinh ra trong lòng pha lỏng mà dựa vào các phần tử “đặc biệt”, đó là những vật rắn có sẵn trong kim loại lỏng hoặc thành khuôn. Sự có mặt của mầm có sẵn làm tăng số lượng mầm, do vậy làm tăng nhanh quá trình kết tinh, đồng thời cũng góp phần làm nhỏ hạt tinh thể của sản phẩm đúc. Trong thực tế sản xuất đúc, đã sử dụng hiện tượng này để làm nhỏ hạt tinh thể thỏi đúc, nâng cao chất lượng sản phẩm bằng cách đưa thêm vào kim loại lỏng những chất rắn nhất định gọi là chất biến tính (ví dụ, khi nấu thép cho thêm một lượng nhỏ nhôm, hoặc khi nấu nhôm cho thêm một lượng nhỏ Zn). Chất biến tính có khả năng tạo ra các hợp chất khó chảy, tồn tại dưới dạng các hạt rắn nhỏ mịn treo lơ lửng trong pha lỏng và khi nguội, chúng đóng vai trò các trung tâm tạo mầm kí sinh. Ngoài chất biến tính, người ta còn sử dụng các biện pháp làm nhỏ hạt khác như rung cơ học, sóng siêu âm... khi kết tinh. Kim loại với tổ chức nhỏ có cơ tính cao.

62.2. Quá trình phát triển mầm

Khi khảo sát quá trình tạo mầm, người ta đã giả thiết rằng mầm ban đầu có dạng cầu (tự sinh) hoặc chỏm cầu (kí sinh). Đây chỉ là sự gần đúng ban đầu, khi chúng phát triển tự do trong pha lỏng, các bề mặt giới hạn phải là những mặt tinh thể với sắp xếp nguyên tử xác định. Hình dáng thực tế của mầm đang lớn lên phải là hình đa diện tương ứng với kiểu mạng của pha rắn. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp, các tinh thể lớn lên theo hình nhánh cây hình 1.20



Quá trình kết tinh theo hình nhánh cây có thể mô tả như sau: đầu tiên tinh thể phát triển theo một hướng xác định, tạo lên trục chính A của tinh thể

hình 1.20. Sau đó từ trực chính, tinh thể phát triển ưu tiên sang trực thứ hai(B), rồi từ trực thứ ba (C)... và cuối cùng phần kim loại lỏng xung quanh sẽ điền kín khoảng không gian còn lại giữa các trực. Trên hình 1.20b là ảnh chụp một tinh thể nhánh cây dài 39 cm, nặng 3,45 kg do nhà bác học nga Chermov tìm được từ một lỗm co một thỏi đúc năm 1878.

6.3. Sự hình thành hạt

Như đã trình bày ở trên, sự kết tinh bao gồm hai quá trình: tạo mầm và các mầm đó lớn lên tiếp theo. Khi các mầm sinh ra đầu tiên phát triển lên, trong kim loại lỏng vẫn tiếp tục sinh ra các mầm mới rồi các mầm mới này lại phát triển lên tiếp theo... Quá trình cứ như vậy xảy ra cho đến khi kim loại lỏng hết, sự kết tinh kết thúc.

Có thể hình dung sự tạo thành hạt tinh thể kim loại bằng sơ đồ hình 1.21 Giả sử trong một đơn vị thể tích kim loại lỏng nào đó trong một giây sinh ra ba mầm, ở giây thứ hai có ba mầm sinh ra ở giây thứ nhất phát triển lên và ba mầm mới sinh. Quá trình xảy ra như vậy cho đến khi cả khối kim loại lỏng kết tinh hết ở giây thứ n nào đó và tạo nên khối kim loại đa tinh thể. Do sự kết tinh xảy ra theo các quá trình như vậy, có thể rút ra các nhận xét sau:

- Do mỗi hạt tạo nên từ mỗi mầm, mà mỗi mầm định hướng trong không gian một cách ngẫu nhiên nên phương giữa các hạt kim loại lệch nhau một góc nào đó.

- Các hạt có kích thước không đồng đều: những hạt do các mầm sinh ra trước đó có điều kiện phát triển hơn (nhiều kim loại lỏng bao quanh và thời gian dài hơn), sẽ có kích thước lớn hơn những hạt sinh ra sau.

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

1. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn
2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất
 - 2.1. Chất khí
 - 2.2. Chất rắn tinh thể.
 - 2.3. Chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể.
3. Khái niệm về mạng tinh thể
 - 3.1. Ô cơ sở
 - 3.2. Mật độ nguyên tử.
4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn.
 - 4.1. Chất rắn có liên kết kim loại.

4.2. Dạng thù hình

5. Đơn tinh thể và đa tinh thể

5.1. Đơn tinh thể.

5.2. Đa tinh thể

6. Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại

6.1. Hai quá trình của sự kết tinh.

6.2. Sự hình thành hạt.

Các bước và cách thức thực hiện công việc

1.Trình bày liên kết ion và liên kết cộng hoá trị, liên kết kim loại? Tại sao liên kết kim loại lại tạo cho kim loại các tính chất điển hình: ánh kim, dẫn điện, dẫn nhiệt, tính dẻo.

2.Trình bày sự sắp xếp các nguyên tử trong chất khí, chất lỏng, chất rắn tinh thể?

3. Nêu khái niệm về ô cơ sở và mạng tinh thể trong kim loại, biểu diễn ô cơ sở và mạng tinh thể bằng hình vẽ.

4.Trình bày cấu trúc tinh thể của vật rắn với liên kết kim loại, vẽ hình biểu diễn các ô cơ sở của các kiểu mạng tinh thể.

5.Nêu khái niệm về dạng thù hình? Trình bày tính thù hình của sắt? Nêu ý nghĩa của dạng thù hình.

6.Thế nào là đơn tinh thể, đa tinh thể. Nêu đặc tính và ứng dụng của chúng.

7.Trình bày hai quá trình của sự kết tinh hình thành tổ chức kim loại.

Yêu cầu đánh giá kết quả học tập

1.Trình bày khái niệm về liên kết ion, liên kết cộng hoá trị, liên kết kim loại? Tại sao liên kết kim loại lại tạo cho kim loại các tính chất điển hình: ánh kim, dẫn điện, dẫn nhiệt, tính dẻo.

a. Khái niệm các dạng liên kết

- Liên kết ion

- Liên kết cộng hoá trị

- Liên kết kim loại

b.Tại sao liên kết kim loại lại tạo cho kim loại các tính chất điển hình: ánh kim, dẫn điện, dẫn nhiệt, tính dẻo.

- Ánh kim

- Dẫn điện, dẫn nhiệt

- Tính dẻo.

2. Trình bày sự sắp xếp các nguyên tử trong chất khí, chất lỏng, chất rắn tinh thể?

- Sự sắp xếp các nguyên tử trong chất khí
- Sự sắp xếp các nguyên tử trong chất lỏng
- Sự sắp xếp các nguyên tử trong chất rắn tinh thể

3. Nêu khái niệm về ô cơ sở và mạng tinh thể trong kim loại, biểu diễn ô cơ sở và mạng tinh thể bằng hình vẽ.

- Khái niệm về ô cơ sở trong mạng tinh thể (hình vẽ minh họa).
- Khái niệm về mạng tinh thể (hình vẽ minh họa).

4. Trình bày cấu trúc tinh thể của vật rắn với liên kết kim loại, vẽ hình biểu diễn các ô cơ sở của các kiểu mạng tinh thể.

- Mạng tinh thể lập phương tâm khối (A1), (hình vẽ minh họa)
- Mạng tinh thể lập phương tâm mặt (A2), (hình vẽ minh họa)
- Mạng tinh thể sáu phương xếp chặt (A3), (hình vẽ minh họa)

5. Nêu khái niệm về dạng thù hình? Trình bày tính thù hình của sắt? Nêu ý nghĩa của dạng thù hình.

- Khái niệm tính thù hình
- Tính thù hình của sắt
- Ý nghĩa của tính thù hình

6. Thế nào là đơn tinh thể, đa tinh thể. Nêu đặc tính và ứng dụng của chúng.

- Khái niệm đơn tinh thể, Phạm vi ứng dụng
- Khái niệm đa tinh thể, phạm vi ứng dụng

7. Trình bày hai quá trình của sự kết tinh hình thành tổ chức kim loại.

a. Sự hình thành mầm tinh thể

b. Quá trình phát triển mầm

- Mầm ký sinh
- Mầm tự sinh

Chương 2

HỢP KIM VÀ BIẾN ĐỔI TỔ CHỨC

Mã chương: MH12.2

Giới thiệu chương

Trong thực tế, đặc biệt trong cơ khí và xây dựng, người ta không dùng thuần kim loại nguyên chất, nguyên tố hóa học và hợp chất hóa học mà thường là tổ hợp các chất cơ bản trên. Khi hòa trộn các nguyên tố, hợp chất hóa học với nhau bằng cách nấu chảy lỏng chúng, trong quá trình làm nguội tiếp theo các chất đưa vào có những tương tác với nhau, tạo nên cấu trúc mới và do đó có tính chất khác đi, đôi khi khác hẳn, vật liệu trở nên đa dạng hơn, thích ứng hơn trong sử dụng. Chính chương này giải quyết vấn đề đó cho hệ hợp kim (vật liệu kim loại) và các nguyên lý cho hợp kim cũng hoàn toàn thích hợp và ứng dụng được cho hệ vật liệu vô cơ - ceramic và có thể cả cho hệ vật liệu hữu cơ - polyme.

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm của giản đồ pha, các điểm và các đường giới hạn xảy ra chuyển biến giữa các pha ;
- Mô tả được những chuyển biến trên giản đồ pha Fe -C;
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

Nội dung chính

1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim
 - 1.1. Khái niệm về hợp kim.
 - 1.2. Dung dịch rắn.
 - 1.3. Pha trung gian.
2. Giản đồ pha của hệ hai cấu tử
 - 2.1. Quy tắc pha và ứng dụng.
 - 2.2. Giản đồ pha và công dụng.
 - 2.3. Giản đồ pha loại I
 - 2.4. Giản đồ pha loại II
 - 2.5. Giản đồ pha loại III
 - 2.6. Giản đồ pha loại IV
 - 2.7. Quan hệ giữa dạng giản đồ pha và tính chất của hợp kim.
3. Giản đồ pha Fe - C (Fe- Fe₃C)
 - 3.1. Tương tác giữa Fe- C.

3.2. Giải đồ pha Fe- C (Fe- Fe₃C) và các tổ chức.

1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim

Mục tiêu

- Trình bày được những khái niệm cơ bản về hợp kim, dung dịch rắn và pha trung gian;

- Rèn luyện tính nghiêm túc, chủ động và sáng tạo trong học tập.

1.1. Khái niệm về hợp kim

1.1.1. Định nghĩa

Hợp kim là vật thể của nhiều nguyên tố và mang tính kim loại (dẫn điện, dẫn nhiệt cao, dẻo, dễ biến dạng, có ánh kim). Hợp kim được tạo thành trên cơ sở kim loại: giữa hai kim loại với nhau (như latông: Cu và Zn) mà cũng có thể là giữa một kim loại với một á kim (như thép, gang: Fe và C), song nguyên tố chính vẫn là kim loại, đó là hợp kim đơn giản hay giữa nguyên tố chính là kim loại với hai hay nhiều nguyên tố khác, đó là hợp kim phức tạp. Nguyên tố kim loại chính, chứa nhiều nhất (> 50%) được gọi là nền hay nguyên tố chủ. Thành phần của các nguyên tố trong hợp kim (và trong ceramic) thường được biểu thị bằng phần trăm khối lượng (khi bằng phần trăm nguyên tử phải chỉ định rõ kèm theo), trong polyme được biểu thị bằng phần trăm thể tích.

1.1.2. Ưu việt của hợp kim

Các kim loại nguyên chất thể hiện rõ ưu việt trong dẫn nhiệt, dẫn điện vì chúng có các chỉ tiêu này cao nhất như các dây dẫn điện đều được làm bằng nhôm, đồng nguyên chất. Tuy nhiên trong chế tạo cơ khí, thiết bị, đồ dùng... các vật liệu đem dùng thường là hợp kim vì so với các kim loại nguyên chất nó có các đặc tính phù hợp hơn về sử dụng, gia công và kinh tế.

1) Trước hết các vật liệu cơ khí phải có độ bền cao để chịu được tải cao khi làm việc nhưng đồng thời cũng không được giòn để dẫn đến phá hủy. Các kim loại nguyên chất nói chung rất dẻo (rất dễ dát mỏng, kéo sợi ngay ở trạng thái nguội) nhưng có độ bền, độ cứng, tính chống mài mòn kém xa hợp kim (từ vài ba đến hàng chục lần). Nhờ vậy khi dùng hợp kim tuổi bền của máy, kết cấu tăng lên gấp bội. Tuy nhiên độ bền, độ cứng tăng lên thường dẫn đến làm giảm độ dẻo, độ dai gây ra giòn song vẫn phải còn đủ, tốt khi sử dụng. Quyết định chọn độ bền, độ cứng cao đến mức nào bị hạn chế bởi độ dẻo và độ dai cho phép cho mỗi trường hợp cụ thể để vừa có thể chịu tải tốt nhất vừa không bị phá hủy giòn. Nhờ vậy cho đến hiện nay hợp kim vẫn là loại vật liệu có sự kết hợp tốt nhất các đặc tính cơ học kể trên với tỷ lệ áp đảo trong máy móc và thiết bị.

2) Tính công nghệ đa dạng và thích hợp. Để tạo thành bán thành phẩm và sản phẩm, vật liệu phải có khả năng chế biến thích hợp và được gọi là tính công nghệ. Kim loại nguyên chất tuy dễ biến dạng dẻo nhưng khó cắt

gọt, đúc và không hóa bền được bằng nhiệt luyện. Trái lại, hợp kim với nhiều chủng loại khác nhau có thể có các tính công nghệ đa dạng phù hợp với điều kiện riêng khi gia công, chế tạo sản phẩm cụ thể.

- Hầu như mọi hợp kim đều có thể tạo hình được bằng một trong hai phương pháp: biến dạng dẻo: cán, kéo, ép chảy (chủ yếu cho các bán thành phẩm dài), rèn (tạo phôi cho cắt gọt), dập (thành sản phẩm) và đúc (chủ yếu cho các sản phẩm có hình dạng phức tạp).

- Nói chung hợp kim có tính gia công cắt nhất định để bảo đảm sản phẩm có kích thước, hình dạng chính xác, bề mặt nhẵn bóng, điều này đặc biệt quan trọng khi lắp ghép với nhau trong máy móc, thiết bị.

- Nhiều hợp kim, đặc biệt là thép (chiếm tới 90% tổng sản lượng vật liệu kim loại) rất nhạy cảm với nhiệt luyện để tạo ra cơ tính đa dạng phù hợp với điều kiện làm việc và gia công.

3) Trong nhiều trường hợp, luyện hợp kim đơn giản và rẻ hơn so với luyện

kim loại nguyên chất, do không phải chi phí để khử nhiều nguyên tố lẫn vào. Có thể thấy điều đó qua hai trường hợp thường gặp sau.

- So với luyện sắt nguyên chất, luyện hợp kim Fe - C (thép và gang) đơn giản hơn do nhiệt độ chảy thấp hơn và không phải hay ít phải khử bỏ cacbon trong sản phẩm của lò cao. Xét về mặt đòi hỏi độ bền cao, việc luyện sắt đòi hỏi khử bỏ cacbon và các tạp chất khác một cách triệt để không những không cần thiết mà còn có hại.

- Khi pha Zn vào kim loại chủ Cu ta được latông vừa bền lại vừa rẻ hơn (do kẽm rẻ hơn đồng khá nhiều).

1.1.3. Một số khái niệm

Khi khảo sát hợp kim cũng như các vật liệu khác, thường gặp một số khái

niệm mới cần phân định cho rõ.

• Cấu tử là các nguyên tố (hay hợp chất hóa học bền vững) cấu tạo nên hợp kim. Ví dụ latông (hợp kim Cu-Zn) có hai cấu tử là Cu và Zn. Nhiều khi còn phân biệt cấu tử hòa tan với cấu tử dung môi .

• Hệ là từ dùng để chỉ một tập hợp vật thể riêng biệt của hợp kim trong điều kiện xác định hoặc là một loạt hợp kim khác nhau với các cấu tử giống nhau.

• Pha là tổ phần đồng nhất của hệ (hợp kim) có cấu trúc và các tính chất cơ - lý - hóa xác định, giữa các pha có bề mặt phân cách. Các đơn chất, các dung dịch lỏng, các dung dịch rắn, chất khí, các dạng thù hình là các pha khác nhau. Ví dụ:

- Nước ở 0°C là hệ một cấu tử (hợp chất hóa học bền vững H_2O) và có hai pha (pha rắn: nước đá, pha lỏng: nước).

- Chi tiết bằng hợp kim Cu - Ni là hệ hai cấu tử (Cu và Ni) song chỉ có một pha (dung dịch rắn của hai kim loại đó).

- Trạng thái cân bằng (Ổn định)

Về mặt nhiệt động học, trạng thái cân bằng hay ổn định gắn liền với khái niệm về năng lượng tự do là đại lượng phụ thuộc vào năng lượng dự trữ (nội năng) của hệ cũng như mức độ sắp xếp trật tự của các nguyên tử, phân tử. Hệ ở trạng thái cân bằng (Ổn định) khi các pha của nó đều có năng lượng tự do nhỏ nhất trong các điều kiện về nhiệt độ, áp suất và thành phần xác định. Điều này cũng có nghĩa trong các điều kiện đó các đặc tính (cấu trúc, tính chất) của hệ hoàn toàn không biến đổi theo thời gian, cứ tồn tại như vậy mãi mãi. Thông thường hệ với các pha ở trạng thái cân bằng bao giờ cũng có độ bền, độ cứng thấp nhất, không có ứng suất bên trong, xô lệch mạng tinh thể ít nhất và được hình thành khi làm nguội với tốc độ chậm.

Hình 2.1. Sơ đồ biểu thị các vị trí Ổn định

(1), không Ổn định (2) và giả Ổn định (3).

- Trạng thái không cân bằng (không Ổn định)

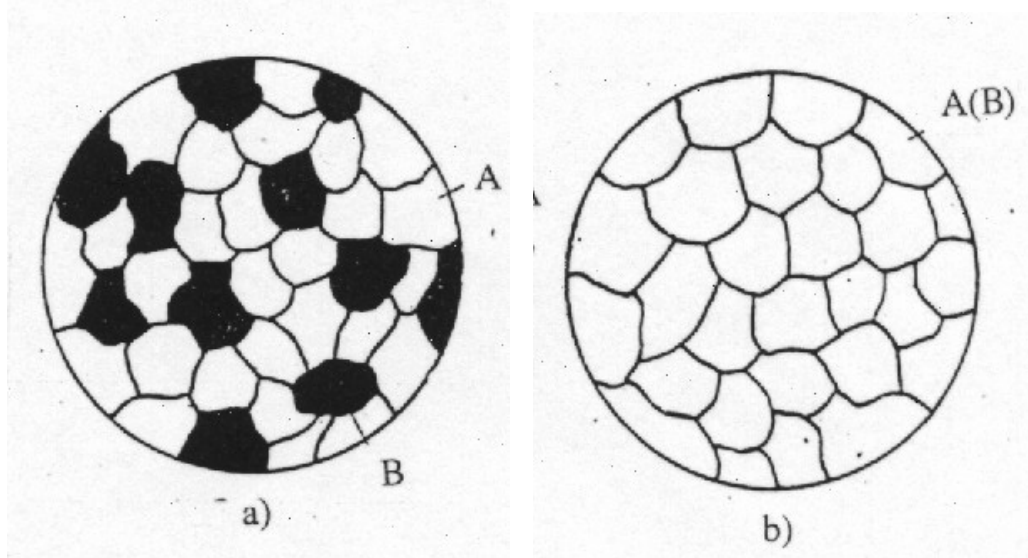
Khi thay đổi nhiệt độ và áp suất sẽ kéo theo sự tăng năng lượng tự do, hệ trở nên không cân bằng, lúc đó rất có thể hệ có biến đổi đột ngột sang trạng thái cân bằng mới với năng lượng tự do nhỏ hơn tức là có chuyển pha. Nói chung trạng thái (tổ chức) không cân bằng là không Ổn định, luôn luôn có xu hướng tự biến đổi sang trạng thái (tổ chức) cân bằng, Ổn định, nhất là khi bị nung nóng; tuy nhiên trong nhiều trường hợp, ở nhiệt độ thường quá trình biến đổi này không nhận thấy được hay với tốc độ rất nhỏ nên trong thực tế trạng thái không cân bằng này vẫn tồn tại lâu dài, mặc dầu về mặt lý thuyết không thể tồn tại vĩnh viễn. Trạng thái (tổ chức) không cân bằng có ý nghĩa quan trọng trong thực tế vì thường đáp ứng được các yêu cầu *cơ tính (bền, cứng) cao hơn. Trạng thái không cân bằng được hình thành với tốc độ nguội nhanh và rất nhiều hợp kim, đặc biệt là thép được sử dụng (làm việc) ở trạng thái này.*

- Trạng thái giả Ổn định

Cũng tồn tại khái niệm về trạng thái (tổ chức) giả Ổn định khi trạng thái cân bằng hay Ổn định tuyệt đối chỉ tồn tại trên lý thuyết, đòi hỏi phải làm nguội vô cùng chậm đến mức rất khó xảy ra trong thực. Vậy giả Ổn định thực chất là không Ổn định nhưng thực tế lại tồn tại một cách Ổn định ngay cả khi bị nung nóng trong một phạm vi nào đó. Để phân biệt ba trạng thái (tổ chức) trên có thể dùng sơ đồ ở hình 2.1: trong tự nhiên viên bi ở vị trí 1 là trạng thái Ổn định vì có thế năng (năng lượng dự trữ) nhỏ nhất; vị trí 2 rõ ràng là không Ổn định vì có thế năng lớn nhất, dễ dàng chuyển sang các vị trí 1, 3; vị trí 3 được coi là giả Ổn định, có thế năng tương đối thấp tuy cao hơn vị trí 1 song khó hay không thể chuyển về vị trí này do phải vượt qua một hàng rào năng lượng ΔG khá lớn.

1.1.4. Phân loại các tương tác

Phương pháp chế tạo hợp kim thông dụng nhất là hòa trộn (nấu chảy rồi làm nguội) các cấu tử. Ở trạng thái lỏng nói chung các cấu tử đều tương tác với nhau tạo nên dung dịch lỏng - pha đồng nhất. Người ta đặc biệt quan tâm đến các tương tác giữa các cấu tử ở trạng thái rắn vì chính điều này mới quyết định cấu trúc và do đó tính chất của hợp kim. Ở đây có thể có hai trường hợp lớn xảy ra: không và có tương tác với nhau. Khi hai cấu tử A và B không có tương tác với nhau, tức "trơ" với nhau, các nguyên tử, ion của từng cấu tử không đan xen vào nhau, chúng giữ lại cả hai kiểu mạng của các cấu tử thành phần, dưới dạng các hạt riêng rẽ của hai pha nằm cạnh nhau với tổ chức tế vi biểu thị ở hình 2.2a, hỗn hợp A + B.



Hình 2.2. Tổ chức tế vi của hợp kim của hai kim loại:

a) không tương tác với nhau A+B, b) hòa tan với nhau thành dung dịch rắn A(B).

Khi hai cấu tử A và B có tương tác với nhau, tức nguyên tử của các cấu tử đan xen vào nhau tạo nên một pha duy nhất, không còn lại các hạt riêng rẽ của từng cấu tử, lúc này có thể có hai trường hợp xảy ra:

- Hòa tan thành dung dịch rắn, lúc đó hợp kim giữ lại một trong hai kiểu mạng ban đầu làm nền, có tổ chức một pha như kim loại nguyên chất (hình 2.2b),
- Phản ứng hóa học với nhau thành hợp chất hóa học, lúc đó không còn cả hai kiểu mạng ban đầu, mà tạo nên kiểu mạng mới khác hẳn. Lần lượt khảo sát hai kiểu tương tác này.

1.2. Dung dịch rắn

1.2.1. Khái niệm - phân loại

Giống như trong dung dịch lỏng, cấu tử nào nhiều hơn được gọi là dung môi và ít hơn là chất tan, trong dung dịch rắn còn phân biệt chúng theo cách: cấu tử nào giữ lại được kiểu mạng được gọi là dung môi, còn các nguyên tử chất hòa tan sắp xếp lại trong mạng dung môi một cách đều đặn và ngẫu nhiên. Như vậy dung dịch rắn là pha đồng nhất có cấu trúc mạng như của dung môi (tức của nguyên tố chủ) nhưng với thành phần (hay còn gọi là nồng độ) có thể thay đổi trong một phạm vi mà không làm mất đi sự đồng nhất đó. Ký hiệu dung dịch rắn là A(B) có kiểu mạng của A là cấu tử dung môi, B là cấu tử hòa tan; như vậy B(A) có kiểu mạng của B là dung môi, A - chất tan. Các nguyên tử hòa tan được sắp xếp lại trong mạng tinh thể dung môi theo hai kiểu khác nhau, tương ứng với hai loại dung dịch rắn: thay thế và xen kẽ như biểu thị ở hình 2.3 trong đó các vòng tròn gạch chéo và tô đen biểu thị các nguyên tử hòa tan trong mạng cấu tử dung môi (vòng trắng). Rõ ràng ở đây yếu tố hình học có ý nghĩa quan trọng.

Lần lượt xét từng loại dung dịch rắn.



Hình 2.3. Sơ đồ sắp xếp nguyên tử hòa tan thay thế và xen kẽ vào dung môi có mạng lập phương tâm mặt, mặt (100)

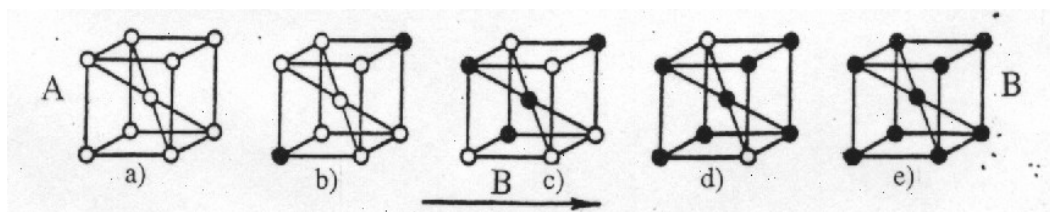
1.2.2. Dung dịch rắn thay thế

Trong dung dịch rắn thay thế các nguyên tử hòa tan chiếm chỗ hay thay thế vào đúng các vị trí nút mạng của kim loại chủ, tức là vẫn có kiểu mạng và số

nguyên tử trong ô cơ sở đúng như của cấu tử dung môi. Về mặt hình học có thể thấy sự thay thế nguyên tử này bằng nguyên tử khác ít nhiều đều gây ra xô lệch mạng vì không có hai nguyên tử nào có đường kính nguyên tử hoàn toàn giống nhau, vì vậy sự thay thế chỉ xảy ra đối với các nguyên tử có kích thước nguyên tử khác nhau ít như giữa các kim loại với sự sai lệch không quá 15%. Vượt quá giới hạn này sự thay thế lẫn nhau là rất khó vì làm mạng xô lệch quá mạnh, trở nên mất ổn định.

Sự thay thế trong dung dịch rắn thường chỉ là có hạn vì nồng độ chất tan càng tăng mạng càng bị xô lệch cho đến nồng độ bão hòa, lúc này nếu tăng nữa sẽ tạo nên pha mới (dung dịch rắn khác hay pha trung gian), nồng độ bão hòa đó được gọi là giới hạn hòa tan. Trong thực tế có một số cặp kim loại chúng có thể hòa tan vô hạn vào nhau tức tạo nên một dạng các dung dịch rắn có nồng độ thay đổi một cách liên tục từ 100%A + 0%B qua 50%A + 50%B cho đến 0%A + 100%B như biểu thị ở hình 2.4.

Người ta nhận thấy có bốn yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hòa tan vô hạn hay có hạn của một cặp nguyên tử (ở đây chỉ là các yếu tố cần mà chưa đủ vì không phải cặp nào thỏa mãn cả bốn yếu tố này cũng tạo thành dung dịch rắn vô hạn) là các tương quan sau.



Hình 2.4. Sơ đồ thay thế để tạo nên dãy dung dịch rắn liên tục (hòa tan vô hạn) giữa hai kim loại A và B khi lượng B tăng dần: (a.) nguyên tử A; (b, c, d.) dãy dung dịch rắn liên tục của A và B; (e.) nguyên tử B.

- Tương quan về kiểu mạng: nếu cùng kiểu mạng mới có thể hòa tan vô hạn, khác kiểu mạng chỉ có thể hòa tan có hạn.

- Tương quan về kích thước: nếu đường kính nguyên tử sai khác nhau ít (< 8%) mới có thể hòa tan vô hạn, sai khác nhau nhiều (8 ÷ 15%) chỉ có thể hòa tan có hạn, sai khác nhau rất nhiều (> 15%) có khả năng không hòa tan lẫn nhau.

- Tương quan về nồng độ điện tử (số lượng điện tử hóa trị tính cho một nguyên tử): nếu đại lượng này vượt quá giá trị xác định đối với loại dung dịch rắn đã cho sẽ tạo nên pha khác tức dung dịch rắn chỉ là có hạn. Chỉ các

nguyên tố cùng hóa trị mới có thể hòa tan vô hạn vào nhau, các nguyên tố khác nhau về hóa trị chỉ có thể hòa tan có hạn.

- Tương quan về tính âm điện. Trong hóa học tính âm điện thường dùng để biểu thị khả năng tương tác hóa học tạo thành phân tử. Nếu hai nguyên tố có tính âm điện khác biệt nhau rất nhiều để tạo nên hợp chất hóa học, pha trung gian, sẽ hạn chế khả năng hòa tan vào nhau thành dung dịch rắn và ngược lại.

Hai tương quan sau cùng thường được đánh giá qua sự gần nhau trong bảng tuần hoàn: các nguyên tố ở trong cùng một nhóm hay ở những nhóm cạnh nhau thường có cấu tạo lớp vỏ điện tử hóa trị, tính âm điện và các đặc tính lý - hóa (đặc biệt là nhiệt độ chảy) giống nhau, để tạo thành dung dịch rắn hòa tan vô hạn. Chỉ cần không đạt một trong bốn yếu tố trên dung dịch rắn tạo thành chỉ có thể là có hạn. Đa số các cặp nguyên tố tạo nên loại dung dịch rắn này. Các cặp nguyên tố hình thành dung dịch rắn vô hạn chỉ có thể xảy ra giữa các kim loại, một số cặp trong chúng thỏa mãn các điều kiện kể trên. Ví dụ: Ag - Au (mạng A_1 , $\Delta r = 0,20\%$, cùng nhóm IB), Cu - Ni (mạng A_1 , $\Delta r = 2,70\%$, IB và VIII), $Fe\alpha$ - Cr (mạng A_2 , $\Delta r = 0,70\%$, VIB và VIII).

Nói chung sự phân bố nguyên tử hòa tan trong mạng tinh thể chủ (dung môi) là đều đặn, có tính ngẫu nhiên và được gọi là dung dịch rắn không trật tự. Tuy nhiên ở một số hệ (ví dụ hệ Au - Cu) trong một số điều kiện (nhiệt độ, nồng độ) các nguyên tử hòa tan tuy vẫn phân bố đều đặn song lại có quy luật (ví dụ trong mạng A_1 , chúng chiếm hoặc là tất cả các đỉnh hoặc là giữa tất cả các mặt bên của hình lập phương), lúc đó có dung dịch rắn trật tự với thành phần (nồng độ) cố định hay biến đổi hẹp và có tính chất hơi khác (nói chung là giòn hơn).

1.2.3 Dung dịch rắn xen kẽ

Trong dung dịch rắn xen kẽ các nguyên tử hòa tan phải có kích thước bé hơn hẳn để có thể lọt vào lỗ hổng trong mạng của kim loại chủ (dung môi), tức

là vẫn có kiểu mạng như kim loại chủ nhưng số nguyên tử trong ô cơ sở tăng lên. Như đã nói ở chương 1, tất cả các lỗ hổng đều rất nhỏ nên chỉ một số á kim với bán kính nguyên tử bé như: hydro (0,046nm), nitơ (0,071nm), cacbon (0,077nm) và đôi khi cả bo (0,091nm) mới có khả năng hòa tan xen kẽ vào các kim loại chuyển tiếp có bán kính nguyên tử lớn như sắt (0,1241nm), crôm (0,1249nm), vonfram (0,1371nm), molipden (0,136nm), vanadi (0,132nm), titan (0,145nm)... Lỗ hổng lớn nhất trong các mạng tinh thể kim loại là loại tám mặt của A_1 có $r_{l\delta} / r_{chủ}$ là 0,414, trong thực tế trừ H ra không có á kim nào nhỏ đến mức vừa kích thước này, tuy nhiên vẫn có thể chen vào ở một số lỗ hổng và đẩy các nguyên tử chủ bao quanh giãn ra, gây ra xô lệch mạnh mạng (hình 2.5a). Do số lỗ hổng này là có hạn và các nguyên tử á kim không thể chui vào mọi lỗ hổng của mạng (vì như thế sẽ gây ra xô lệch quá mạnh làm mất ổn định) nên dung dịch rắn xen kẽ không thể có loại hòa tan vô hạn, chỉ có thể là loại có hạn, hơn nữa độ hòa tan thường là nhỏ và rất nhỏ. Sự thay thế cũng

gây ra xô lệch mạng, tùy theo quan hệ kích thước nguyên tử mà các nguyên tử chủ bao quanh nguyên tử hòa tan có thể bị giãn ra khi $r_{ht} > r_{chủ}$ (hình 2.5b) hay co vào khi $r_{ht} < r_{chủ}$ (hình 2.5c).



Hình 2.5. Sự xô lệch mạng trong dung dịch rắn:

- a. hòa tan xen kẽ,
- b. hòa tan thay thế khi $r_{ht} > r_{chủ}$,
- c. hòa tan thay thế khi $r_{ht} < r_{chủ}$

1.2.4. Các đặc tính của dung dịch rắn

Về mặt cấu trúc dung dịch rắn của hợp kim có kiểu mạng tinh thể vẫn là kiểu mạng của kim loại dung môi. Đặc tính cơ bản này quyết định các đặc trưng cơ, lý, hóa tính của dung dịch rắn, về cơ bản nó vẫn giữ được các tính chất cơ bản của kim loại chủ hay nền. Do vậy dung dịch rắn trong hợp kim có những đặc trưng cơ học phổ biến như sau.

1) Mạng tinh thể có các kiểu đơn giản và xít chặt ($A_1, A_2...$) của kim loại với liên kết kim loại.

2) Do có cấu trúc mạng như vậy nên về cơ bản dung dịch rắn vẫn có cơ tính như kim loại cơ sở, đó là tính dẻo, tuy nhiên có làm thay đổi theo hướng phù

hợp hơn cho vật liệu kết cấu, đó là:

- Tính dẻo tuy có giảm đi song vẫn đủ cao, dễ biến dạng dẻo tạo nên các bán thành phẩm dài tiện lợi cho sử dụng [cũng có rất ít trường hợp làm tăng độ dẻo mà điển hình là dung dịch rắn Cu(Zn) với 30%Zn còn dẻo hơn cả Cu]

- Tăng độ bền, độ cứng, khả năng chịu tải hơn hẳn kim loại nguyên chất.

Sự biến đổi tính chất như trên càng mạnh khi nồng độ chất tan càng lớn. Tuy nhiên khi nồng độ này quá lớn, mạng bị xô lệch quá mạnh, độ bền, độ cứng tuy tăng lên mạnh nhưng độ dẻo cũng bị giảm mạnh tương ứng, gây ra giòn, dễ bị gãy, vỡ. Do vậy có thể tìm được nồng độ chất tan thích hợp cho các yêu

cấu khác nhau về các chỉ tiêu cơ tính kể trên và bao giờ sử dụng hợp kim cũng có lợi về cơ tính hơn kim loại nguyên chất.

3) Dung dịch rắn tuy cũng có tính dẫn nhiệt, dẫn điện song kém hơn kim loại nguyên chất. Sự hòa tan cũng có thể làm thay đổi đột ngột thể điện cực do đó có ảnh hưởng tốt đến tính chống ăn mòn điện hóa .

Trong tất cả các hợp kim kết cấu, dung dịch rắn bao giờ cũng là pha cơ bản chiếm trên dưới 90% thậm chí chỉ có pha này (100%).

1.3. Pha trung gian

Các hợp chất hóa học có trong hợp kim thường được gọi là pha trung gian bởi vì trên giản đồ pha nó có vị trí ở giữa, trung gian giữa các dung dịch rắn có hạn ở hai đầu mút.

1.3.1. Bản chất và phân loại

Thường hiểu hợp chất hóa học tạo thành tuân theo quy luật hóa trị. Các hợp chất này mang các đặc điểm sau:

- 1) Có mạng tinh thể phức tạp và khác hẳn với nguyên tố thành phần.
- 2) Luôn luôn có tỷ lệ chính xác giữa các nguyên tố và biểu diễn bằng công thức hóa học A_mB_n với m, n là các số nguyên.
- 3) Tính chất khác hẳn các nguyên tố thành phần với đặc điểm là giòn (khác hẳn với kim loại).
- 4) Có nhiệt độ nóng chảy cố định và khi tạo thành tỏa ra một lượng nhiệt đáng kể.

Trong hợp kim rất ít gặp các hợp chất với hóa trị (thường gặp nhiều trong vật liệu vô cơ - ceramic) với tư cách là pha tham gia quyết định tính chất (có thể thấy chúng trong hợp kim dưới dạng vật lẫn tạp chất như ôxyt, sunfit với lượng rất nhỏ). Phần lớn các hợp chất hóa học trong hợp kim có những đặc điểm khác với các hợp chất hóa học theo hóa trị như sau:

- Không tuân theo quy luật hóa trị,
- Không có thành phần hóa học chính xác (hay nói đúng hơn dao động trong một khoảng quanh thành phần chính xác theo công thức),
- Có liên kết kim loại.

Các pha trung gian trong hợp kim thường gặp gồm có: pha xen kẽ, pha điện tử và pha Laves.

1.3.2. Pha xen kẽ

Là pha tạo nên giữa các kim loại chuyển tiếp (có bán kính nguyên tử lớn) với các á kim có bán kính nguyên tử bé như cacbon, nitơ, hydro (và bo): cacbit, nitrit, hydrit (và borit). Cấu trúc mạng của pha xen kẽ được xác định bởi tương quan kích thước nguyên tử giữa á kim (X) và kim loại (M):

- Nếu $r_X / r_M < 0,59$ các nguyên tử kim loại trong pha này sắp xếp theo một trong ba kiểu mạng đơn giản thường gặp là A_1 , A_2 , A_3 (nhưng không giữ lại kiểu mạng vốn có), còn các nguyên tử á kim xen kẽ vào các lỗ hổng trong mạng, tạo nên hợp chất với các công thức đơn giản như M_4X , M_2X , MX .

- Nếu $r_X / r_M > 0,59$ sẽ tạo nên hợp chất với mạng tinh thể phức tạp (được gọi là pha xen kẽ với mạng phức tạp) với các công thức phức tạp hơn như M_3X , M_7X_3 , $M_{23}X_6$.

Đặc tính nổi bật của pha xen kẽ là có nhiệt độ chảy rất cao (thường > 2000 từ 3000°C), rất cứng ($HV > 2000$ từ 5000) và giòn, có vai trò rất lớn trong hóa bền, nâng cao tính chống mài mòn và chịu nhiệt của hợp kim.

Do hydro và nitơ có kích thước nguyên tử khá nhỏ nên tỷ số trên $< 0,59$, các hydrit, nitrit đều là pha xen kẽ mạng đơn giản. Các nitrit Fe_4N , Fe_2N , Mo_2N , Cr_2N ... được tạo thành khi thấm nitơ nâng cao mạnh độ cứng, tính chống mài mòn của thép. Do cacbon có kích thước nguyên tử lớn hơn nên ngoài tạo thành pha xen kẽ có kiểu mạng đơn giản như WC , TiC , Mo_2C , VC chúng còn tạo nên các cacbit với kiểu mạng phức tạp như Fe_3C , Mn_3C , Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 . Các cacbit trên là thành phần chủ yếu của hợp kim cứng và có trong các thép có tác dụng làm tăng độ cứng và tính chống mài mòn.

1.3.3. Pha điện tử (Hume-Rothery)

Là hợp chất hóa học có nồng độ điện tử N (số điện tử hóa trị tính cho một nguyên tử) xác định là: $3/2$ ($21/14$), $21/13$ và $7/4$ ($21/12$), mà mỗi tỷ lệ ứng với một cấu trúc mạng phức tạp nhất định.

Với nồng độ điện tử $3/2$ được gọi là pha β với kiểu mạng lập phương tâm khối hay lập phương phức tạp hoặc sáu phương, với nồng độ $21/13$ được gọi là pha γ với mạng phức tạp, với nồng độ $7/4$ được gọi là pha ϵ với mạng sáu phương xếp chặt. Pha điện tử được tạo thành bởi các kim loại giữa hai nhóm: hóa trị một (Cu , Ag , Au , Li , Na) và chuyển tiếp (Mn , Fe , Co ...) với hóa trị từ hai đến năm (Be , Mg , Zn , Cd , Al ...). Ví dụ hệ $\text{Cu} - \text{Zn}$ tạo nên một loạt pha điện tử: CuZn (pha β , $N = 3/2$), Cu_5Zn_8 (pha γ , $N = 21/13$), CuZn_3 (pha ϵ , $N = 7/4$).

1.3.4. Pha Laves

Tạo nên bởi hai nguyên tố A , B có tỷ lệ bán kính nguyên tử $r_A / r_B = 1,2$ (có thể biến đổi trong khoảng $1,1 \div 1,6$) với công thức AB_2 có kiểu mạng sáu phương xếp chặt như MgZn_2 , MgNi_2 hay lập phương tâm mặt (MgCu_2).

Ngoài các pha trên trong các hợp kim đôi khi còn gặp các pha khác như σ , λ , δ , μ ...

Do đặc tính nổi bật là giòn nên không bao giờ dùng hợp kim với tổ chức chỉ có một pha duy nhất là pha trung gian. Trong các hợp kim lượng các pha trung gian thường chiếm tỷ lệ nhỏ $< 10\%$ (đôi khi tới $20 \div 30\%$), bên cạnh dung dịch rắn, có tác dụng cản trượt tăng độ bền, độ cứng.

2. Giảm độ pha của hệ hai cấu tử

Mục tiêu

- Trình bày được quy tắc pha và ứng dụng;
- Trình bày được dạng giản đồ và công dụng;
- Vẽ hình và phân tích được các giản đồ pha loại I, II, III, IV;
- Trình bày được quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất của hợp kim.

2.1. Quy tắc pha và ứng dụng

Trạng thái cân bằng của hệ được xác định bởi các yếu tố bên trong (thành phần hóa học) và bên ngoài (nhiệt độ, áp suất), tuy nhiên trong đó các yếu tố phụ thuộc lẫn nhau.

Bậc tự do là số lượng các yếu tố độc lập có thể thay đổi được trong giới hạn xác định mà không làm thay đổi trạng thái của hệ, tức là không làm thay đổi số pha đã có. Quan hệ giữa số pha P (phase), số cấu tử C (component) và số bậc tự do F (freedom) được xác định bằng định luật hay quy tắc pha của Gibbs (bằng toán học có thể chứng minh được quy tắc này). Do việc nghiên cứu và sử dụng vật liệu thường diễn ra trong khí quyển nên ảnh hưởng của áp suất không được tính đến nên số yếu tố bên ngoài chỉ còn lại một (là nhiệt độ) và quy tắc pha có dạng sau:

$$F = C - P + 1$$

Nếu $F = 0$ hệ là vô biến, không có yếu tố nào có thể thay đổi được, lúc đó $P = C + 1$ (số pha nhiều hơn số cấu tử là một). Ví dụ kim loại nguyên chất ($C = 1$) khi nóng chảy hay kết tinh tồn tại hai pha ($P = 2$, lỏng, rắn), số bậc tự do bằng không ($F = 1 - 2 + 1$), điều này chứng tỏ kim loại nguyên chất kết tinh hay nóng chảy luôn xảy ra ở nhiệt độ không đổi.

Nếu $F = 1$ hệ là đơn biến, chỉ có một yếu tố (hoặc là nhiệt độ hoặc là thành phần) có thể thay đổi được, lúc đó $P = C$ (số pha bằng số cấu tử). Ví dụ, hợp kim Cu - Ni ở nhiệt độ thường có tổ chức là dung dịch rắn, khi nung nóng sẽ chảy thành dung dịch lỏng, vậy trong quá trình nóng chảy số pha của hợp kim là hai (dung dịch rắn, lỏng), số bậc tự do bằng một ($F = 2 - 2 + 1$), điều này chứng tỏ quá trình trên xảy ra trong một khoảng nhiệt độ (tức là nhiệt độ biến đổi) hoặc là tại một nhiệt độ nào đó trong quá trình nóng chảy ta có thể thay đổi chút ít thành phần (thêm bớt Cu, Ni) mà vẫn giữ cho hợp kim ở trạng thái hai pha này.

Nếu $F = 2$ hệ là nhị biến, cùng một lúc có thể thay đổi cả hai yếu tố nhiệt độ và thành phần, lúc đó $P = C - 1$ (số pha ít hơn số cấu tử là một). Ví dụ, phần lớn các hệ hai cấu tử ở trạng thái lỏng đều hòa tan vô hạn vào nhau nên lúc đó chỉ có một pha là dung dịch lỏng và số bậc tự do bằng hai ($F = 2 - 1 + 1$), điều này chứng tỏ ở trạng thái lỏng của hệ ta có thể thay đổi đồng thời nhiệt độ và thành phần khá dễ dàng mà vẫn chỉ tồn tại một pha.

Rất thường gặp các trường hợp kể trên khi khảo sát giản đồ pha. Cần chú ý

rằng số bậc tự do không thể có giá trị âm, giá trị nhỏ nhất là bằng không, do vậy số pha nhiều nhất của hệ ở trạng thái cân bằng là $P_{\max} = C + 1$ tức là không thể lớn hơn số cấu tử quá một đơn vị. Như vậy trong hệ một cấu tử $P_{\max} = 2$, hai cấu tử $P_{\max} = 3$, ba cấu tử $P_{\max} = 4$...Điều này giúp ích rất nhiều cho việc xác định các pha của hệ; ví dụ trong hệ hai cấu tử từ một pha chỉ có thể tạo ra tối đa hai pha khác.

2.2. Giản đồ pha và công dụng

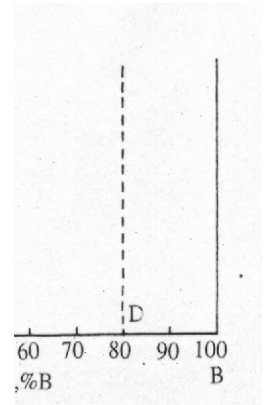
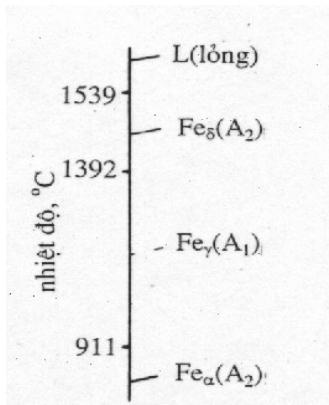
Giản đồ pha (còn gọi là giản đồ trạng thái hay giản đồ cân bằng) của một hệ là công cụ để biểu thị mối quan hệ giữa nhiệt độ, thành phần và số lượng (tỷ lệ) các pha (hoặc tổ chức) của hệ đó ở trạng thái cân bằng. Các hệ có giản đồ pha khác nhau và chúng được xây dựng chỉ bằng thực nghiệm. Trong thực tế không có hai giản đồ pha nào giống nhau hoàn toàn vì tương tác giữa các cấu tử xảy ra rất phức tạp từ kiểu pha, các phản ứng cho đến nhiệt độ tạo thành. Hiện nay người ta đã xây dựng được hầu hết các hệ hai cấu tử giữa các kim loại, kim loại với á kim và các hệ ba cấu tử thường gặp rất thuận tiện cho việc tra cứu.

Hệ một cấu tử không có sự biến đổi thành phần nên giản đồ pha của nó chỉ có một trục, trên đó đánh dấu nhiệt độ chảy (kết tinh) và các nhiệt độ chuyển biến thù hình (nếu có) như ở hình 2.6a cho trường hợp của sắt.

Giản đồ pha hệ hai cấu tử có hai trục: trục tung biểu thị nhiệt độ, trục hoành biểu thị thành phần (thường theo % khối lượng) với những đường phân chia các khu vực pha theo các nguyên tắc sau:

- Xen giữa hai khu vực một pha là khu vực hai pha tương ứng.
- Mỗi điểm trên trục hoành biểu thị một thành phần xác định của hệ. Theo chiều từ trái sang phải tỷ lệ cấu tử B tăng lên, còn từ phải sang trái tỷ lệ của cấu tử A tăng lên, hai đầu mút tương ứng với hai cấu tử nguyên chất: A (trái), B (phải). Ví dụ trên hình 2.6b điểm C ứng với thành phần có 30%B (tỷ lệ của cấu tử thứ hai là phần còn lại, tức 70%A), điểm D: 80%B + 20%A.
- Đường thẳng đứng bất kỳ biểu thị một thành phần xác định nhưng ở các nhiệt độ khác nhau. Ví dụ đường thẳng đứng qua D biểu thị sự thay đổi nhiệt độ của thành phần này (80%B + 20%A).
- Hai trục tung chính là giản đồ pha của từng cấu tử tương ứng (trái cho A, phải cho B).

Do được biểu thị trên mặt phẳng một cách chính xác nên từ giản đồ pha của hệ hai cấu tử dễ dàng xác định được các thông số sau đây cho một thành phần xác định ở nhiệt độ nào đó.



a)

b)

Hình 2.6: a) Giản đồ pha của sắt. b) Các trục của giản đồ pha hệ hai cấu tử.

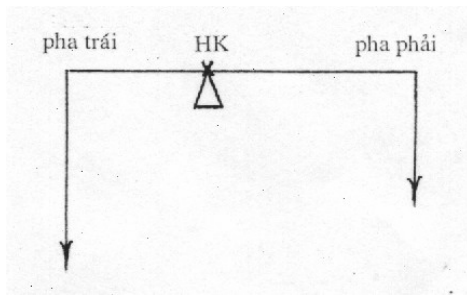
- Các pha tồn tại. Căn cứ vào điểm nhiệt độ - thành phần đã cho (tạm gọi là tọa độ) nằm trong vùng nào của giản đồ pha sẽ có tổ chức pha tương ứng với vùng đó: nằm ở vùng một pha, hợp kim có tổ chức một pha; nằm trong vùng hai pha - có tổ chức hai pha.
- Thành phần pha. Nếu tọa độ nằm trong vùng một pha thì thành phần của pha cấu tạo nên hợp kim bằng chính thành phần của hợp kim đã chọn. Khi tọa độ nằm trong vùng hai pha việc xác định có phức tạp hơn: kẻ đường nằm ngang (đẳng nhiệt) qua tọa độ này, hai giao điểm của nó với hai đường biên giới với hai vùng một pha gần nhất sẽ chỉ rõ thành phần của từng pha tương ứng.
- Tỷ lệ (về số lượng) giữa các pha hoặc tổ chức. Tiếp theo có thể xác định được tỷ lệ giữa chúng nhờ quy tắc đòn bẩy hay cánh tay đòn theo nguyên tắc sau: ba điểm trên (tọa độ và hai pha) tạo nên hai đoạn thẳng mà độ dài của mỗi đoạn biểu thị tỷ lệ tương đối của pha đối diện trong hợp kim, hay một cách đơn giản:

$$\frac{\text{lượng pha trái}}{\text{độ dài đoạn thẳng phải (đòn bên phải)}}$$

$$= \frac{\text{lượng pha phải}}{\text{độ dài đoạn thẳng trái (đòn bên trái)}}$$

giống như sự cân bằng của đòn bẩy

$$\text{lượng pha trái} \times \text{đòn trái} = \text{lượng pha phải} \times \text{đòn phải} \text{ (hình 2.7).}$$



Hình 2.7: Sự cân bằng của đòn bẩy.

- Suy đoán tính chất của hợp kim.

Theo quy tắc kết hợp thì tính chất của hợp kim P_{hk} là tổng hợp tính chất của từng pha P_{pha} theo tỷ lệ bậc nhất

$$P_{hk} = \% \text{ pha} \cdot P_{pha}$$

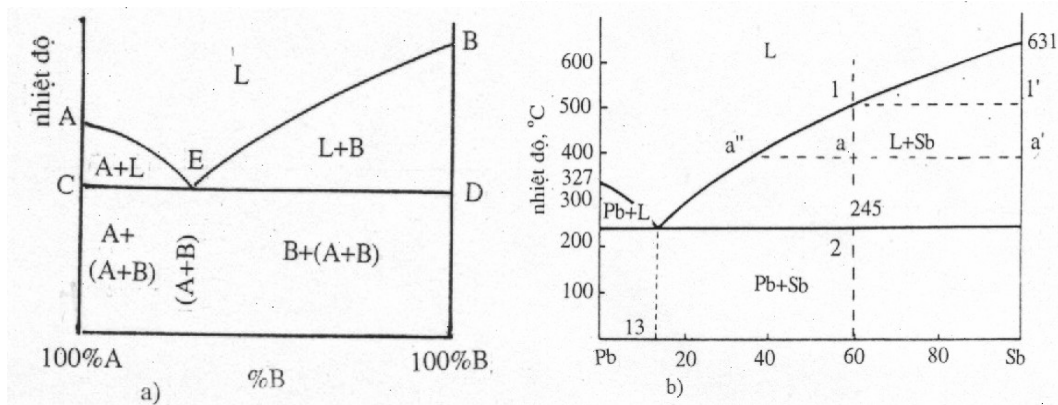
Ngoài ra từ giản đồ pha của hệ hai cấu tử cũng biết được:

- Nhiệt độ chảy (kết tinh): thường hợp kim nóng chảy (kết tinh) trong một khoảng nhiệt độ (bắt đầu và kết thúc) tương ứng với hai đường chạy ngang suốt giản đồ, đường chạy ngang trên được gọi là đường lỏng - liquidus (ở cao hơn đường này hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng), đường ngang sát ở dưới được gọi là đường rắn (hay đường đặc) - solidus (ở thấp hơn đường này hợp kim hoàn toàn ở trạng thái rắn).
- Các chuyển biến pha. Sự xuất hiện hoặc biến mất của các pha (khi nung và khi nguội chậm) cũng như nhiệt độ xảy ra, tương ứng với các đường ở dưới đường đặc.
- Dự đoán các tổ chức tạo thành ở trạng thái không cân bằng (khi nguội nhanh).

Vì vậy giản đồ pha là căn cứ không thể thiếu khi nghiên cứu các hệ hợp kim. Giản đồ pha hai cấu tử của các hệ thực tế có loại rất phức tạp, song dù phức tạp đến bao nhiêu cũng có thể coi như gồm nhiều giản đồ cơ bản gộp lại. Dưới đây khảo sát một số dạng thường gặp trong các giản đồ đó mà các cấu tử đều hòa tan vô hạn vào nhau ở trạng thái lỏng, song khác nhau về tương tác ở trạng thái rắn với vận dụng xác định các thông tin trên cho các trường hợp cụ thể.

2.3. Giản đồ loại I

Là giản đồ pha của hệ hai cấu tử không có bất kỳ tương tác nào, chúng tạo nên hỗn hợp riêng rẽ của hai cấu tử, có dạng tổng quát trình bày ở hình 2.8a và hệ điển hình có kiểu này là hệ chì - antimoan (Pb - Sb) ở hình 2.8b.



Hình 2.8: Dạng tổng quát của giản đồ pha loại I (a) và giản đồ pha Pb - Sb (b).

Giản đồ chỉ gồm cặp đường lỏng – rắn, trong đó đường trên AEB là đường lỏng, đường nằm ngang dưới CED (245°C) là đường rắn, A là nhiệt độ chảy (kết tinh) của cấu tử A (Pb với 327°C), B - nhiệt độ chảy (kết tinh) của cấu tử B (Sb - 631°C). Hợp kim sẽ nóng chảy hay kết tinh trong khoảng giữa hai đường này với sự tồn tại của hai hay ba pha (pha lỏng với một hoặc cả hai pha rắn A, B).

Hãy xét sự kết tinh của một hợp kim cụ thể gồm 60%B (Sb) + 40%A (Pb).

Đường thẳng đứng biểu thị hợp kim này cắt các đường lỏng, rắn tương ứng ở 1(500°C), 2 (245°C), đó là hai mốc nhiệt độ đáng chú ý:

- + Ở cao hơn 1 (500°C) hợp kim ở trạng thái lỏng hoàn toàn L,
- + Ở thấp hơn 2 (245°C) hợp kim ở trạng thái rắn A +B (Pb + Sb),
- + Ở trong khoảng 1÷ 2 (500 ÷245°C) hợp kim ở trạng thái lỏng + rắn: L+ B (L + Sb) ứng với quá trình kết tinh hay nóng chảy.

Vậy 1 (500°C) là nhiệt độ bắt đầu kết tinh hay kết thúc nóng chảy và 2 (245°C) là nhiệt độ bắt đầu nóng chảy hay kết thúc kết tinh. Sự kết tinh của hợp kim từ trạng thái lỏng xảy ra như sau.

- Làm nguội đến 1 (500°C) hợp kim lỏng bắt đầu kết tinh ra tinh thể B (Sb) cũng ở nhiệt độ này ứng với 1'.

- Làm nguội tiếp tục, tinh thể B (Sb) tạo thành càng nhiều làm tỷ lệ B (Sb) trong hợp kim lỏng còn lại giảm đi nên điểm biểu diễn (tọa độ) dịch sang trái theo đường lỏng từ 1 đến E. Ví dụ ở t_a (400°C) hợp kim lỏng (còn lại) với tọa độ ở điểm a'' (37%Sb) và tinh thể B với tọa độ ở điểm a' tức 100%B (100%Sb). áp dụng quy tắc cánh tay đòn, tỷ lệ của hai pha này là

$$L_{a''} / B_{a'} = aa' / aa'' \quad \text{hay} \quad L_{40} / Sb_{100} = (100 - 60) / (60 - 37) = 40 / 23$$

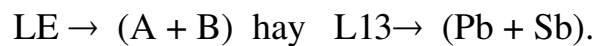
tức pha lỏng 40 / 63 (63,5%), rắn 23 / 63 (36,5%).

- Khi làm nguội đến đường rắn CED (245°C) hợp kim lỏng (còn lại) nghèo B (Sb) đi nữa và có tọa độ ở điểm E (13%Sb), còn pha rắn B (Sb) ứng với điểm D.

Tỷ lệ của hai pha này là $L_E / B_D = 2D / 2E$ hay $L_{13} / \text{Sb}_{100} = (100 - 60) / (60 - 13) = 40 / 47$. tức pha lỏng chỉ còn khoảng 46%, pha rắn (Sb) đã kết tinh là 54%.

Có nhận xét là tuy có hai cấu tử A và B (Pb và Sb) nhưng cho đến đây hợp kim mới chỉ kết tinh ra B (Sb) và mới chỉ có một phần B (Sb) trong hợp kim (54 trong 60%) kết tinh, cấu tử kia (A, Pb) chưa kết tinh.

- Tại nhiệt độ của đường rắn CED (245°C), $L_E(L_{13})$ kết tinh ra cả hai cấu tử A+B (Pb + Sb) cùng một lúc, hỗn hợp của hai pha rắn được tạo thành cùng một lúc (đồng thời) từ pha lỏng như vậy được gọi là cùng tinh (cùng kết tinh) hay eutectic



Đó là phản ứng cùng tinh. Quy ước biểu thị tổ chức cùng tinh trong ngoặc đơn - (). Sự kết tinh kết thúc ở đây và khi làm nguội đến nhiệt độ thường không có chuyển biến gì khác. Cuối cùng hợp kim này có tổ chức B + (A + B) hay Sb + (Pb + Sb), trong đó B (Sb) được tạo thành trước ở nhiệt độ cao hơn nên có kích thước hạt lớn (độ quá nguội nhỏ) còn cùng tinh (A + B) hay (Pb + Sb) được tạo thành sau ở nhiệt độ thấp hơn nên có cấu tạo (kích thước hạt) các pha nhỏ mịn hơn (do độ quá nguội lớn).

Có thể tính dễ dàng tỷ lệ các pha và tổ chức của hợp kim 60%Sb + 40%Pb như sau:

- Tỷ lệ về pha Pb / Sb = $(100 - 60) / (60 - 0) = 40 / 60$ hay 40% Pb, 60%Sb,

- Tỷ lệ về tổ chức Sb / (Pb+Sb) = $(60 - 13) / (100 - 60) = 47 / 40$ hay 54% là Sb (độc lập) còn lại 46% là cùng tinh (Pb + Sb).

Tương tự bằng các nguyên tắc đã nêu ở mục 2.2 có thể biết được diễn biến kết tinh (sự tạo thành các tổ chức) của mọi hợp kim của hệ. Ví dụ, loại 90%Pb + 10%Sb sẽ kết tinh ra chì (Pb) trước cho đến 245°C cũng kết tinh ra cùng tinh (Pb + Sb). Như vậy các hợp kim của giản đồ loại I kết tinh theo thứ tự sau:

“thoạt tiên pha lỏng kết tinh ra một trong hai cấu tử nguyên chất trước và làm cho pha lỏng nghèo cấu tử này và biến đổi thành phần đến điểm cùng tinh E, đến đây pha lỏng còn lại mới kết tinh ra cấu tử thứ hai tức ra hai cấu tử cùng một lúc “.

Ngoài ra có nhận xét là thoạt tiên khi đưa thêm cấu tử khác vào cấu tử bất kỳ đều làm cho nhiệt độ kết tinh giảm đi, đạt đến giá trị thấp nhất sau đó mới tăng lên.

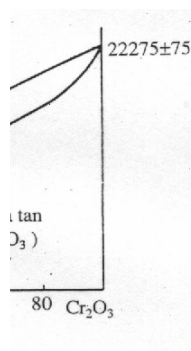
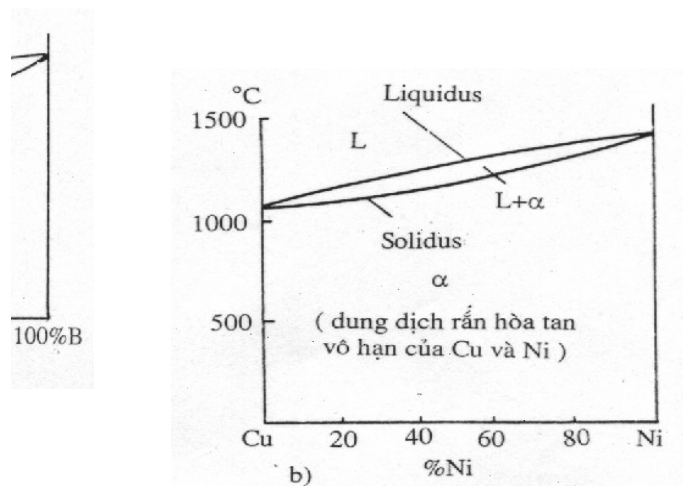
Quy ước:

- Hợp kim có thành phần ở chính điểm E hay lân cận được gọi là hợp kim cùng tinh hay eutectic (có nhiệt độ chảy thấp nhất, thấp hơn cả cấu tử dễ chảy nhất), nó kết tinh ngay ra hai cấu tử cùng một lúc và ở nhiệt độ không đổi.
- Hợp kim có thành phần ở bên trái, bên phải điểm E được gọi lần lượt là hợp kim trước cùng tinh (hay hypoeutectic), sau cùng tinh (hay hypereutectic), so với loại cùng tinh chúng có nhiệt độ chảy cao hơn, kết tinh ra một cấu tử trước và xảy ra trong một khoảng nhiệt độ.

2.4. Giản đồ loại II

Là giản đồ pha của hệ hai cấu tử với tương tác hòa tan vô hạn vào nhau, có

dạng tổng quát trình bày ở hình 2.9a và các hệ điển hình có kiểu này là hệ đồng - niken (Cu - Ni) ở hình 2.9.b và hệ Al_2O_3 - Cr_2O_3 ở hình 2.9c, có dạng của hai đường cong khép kín, trong đó đường trên là đường lỏng, đường dưới là đường rắn, dưới đường rắn là vùng tồn tại của dung dịch rắn α có thành phần thay đổi liên tục. Các hợp kim của hệ này có quy luật kết tinh rất giống nhau: “nếu lấy đơn vị đo là lượng cấu tử thành phần khó chảy hơn thì thoát tiên hợp kim lỏng kết tinh ra dung dịch rắn giàu hơn, vì thế pha lỏng còn lại bị nghèo đi, song khi làm nguội chậm tiếp tục dung dịch rắn tạo thành biến đổi thành phần theo hướng nghèo đi và cuối cùng đạt đúng như thành phần của hợp kim“. Hãy xét sự kết tinh của một hợp kim cụ thể 35%Ni + 65% Cu như ở hình 2.10.



Hình 2.9.: Dạng tổng quát của giản đồ pha loại II (a) và các giản đồ pha hệ Cu - Ni (b), hệ $Al_2O_3 - Cr_2O_3$ (c).

- Ở $1300^\circ C$ ứng với điểm 1 (nằm trong vùng L), hợp kim ở trạng thái lỏng (chưa kết tinh), trạng thái này tồn tại cho đến điểm 2. Ở $1270^\circ C$ ứng với điểm 2 (chạm vào đường lỏng), hợp kim bắt đầu kết tinh ra dung dịch rắn α_2'' (49%Ni). Tiếp tục làm nguội chậm, lượng α càng nhiều lên, L càng ít đi và thành phần của hai pha này biến đổi tương ứng theo đường rắn và đường lỏng theo chiều giảm của Ni (là cấu tử khó chảy hơn).

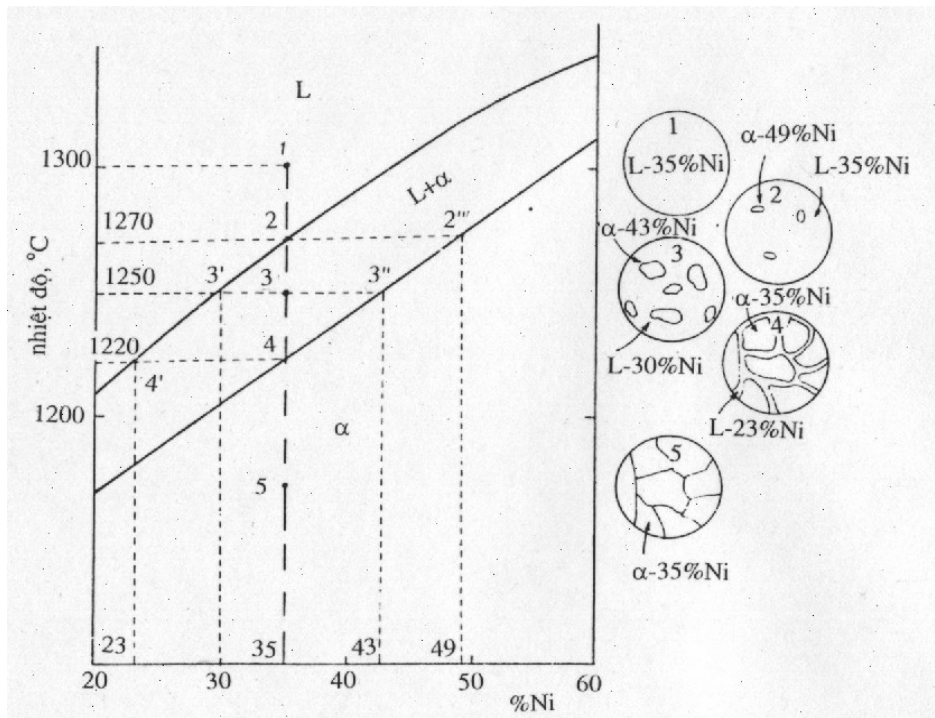
- Có thể tính dễ dàng tỷ lệ giữa hai pha này ở nhiệt độ xác định, ví dụ ở điểm 3, $1250^\circ C$. Với ba tọa độ: hợp kim 3 - 35%Ni và hai pha: lỏng 3' - 30%Ni, dung dịch rắn α 3'' - 43%Ni $L3' / \alpha 3'' = 33'' / 33' = (43 - 35) / (35 - 30) = 8 / 5$,

$$L3' = 33'' / 3'3'' = (43 - 35) / (43 - 30) = 8 / 13 = 0,615 \text{ hay } 61,5\%,$$

$$\alpha 3'' = 33' / 3'3'' = (35 - 30) / (43 - 30) = 5 / 13 = 0,385 \text{ hay } 38,5\%.$$

- Đến $1220^\circ C$ ứng với điểm 4 (chạm vào đường rắn), dung dịch rắn α có thành phần ứng với điểm 4 tức đúng bằng thành phần của hợp kim, đoạn 33'' (bên phải) bằng không tức không còn pha lỏng (lúc đó có thể coi còn một giọt lỏng ứng với điểm 4' với 23% Ni, khi giọt lỏng này kết tinh xong sự kết tinh coi như đã kết thúc). Như vậy lúc đầu có khác xa, song trong quá trình kết tinh dung dịch rắn tạo thành biến đổi dần dần về đúng thành phần của hợp kim. Tuy nhiên điều này chỉ đạt được khi kết tinh cân bằng tức khi làm nguội chậm và rất chậm nhờ kịp xảy ra khuếch tán làm đều thành phần. Nếu làm nguội nhanh, do không kịp khuếch tán làm đều thành phần, trong mỗi hạt dung dịch rắn tạo thành sẽ có nhiều lớp với các thành phần khác nhau ở trung tâm giàu cấu tử khó chảy hơn cả, càng gần biên giới càng nghèo đi. Hiện tượng này được gọi là thiên tích trong bản thân hạt. Để tránh nó phải tiến hành nguội chậm khi đúc hay khắc phục bằng cách ủ khuếch tán vật đúc ở nhiệt độ gần đường rắn.

Trong giản đồ loại I cũng có thể xảy ra thiên tích với kiểu khác gọi là thiên tích theo khối lượng khi hai cấu tử có khối lượng riêng khác nhau rõ rệt, cấu tử kết tinh trước nếu nhẹ hơn thì nổi lên, nếu nặng hơn thì chìm xuống dưới thôi. Để tránh nó phải tiến hành nguội nhanh khi đúc và một khi đã bị thiên tích loại này không có cách gì khắc phục được.



Hình 2.10. Sơ đồ biểu diễn sự hình thành tổ chức khi kết tinh ở trạng thái cân bằng của hợp kim 35%Ni + 65%Cu.

2.5. Giản đồ loại III

Là giản đồ pha của hai cấu tử với tương tác hòa tan có hạn vào nhau, có dạng tổng quát được trình bày ở hình 2.11a và hệ điển hình có kiểu này là hệ chì - thiếc (Pb - Sn) ở hình 2.11b. Giản đồ có dạng khá giống với giản đồ loại I với sự khác nhau ở đây là các dung dịch rắn có hạn α và β thay thế cho các cấu tử A và B. Các dung dịch rắn có hạn trên cơ sở (nền) của các cấu tử nguyên chất nằm về hai phía đầu mút của giản đồ. Ở đây AEB là đường lỏng, ACEDB - đường rắn.

Sau đây là vài nhận xét đối với kiểu giản đồ này.

+ Cũng giống như giản đồ loại I nhiệt độ chảy của cấu tử bất kỳ thoạt tiên đều giảm đi nếu được đưa thêm cấu tử thứ hai.

+ Điểm E cũng được gọi là điểm cùng tinh (eutectic) và tại đó xảy ra phản ứng cùng tinh

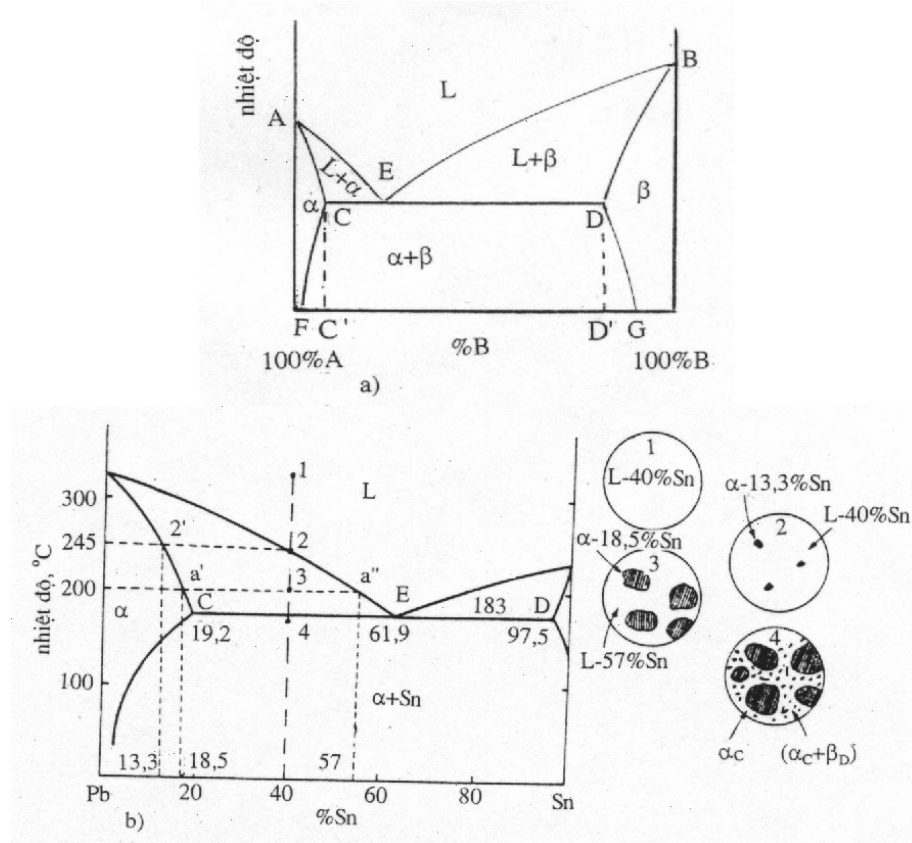


+ Cũng có hợp kim cùng tinh (có thành phần đúng điểm E hay lân cận), trước cùng tinh (trái E) và sau cùng tinh (phải E).

+ Các dung dịch rắn ở đây đều là có hạn với các đường CF và DG chỉ rõ giới hạn hòa tan. Nói chung độ hòa tan đạt được giá trị lớn nhất ở nhiệt độ cùng tinh và giảm mạnh khi hạ thấp nhiệt độ, nên CF và DG có dạng xoãi chân về hai phía.

+ Có thể chia các hợp kim của hệ thành ba nhóm sau.

- Nhóm chứa rất ít cấu tử thứ hai (bên trái F, bên phải G), sau khi kết tinh xong chỉ có một dung dịch rắn α hoặc β , có đặc tính như giản đồ loại II.
- Nhóm chứa một lượng hạn chế cấu tử thứ hai (từ F đến C' và D' đến G), ban đầu kết tinh ra dung dịch rắn, song khi nhiệt độ hạ xuống thấp hơn đường CF và DG chúng trở nên quá bão hòa, tiết ra lượng cấu tử hòa tan thừa dưới dạng dung dịch rắn thứ cấp (α thừa B tiết ra pha β II giàu B, β thừa A tiết ra pha α II giàu A).



Hình 2.11: Dạng tổng quát của giản đồ loại III (a) và giản đồ pha hệ Pb – Sn cũng như sơ đồ hình thành tổ chức khi kết tinh ở trạng thái cân bằng của hợp kim 40%Sn (b).

- Nhóm chứa lượng lớn cấu tử thứ hai [từ C (C') đến D (D')], ban đầu kết tinh ra dung dịch rắn (α C hay β D), pha lỏng còn lại biến đổi thành phần theo đường lỏng đến điểm E, tại đây có sự kết tinh của cùng tinh. Các hợp kim trong nhóm này có diễn biến kết tinh khá giống với giản đồ loại I. Ví dụ, xét hợp kim trước cùng tinh có 40%Sn của hệ Pb - Sn (hình 2.11b).

- Ở cao hơn 245°C hợp kim hoàn toàn ở trạng thái lỏng.

- Tại 245°C hợp kim bắt đầu kết tinh ra α_2 với 13,3%Sn, khi làm nguội tiếp tục dung dịch rắn được tạo thành và pha lỏng còn lại đều biến đổi thành phần theo chiều tăng lên của hàm lượng Sn. Ví dụ, ở 200°C pha α chứa

18,5%Sn (α') và L chứa 57%Sn (α''), tỷ lệ giữa chúng là $\alpha_a' / L_a'' = (57 - 40) / (40 - 18,5) = 17 / 21,5$

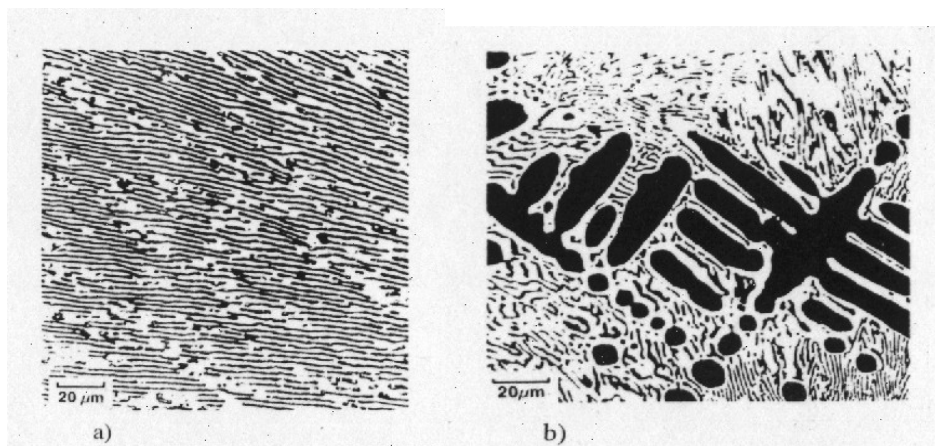
vậy pha α_a' chiếm tỷ lệ 44,2% và L_a'' - 55,8%.

- Đến nhiệt độ cùng tinh 183°C, trước khi kết tinh cùng tinh tỷ lệ giữa hai pha này là

$$\alpha_C / L_E = (61,9 - 40) / (40 - 19,2) = 21,9 / 20,8.$$

Cũng tại nhiệt độ này sau phản ứng cùng tinh $L_E \rightarrow (\alpha_C + \beta_D)$, hợp kim có tổ chức $\alpha_C + (\alpha_C + \beta_D)$ với tỷ lệ $\alpha_C / (\alpha_C + \beta_D)$ cũng bằng 21,9 / 20,8.

Như vậy trong tổ chức cuối cùng của hợp kim có hai loại dung dịch rắn α : loại kết tinh độc lập ở trong vùng $\alpha + L$ (ở cao hơn 183°C) và loại cùng kết tinh với β ở nhiệt độ không đổi (183°C) và được gọi là α cùng tinh. Nếu tính tỷ lệ giữa hai pha β (chỉ có trong cùng tinh) và α (gồm cả loại độc lập lẫn cả loại cùng tinh) thì ở 183°C có $\beta / \alpha = (40 - 19,2) / (97,5 - 40) = 20,8 / 57,5$, nên β chiếm tỷ lệ 26,6%, α chiếm tỷ lệ 73,4%.



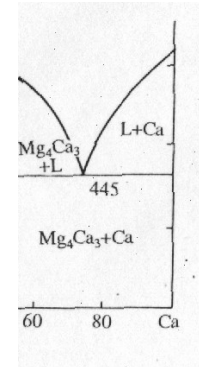
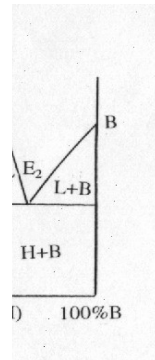
Hình 2.12: Tổ chức tế vi của hợp kim Pb - Sb: a) cùng tinh ($\alpha + \beta$), màu tối là α giàu Pb, b) trước cùng tinh với 40%Sn [α độc lập là các hạt lớn màu tối bị bao bọc bởi cùng tinh ($\alpha + \beta$)]

Trên hình 2.12 là tổ chức tế vi của hai hợp kim hệ này. Cùng tinh Pb - Sn bao gồm các phần tử Pb nhỏ mịn tối phân bố đều trên nền Sn sáng (hình a). Còn hợp kim trước cùng tinh được khảo sát có tổ chức tế vi (hình b): các hạt Pb kết tinh trước (hạt tối, to) và phần cùng tinh (Pb + Sn) như của hình a. Rõ ràng là pha hoặc tổ chức nào kết tinh ở nhiệt độ càng thấp hạt càng nhỏ mịn.

2.6. Giản đồ loại IV

Là giản đồ pha hai cấu tử với tương tác phản ứng hóa học với nhau tạo ra pha trung gian A_mB_n , có dạng tổng quát trình bày ở hình 2.13a và hệ điển hình có kiểu này là hệ magiê - canxi (Mg-Ca) ở hình 2.13b, có dạng ghép của hai giản đồ loại I: A- A_mB_n (Mg - Mg_4Ca_3) và A_mB_n -B (Mg_4Ca_3 - Ca). Ở đây

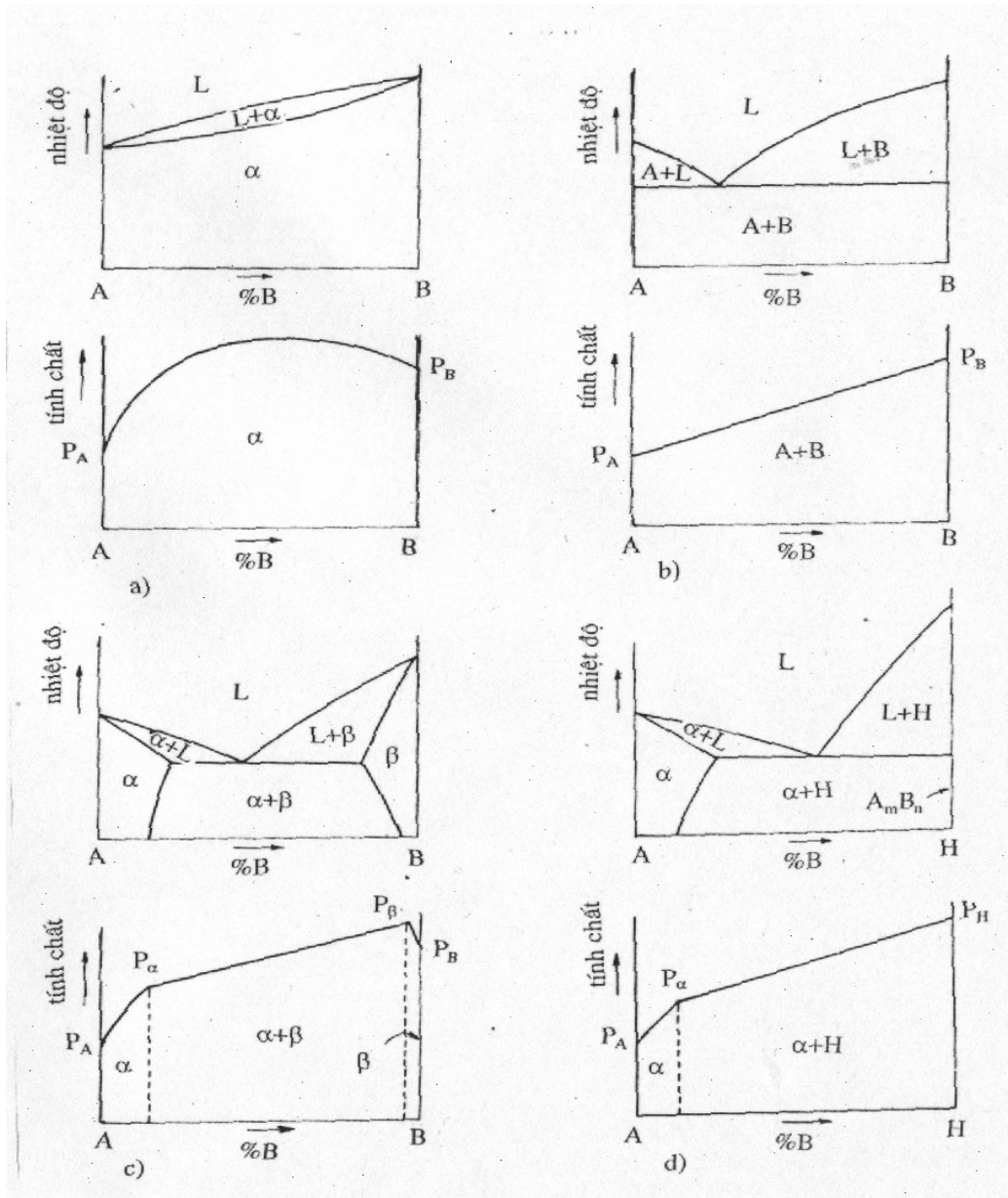
A_mB_n là pha trung gian Ổn định với nhiệt độ chảy cố định, không bị phân hủy trước khi nóng chảy được coi như một cấu tử. Hợp kim đem xét có thành phần nằm trong giản đồ nào sẽ được xét trong phạm vi của giản đồ đó. Trên đây là bốn giản đồ pha hai cấu tử cơ bản nhất. Nói như thế cũng có nghĩa còn nhiều kiểu giản đồ pha phức tạp với các phản ứng khác.



Hình 2.13: Dạng tổng quát của giản đồ loại IV (a) và giản đồ pha hệ Mg - Ca (b).

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

Trên hình 2.14 đưa ra bốn dạng giản đồ pha thường gặp và sự thay đổi tính chất theo thành phần của mỗi dạng giản đồ.



Trong trường hợp hai cấu tử hòa tan vô hạn vào nhau, tính chất biến đổi theo thành phần với quan hệ đường cong có cực trị (hình a vẽ cho trường hợp cực đại).

Trường hợp hai cấu tử tạo nên hỗn hợp thì tùy theo dạng hỗn hợp có ba kiểu sau đây:

- Hình b là giản đồ pha với hỗn hợp của hai cấu tử nguyên chất. Ở đây tính chất biến đổi theo thành phần với quan hệ đường thẳng chạy suốt trục hoành từ P_A đến P_B .

- Hình c là giản đồ pha với hỗn hợp của hai dung dịch rắn có hạn, do vậy tính chất biến đổi theo thành phần với hai quy luật: phần đường cong ở hai đầu mút ứng với hai dung dịch rắn có hạn và đạt đến P_α và P_β khi bão hòa và phần đường thẳng nối P_α và P_β khi hợp kim là hỗn hợp của hai dung dịch rắn có hạn ở nồng độ bão hòa này.

- Hình d là giản đồ pha với hỗn hợp của dung dịch rắn có hạn và pha trung gian, do vậy tính chất biến đổi theo thành phần với hai quy luật: ở phần dung dịch rắn có hạn theo quan hệ đường cong và đạt đến P_{α} khi nồng độ đạt đến giới hạn bão hòa, ở phần hỗn hợp theo quan hệ đường thẳng $P_{\alpha}P_H$ (P_H là tính chất của pha trung gian).

Giản đồ pha Fe - C (chỉ xét hệ Fe - Fe_3C) khá phức tạp, rất điển hình để minh họa các tương tác thường gặp và được sử dụng rất nhiều trong thực tế. Vì vậy hiểu rõ giản đồ pha này sẽ mang lại nhiều điều bổ ích.

Nói là giản đồ pha Fe - C song thực tế chỉ khảo sát một phần (phần giàu Fe) với lượng cacbon đến 6,67 % (tương ứng với hợp chất Fe_3C) - tức hệ Fe - Fe_3C . Ngoài ra còn có giản đồ Fe - grafit là hệ cân bằng ổn định nhất, song trong thực tế rất khó đạt tới, nên giản đồ Fe - Fe_3C cũng được coi là cân bằng ổn định (đúng hơn là cân bằng ổn định giả).

3. Giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe_3C)

Mục tiêu

- Trình bày được cấu tạo của giản đồ trạng thái Fe - C;
- Trình bày được tính chất của các tổ chức trên giản đồ;
- Phân loại được gang và thép;
- Phân tích được sự chuyển biến tổ chức qua các điểm tới hạn trên giản đồ;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và chủ động sáng tạo trong học tập.

3.1. Tương tác giữa Fe và C

Sắt là kim loại khá phổ biến trong vỏ quả đất. Sắt nguyên chất kỹ thuật có cơ tính như sau:

$HB \approx 80$; $\sigma_b \approx 250MP_a$; $\sigma_{0,2} \approx 120MP_a$; $\delta \approx 50\%$; $\Psi \approx 85\%$; $a_K \approx 2500kJ/m^2$

So với các kim loại khác (nhôm, đồng) nó cũng khá dẻo (dễ biến dạng nguội), dai, tuy bền, cứng hơn nhiều song vẫn còn rất thấp so với yêu cầu sử dụng. Khi đưa cacbon vào sắt, giữa hai nguyên tố này xảy ra cả hai tương tác (hòa tan thành dung dịch rắn và tạo nên pha trung gian), đều có tác dụng hóa bền, nhờ đó hợp kim Fe - C trở nên bền cứng hơn (sắt) và đang được sử dụng một cách rộng rãi nhất.

3.1.1. Sự hòa tan của cacbon vào sắt

Như đã nói do quan hệ kích thước nguyên tử (cacbon nhỏ hơn sắt, $r_C = 0,077nm$, $r_{Fe} = 0,1241nm$) nên cacbon chỉ có thể hòa tan có hạn vào sắt ở dạng dung dịch rắn xen kẽ. Như đã biết, sắt có hai kiểu mạng tinh thể: lập phương tâm khối A2 (tồn tại ở $< 911^{\circ}C$ - Fe_{α} và $1392 \div 1539^{\circ}C$ - $Fe\delta$) và lập phương

tâm mặt A1 ($911 \div 1392^\circ\text{C}$ - Fe γ) với các lỗ hổng có kích thước khác nhau và do đó khả năng hòa tan cacbon khác nhau.

Bằng những tính toán hình học đơn giản có thể thấy rằng Fe α và Fe δ với mạng lập phương tâm khối tuy mật độ xếp thấp, có nhiều lỗ hổng, song mỗi lỗ hổng lại có kích thước quá nhỏ (lỗ tám mặt có $r = 0,154r_{\text{Fe}}$, lỗ bốn mặt lớn hơn có $r = 0,291r_{\text{Fe}}$), lớn nhất cũng chưa bằng 30% kích thước của nguyên tử sắt hay gần một nửa kích thước nguyên tử cacbon, chỉ chứa nổi khối cầu $r = 0,0364\text{nm}$, không thể nào chứa nổi nguyên tử cacbon. Do vậy về nguyên lý Fe α và Fe δ không có khả năng hòa tan cacbon hay độ hòa tan cacbon trong chúng là không đáng kể (có thể coi bằng không). Khác với Fe α và Fe δ , Fe γ với mạng lập phương tâm mặt A1 tuy có mật độ thể tích cao hơn, ít lỗ hổng hơn nhưng lại có loại có kích thước lớn hơn (lỗ bốn mặt $r = 0,225r_{\text{Fe}}$, lỗ tám mặt $r = 0,414r_{\text{Fe}}$). Ở lỗ hổng tám mặt này có thể chứa được khối cầu $r = 0,052\text{nm}$, nên có khả năng thu xếp để nguyên tử cacbon lọt vào bằng cách giãn các nguyên tử sắt ra xa. Do vậy chỉ có Fe γ mới hòa tan được cacbon, tuy nhiên như đã nói nguyên tử hòa tan không thể xen kẽ vào mọi lỗ hổng tám mặt đó nên giới hạn hòa tan cacbon trong Fe γ chỉ là trên dưới 10% nguyên tử.

3.1.2. Tương tác hóa học giữa Fe và C

Khi lượng cacbon đưa vào sắt vượt quá giới hạn hòa tan (phụ thuộc vào dạng thù hình và nhiệt độ), sau khi đi vào các lỗ hổng để tạo nên dung dịch rắn xen kẽ, các nguyên tử cacbon thừa ra sẽ kết hợp với sắt thành Fe $_3$ C gọi là xêmentit. Như đã biết đó là pha xen kẽ với kiểu mạng phức tạp, có thành phần 6,67%C + 93,33%Fe.

Thực ra còn có grafit là pha ổn định hơn xêmentit, tuy nhiên trong hợp kim thuần Fe - C sự tạo thành grafit là rất khó khăn nếu không muốn nói là không thể được, vì vậy xêmentit là pha giả ổn định và được coi là ổn định. Trong thực tế sự tạo thành grafit có thể dễ dàng hơn nhiều khi có các yếu tố thuận lợi về thành phần và tốc độ nguội.

3.2. Giản đồ pha Fe - Fe $_3$ C và các tổ chức

3.2.1. Cấu tạo của giản đồ

Giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe $_3$ C) được trình bày ở hình 2.17 với các ký hiệu

các tọa độ (nhiệt độ, $^\circ\text{C}$ - thành phần cacbon, %) đã được quốc tế hóa như sau:

A (1539 - 0); B (1499 - 0,5); C (1147 - 4,3); D (1250 - 6,67);

E (1147 - 2,14); F (1147 - 6,67); G (911 - 0); H (1499 - 0,10);

J (1499 - 0,16); K (727 - 6,67); L (0 - 6,67); N (1392 - 0);

P (727 - 0,02); Q (0 - 0,006); S (727 - 0,80).

Một số đường có ý nghĩa thực tế rất quan trọng như sau:

- 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 (1147°C) là đường cùng tinh, xảy ra phản ứng cùng tinh (eutectic).
- PSK (727°C) là đường cùng tích, xảy ra phản ứng cùng tích (eutectoid).
- ES - giới hạn hòa tan cacbon trong Fe_γ.
- PQ - giới hạn hòa tan cacbon trong Fe_α.

3.2.2. Các tổ chức trên giản đồ

a. Các tổ chức một pha

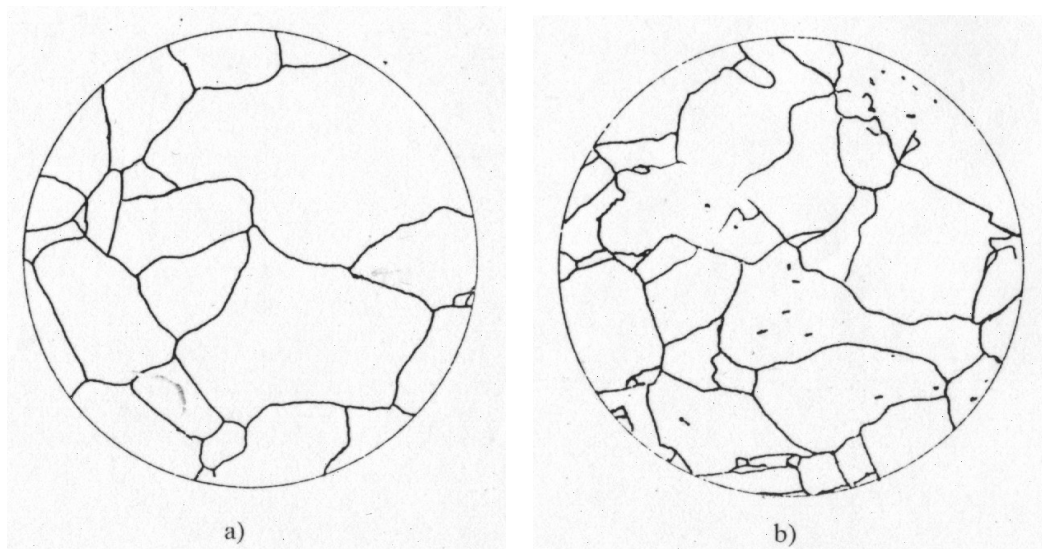
Ở trạng thái rắn có thể gặp bốn pha sau:

* Ferit (có thể ký hiệu bằng δ hay F hay Fe) là dung dịch rắn xen kẽ của cacbon trong Fe_α với mạng lập phương tâm khối ($a = 0,286 \div 0,291\text{nm}$) song do lượng hòa tan quá nhỏ (lớn nhất là 0,02%C ở 727°C - điểm P, ở nhiệt độ thường thấp nhất chỉ còn 0,006%C - điểm Q) nên có thể coi nó là Fe_α, cacbon không thể chui vào lỗ hổng của Fe_α, lượng cacbon hòa tan không đáng kể này là nằm ở các khuyết tật mạng, chủ yếu là ở vùng biên giới hạt). Ferit có tính sắt từ nhưng chỉ đến 768°C. Trên giản đồ nó tồn tại trong vùng GPQ (tiếp giáp với Fe_α trên trục sắt). Do không chứa cacbon nên cơ tính của ferit chính là của sắt nguyên chất: dẻo, dai, mềm và kém bền. Trong thực tế ferit có thể hòa tan Si, Mn, P, Cr...

nên sẽ cứng và bền hơn song cũng kém dẻo dai đi. Ferit là một trong hai pha tồn tại ở nhiệt độ thường và khi sử dụng (< 727°C), song với tỷ lệ cao nhất (trên dưới

90%), nên nó đóng góp một tỷ lệ quan trọng trong cơ tính của hợp kim Fe - C. Độ

cứng của ferit đạt 80 HB. Tổ chức tế vi của ferit trình bày ở hình 2.18a có dạng các hạt sáng, đa cạnh.



Hình 2.18. Tổ chức tế vi của ferit (a) và austenit (b) (x500).

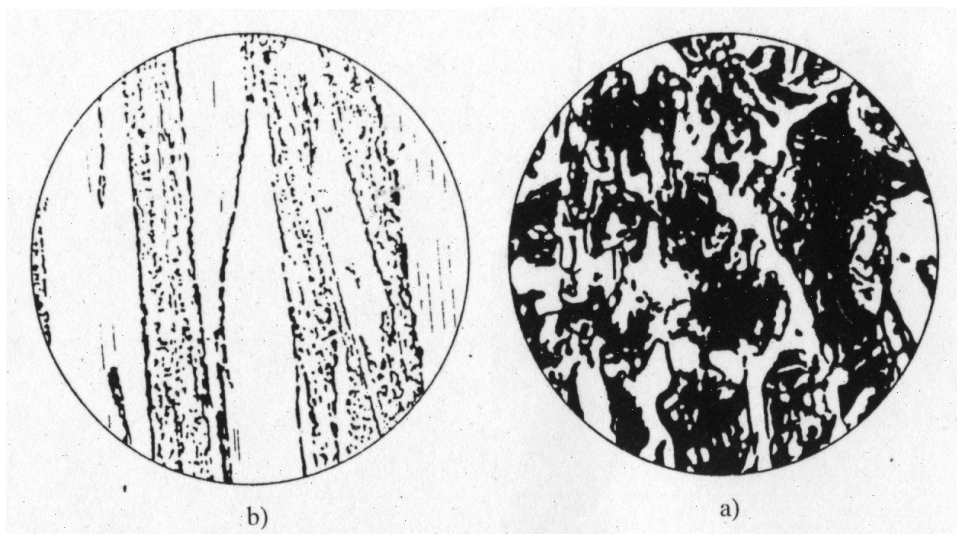
* Austenit [có thể ký hiệu bằng γ , A, $Fe_3(C)$] là dung dịch rắn xen kẽ của

carbon trong Fe_γ với mạng lập phương tâm mặt ($a \approx 0,364nm$) với lượng hòa tan đáng kể carbon (cao nhất tới 2,14% hay khoảng 8,5% về số nguyên tử ở $1147^\circ C$ - điểm E, tức tối đa tính bình quân cứ ba ÷ bốn ô cơ sở mới có thể cho phép một nguyên tử carbon định vị vào một lỗ hổng tám mặt trong chúng, ở $727^\circ C$ chỉ còn 0,80% C - điểm S). Khác với ferit, austenit không có tính sắt từ mà có tính thuận từ, nó chỉ tồn tại ở nhiệt độ cao ($> 727^\circ C$) trong vùng NJESG (tiếp giáp với Fe_γ trên trục sắt) nên không có quan hệ trực tiếp nào đến khả năng sử dụng của hợp kim nhưng lại có vai trò quyết định trong biến dạng nóng và nhiệt luyện. Với tính dẻo rất cao (là đặc điểm của mạng A1) và rất mềm ở nhiệt độ cao nên biến dạng nóng (dạng chủ yếu để tạo phôi và bán thành phẩm) thép bao giờ cũng được thực hiện ở trạng thái austenit đồng nhất (thường ở trên dưới $1000^\circ C$). Vì thế có thể tiến hành biến dạng nóng mọi hợp kim Fe - C với $C < 2,14\%$ dù cho ở nhiệt độ thường thể hiện độ cứng và tính giòn khá cao. Làm nguội austenit với tốc độ khác nhau sẽ nhận được hỗn hợp ferit - xêmentit với độ mịn khác nhau hay được mactenxit với cơ tính cao và đa dạng, đáp ứng rộng rãi các yêu cầu sử dụng và gia công. Tổ chức tế vi của austenit trình bày ở hình 2.18b có các hạt sáng, có thể với màu đậm nhạt khác nhau đôi chút (do định hướng khi tẩm thực) và các đường song tinh (song song) cắt ngang hạt (thể hiện tính dẻo cao). Độ cứng của Austenit đạt 200 HB

* Xêmentit (có thể ký hiệu bằng Xê, Fe_3C) là pha xen kẽ với kiểu mạng phức tạp có công thức Fe_3C và thành phần 6,67% C, ứng với đường thẳng đứng DFKL trên giản đồ. Đặc tính của xêmentit là cứng và giòn, cùng với ferit nó tạo nên các tổ chức khác nhau của hợp kim Fe - C. Độ cứng của xêmentit đạt 800 HB Người ta phân biệt bốn loại xêmentit:

+ Xêmentit thứ nhất (XeI) được tạo thành do giảm nồng độ carbon trong hợp kim lỏng theo đường DC khi hạ nhiệt độ, chỉ có ở hợp kim có >

4,3%C. Do tạo thành ở nhiệt độ cao ($> 1147^{\circ}\text{C}$) nên xêmentit thứ nhất có dạng thẳng, thô to (hình 2.19b) đôi khi có thể thấy được bằng mắt thường.



+ Xêmentit thứ hai (XeII)

Được tạo thành do giảm nồng độ cacbon trong austenit theo đường ES khi hạ nhiệt độ, thường thấy rất rõ ở hợp kim có $> 0,80$ cho tới $2,14\%C$. Do tạo thành ở nhiệt độ tương đối cao ($> 727^{\circ}\text{C}$) tạo điều kiện cho sự tập trung ở biên giới hạt, nên khi xêmentit thứ hai với lượng đủ lớn sẽ tạo thành lưới liên tục bao quanh các hạt austenit ((peclit) như biểu thị ở hình 2.20, tức tạo ra khung giòn, làm giảm mạnh tính dẻo và dai của hợp kim.



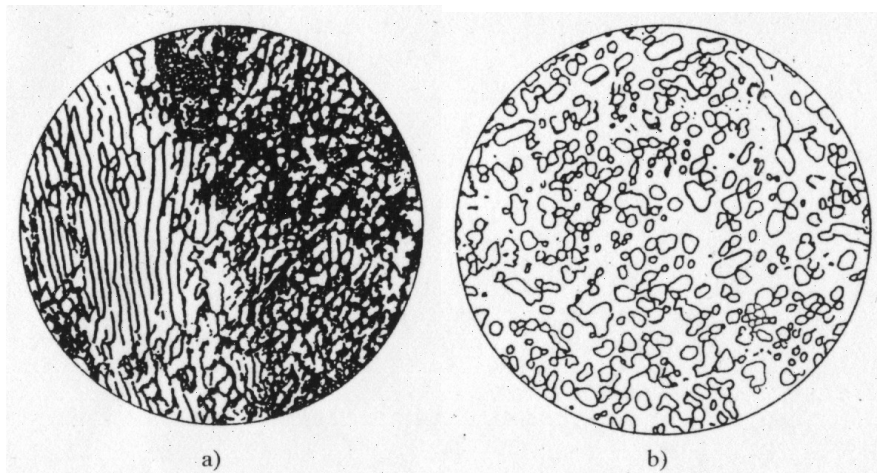
Hình 2.20

+ Xêmentit thứ ba (XeIII) được tạo thành do giảm nồng độ cacbon trong ferit theo đường PQ khi hạ nhiệt độ, với số lượng (tỷ lệ) rất nhỏ nên rất khó phát hiện trên tổ chức tế vi và thường được bỏ qua.

+ Xêmentit cùng tích được tạo thành do chuyển biến cùng tích austenit ?→ peclit. Loại xêmentit này có vai trò rất quan trọng, được trình bày ở mục tiếp theo. Grafit chỉ được tạo thành trong hợp kim Fe - C cao và chứa lượng đáng kể silic, là pha quan trọng trong tổ chức của gang.

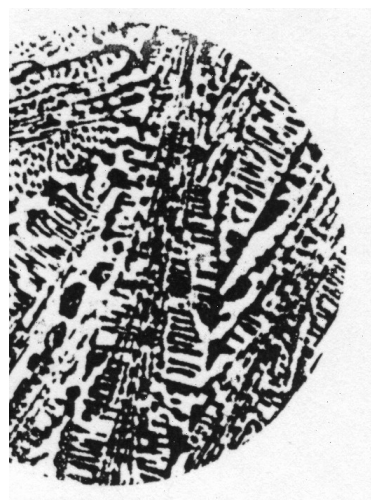
b. Các tổ chức hai pha

*Peclit (có thể ký hiệu bằng P, [F + Fe₃C]). Peclit là hỗn hợp cùng tích của ferit và xêmentit được tạo thành từ austenit với 0,80%C và ở 727°C. Trong peclit có 88% ferit và 12% xêmentit phân bố đều trong nhau, nhờ kết hợp giữa một lượng lớn pha dẻo với lượng nhất định pha cứng, peclit là tổ chức khá bền, cứng nhưng cũng đủ dẻo, dai đáp ứng rất tốt các yêu cầu của vật liệu kết cấu và công cụ. Peclit và các biến thể của nó (xoocbit, rôxtit, bainit) có mặt trong hầu hết các hợp kim Fe - C. Người ta phân biệt hai loại peclit tấm và peclit hạt. Peclit tấm (hình 2.21a) thường gặp hơn cả, có cấu trúc tấm (lớp hoặc phiến), tức là hai pha này đều ở dạng tấm nằm đan xen đều nhau, nên trên mặt cắt ngang để lại các vạch theo cùng một hướng hay đa hướng, trong đó các vạch tối mỏng (với lượng ít hơn) là xêmentit, vạch sáng dày (với lượng nhiều hơn, gọi là nền) là ferit nên tổng thể có dạng vân. Peclit hạt (hình 2.21b) ít gặp hơn, có cấu trúc hạt tức xêmentit ở dạng thu gọn nhất (bề mặt ít nhất) - hạt xêmentit phân bố đều trên nền ferit. Giữa hai loại này có sự khác biệt nhỏ về cơ tính: so với peclit hạt, peclit tấm có độ bền, độ cứng cao hơn, độ dẻo, độ dai thấp hơn đôi chút. Austenit đồng nhất dễ tạo thành peclit tấm, còn austenit kém đồng nhất dễ tạo thành peclit hạt. Peclit hạt ổn định hơn peclit tấm nên khi nung lâu ở nhiệt độ tương đối cao (ví dụ 600 ÷ 700°C) peclit tấm có xu hướng chuyển thành peclit hạt. Tổ chức tế vi của peclit tấm (a) và peclit hạt (b) (x500). Độ cứng của peclit đạt (180 ÷ 200) HB



*Lêđêburit [có thể ký hiệu bằng Le, hay ($\gamma + \text{Xe}$) hay ($\text{P} + \text{Xe}$)]. Hình 2.22 Tổ chức tế vi của lêđêburit - ($\text{P} + \text{Xe}$) (x500).

Lêđêburit là hỗn hợp cùng tinh của austenit và xêmentit tạo thành từ pha lỏng với 4,3%C ở 1147°C, tuy nhiên khi làm nguội tiếp tục lại có phản ứng cùng tích để austenit chuyển thành peclit nên tổ chức tế vi quan sát được (hình 2.22) là hỗn hợp của peclit tằm (các hạt tối nhỏ) trên nền xêmentit sáng. Lêđêburit cứng và giòn (vì có quá nhiều, tới 2/3 là xêmentit), độ cứng đạt 600 HB và chỉ có trong hợp kim Fe - C ở dạng gang trắng, ít gặp.



Các tên gọi pha và tổ chức kể trên với các nghĩa và xuất xứ như sau: để kỷ

niệm các nhà khoa học lỗi lạc trong ngành là Robert Austen (người Anh) cho austenit, Ledebur (người Đức) cho lêđêburit; từ bản chất hay đặc trưng tính chất là 108 ferrum (sắt, tiếng latin) cho ferit, pearl (vân) cho peclit, cement (ximăng, cứng) cho xêmentit.

3.3. Phân loại

3.3.1. Khái niệm chung về thép, gang

* Thép và gang đều là hợp kim Fe - C (ngoài ra có thể có ít nhiều các nguyên tố khác), trong đó phân biệt ít hơn 2,14%C là thép, nhiều hơn 2,14%C là gang.

Một cách gần đúng có thể thấy điểm E trên giản đồ pha phân biệt hai loại vật liệu này: bên trái E là thép, bên phải E là gang. Chính điều này đã giải thích được các đặc điểm cơ bản khác nhau giữa chúng. Như vậy tất cả các thép dù với lượng cacbon, tổ chức và cơ tính rất khác nhau ở nhiệt độ thường và tương đối cao ($< 727^{\circ}\text{C}$), nhưng một khi đã được nung nóng cao hơn đường GSE tương ứng, đều chỉ có một pha duy nhất là austenit với độ dẻo rất cao nên rất dễ biến dạng. Chính vì vậy thép được coi là vật liệu dẻo, được cung cấp dưới dạng bán thành phẩm cán nóng (dây, thanh, ống, tấm, hình...) rất tiện lợi cho sử dụng. Các thép ít cacbon mềm và dẻo cũng có khả năng biến dạng nguội. Tính đúc của thép nói chung là thấp (do nhiệt độ chảy cao, không có tổ chức cùng tinh) và ít được sử dụng để chế tạo vật đúc.

Ngược lại với thép, khi nung nóng, gang không thể đạt được tổ chức một pha austenit mà bao giờ cũng còn xêmentit (hay grafit) nên không thể đem biến dạng nguội lẫn nóng, song bù lại nó có nhiệt độ chảy thấp hơn, trong tổ vật liệu đúc, chỉ được cung cấp dưới dạng vật đúc (các sản phẩm định hình như chi tiết máy phức tạp: thân bệ, hộp, vỏ hay đơn giản như ống...). Gang có thành phần càng gần cùng tinh tính đúc càng cao. Nói chung tính dẻo của gang rất thấp, mặc dù một số loại có tính dẻo nhất định song không bao giờ được đem biến dạng dẻo. Khi lượng cacbon nằm trong vùng giáp ranh giữa thép và gang (1,80 ÷ 2,20%) cả tính đúc lẫn tính chịu biến dạng dẻo đều kém và lúc đó xếp hợp kim

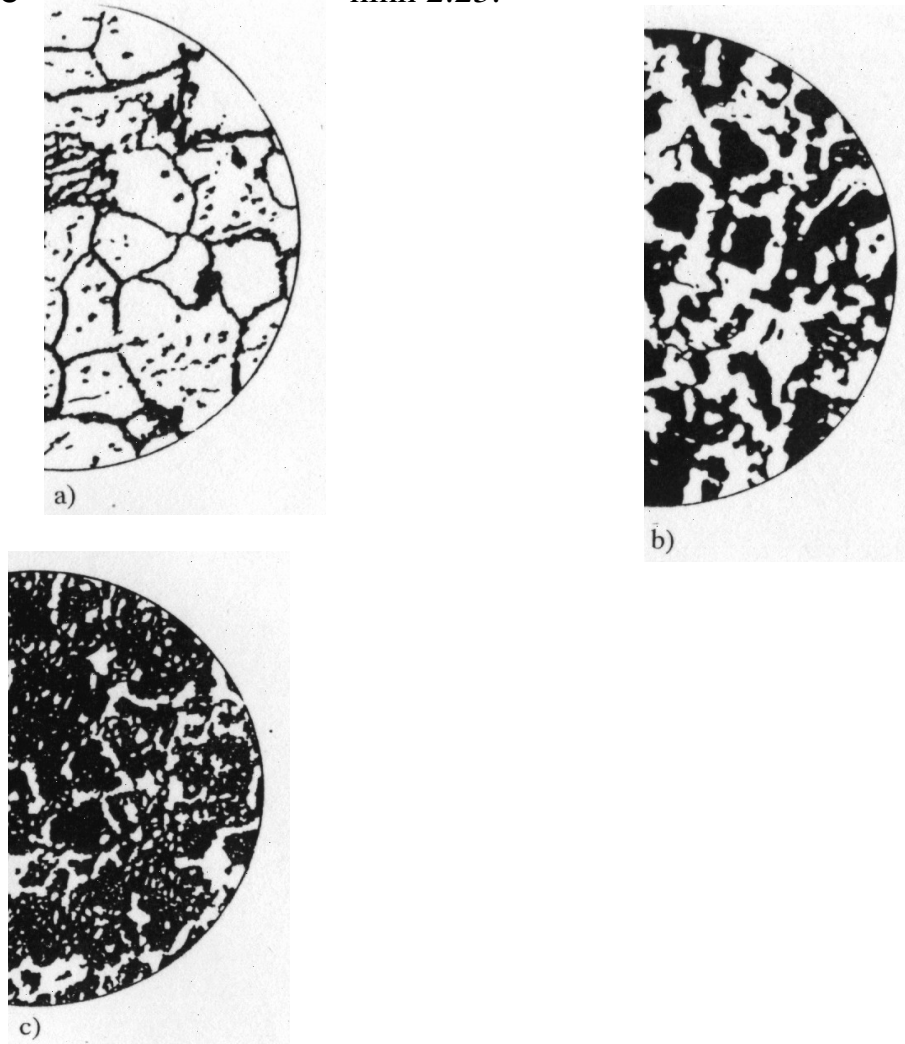
Fe - C đó vào loại nào là tùy thuộc vào các thành phần khác, cách tạo hình và công dụng. Như vậy cũng không loại trừ một số rất ít trường hợp gang có 1,80 ÷ 2,00%C, thép lại có 2,20 ÷ 2,40%C.

3.3.2. Các loại thép, gang theo giản đồ pha Fe - C

- Căn cứ vào tổ chức khác nhau trên giản đồ pha ta có ba loại thép và ba loại gang khác nhau. Thép tương ứng với giản đồ pha Fe - C là loại hợp kim ngoài Fe với C < 2,14% ra chỉ chứa lượng không đáng kể các nguyên tố khác được gọi là thép cacbon hay thép thường, gồm ba loại nhỏ sau đây.

+Thép trước cùng tích với lượng cacbon biến đổi từ 0,10 đến 0,70%, tức

ứng với bên trái điểm S có tổ chức ferit (sáng) + peclit (tối) mà các tổ chức tế vi được trình bày ở hình 2.23.



Phần lớn thép thường dùng nằm trong loại nhỏ này song tập trung hơn cả vào loại $\leq 0,20\%C$ rồi tiếp đến $0,30 \div 0,40\%C$. Theo tính toán từ quy tắc đòn bẩy, khi lượng cacbon tăng lên thì trên tổ chức tế vi tỷ lệ phần peclit (màu tối) cũng tăng lên, còn phần ferit (màu sáng) giảm đi. Nếu không chứa cacbon (hay quá ít, $0,02 \div 0,05\%$) có thể coi là sắt nguyên chất với tổ chức hầu như ferit tức chỉ có các hạt sáng. Với $0,10\%C$ (hình 2.23a) phần tối (peclit tẩm) chiếm khoảng $1/8$, với $0,40\%C$ (hình .23b) là $1/2$ và với $0,60\%C$ (hình 2.23c) là $3/4$, cuối cùng là $0,80\%C$. Vậy đối với loại thép này lượng cacbon của nó được tính bằng tỷ lệ phần tối nhân với $0,80\%$.

+ Thép cùng tích với thành phần $0,80\%C$ (có thể xê dịch một chút) tức

Ứng

với điểm S có tổ chức chỉ gồm peclit.

+Thép sau cùng tích với thành phần $\geq 0,90\%C$ (thường chỉ tới 1,50%, cá

biệt có thể tới 2,0 ÷ 2,2%) tức ở bên phải điểm S có tổ chức peclit + xêmentit thứ hai thường ở dạng lưới sáng bao bọc lấy peclit tẩm như ở hình 2.20.

- Gang tương ứng với giản đồ pha Fe - C (Fe - Fe₃C) là gang trắng, rất ít

được sử dụng do quá cứng, giòn, không thể gia công cắt được. Theo sự khác nhau về tổ chức ta gặp ba loại gang trắng sau.

+ Gang trắng trước cùng tinh với thành phần cacbon ít hơn 4,3% ở bên trái

điểm C, có tổ chức peclit + xêmentit thứ hai + lêđêburit (hình 2.19a).

+ Gang trắng cùng tinh có 4,3%C ứng đúng điểm C hay lân cận, với tổ chức chỉ là lêđêburit (hình 2.22).

+ Gang trắng sau cùng tinh với thành phần $> 4,3\%C$ ở bên phải điểm C, có

tổ chức lêđêburit + xêmentit thứ nhất (hình 2.19b).

3.3.3. Các điểm tới hạn của thép

Như thấy rõ từ giản đồ pha Fe - C (hình 2.17), trong khu vực của thép có

rất nhiều đường ứng với các chuyển biến pha khác nhau. Để đơn giản hóa việc gọi tên các chuyển biến pha này người ta ký hiệu (đánh số) các đường tương ứng bằng chữ A (từ tiếng Pháp arrêt có nghĩa là dừng, vì khi có chuyển biến pha nhiệt độ biến đổi chậm lại đôi khi dừng hẳn) với các số thứ tự 0, 1, 2, 3, 4, và C_m, chúng được gọi là các điểm (hay nhiệt độ) tới hạn. Các điểm tới hạn thường dùng nhất gồm:

-A₁- đường PSK (727°C) ứng với chuyển biến austenit \leftrightarrow peclit, có trong mọi loại thép.

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

- A_{c_m} - đường ES (1147 ÷ 727°C) ứng với bắt đầu tiết ra xêmentit khỏi austenit khi làm nguội hay kết thúc hòa tan xêmentit vào austenit khi nung nóng, chỉ có trong thép sau cùng tích.

[Các điểm tới hạn khác là A₀ (210°C) - điểm Curi của xêmentit, A₂ (768°C) - điểm Curi của ferit, A₄ - đường JN (1499 - 1392°C) ứng với chuyển biến

$\gamma \leftarrow \delta$ **Đ** Có thể dùng xác định (gần đúng) giá trị c và A và AC_m của các thép có thành phần cacbon khác nhau theo giản đồ pha Fe - C bằng cách giống hay tính toán với quy ước các đường tương ứng GS và ES là thẳng. Tuy nhiên các điểm tới hạn tìm được này chỉ đúng với trạng thái cân bằng (nung nóng hay làm nguội vô cùng chậm), không phù hợp với các trường hợp nung nóng, làm nguội thông thường và nhanh. Cũng giống như các hiện tượng quá nguội (khi kết tinh), quá nung (khi nấu chảy) các điểm tới hạn này cũng thấp xuống hoặc cao lên khi làm nguội hoặc nung nóng; tốc độ càng cao sự cách biệt này càng lớn. Để phân biệt cùng một điểm tới hạn cho hai trường hợp: nung nóng và làm nguội, người ta thêm chữ c (chauffage) khi nung nóng, thêm chữ r (refroidissement) khi làm nguội. Với cùng một thép bao giờ cũng có: $Ac_1 > A_1 > Ar_1$; $Ac_3 > A_3 > Ar_3$..., trong đó A tính theo giản đồ pha còn Ac cao hơn và phụ thuộc vào tốc độ nung, Ar thấp hơn và phụ thuộc vào tốc độ nguội, tốc độ càng cao sự sai khác càng mạnh.

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

1. Khái niệm về hợp kim.
2. Dung dịch rắn.
3. Pha trung gian.
4. Giản đồ pha và công dụng.
5. Quan hệ giữa dạng giản đồ pha và tính chất của hợp kim.
7. Giản đồ pha Fe- C (Fe- Fe₃C) và các tổ chức.
8. Phân loại

Các bước và cách thức thực hiện công việc

- Câu 1. Nêu khái niệm về hợp kim? Trình bày tính chất ưu việt của hợp kim?
- Câu 2. Thế nào là dung dịch rắn, nêu đặc điểm của dung dịch rắn xen kẽ và thay thế? Trình bày các đặc tính của dung dịch rắn.
- Câu 3. Thế nào là pha trung gian? Trình bày các đặc điểm của pha trung gian?
- Câu 4. Nêu khái niệm và công dụng của giản đồ pha?
- Câu 5. Trình bày quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất của hợp kim?
- Câu 6. Trình bày tính chất của các tổ chức trên giản đồ pha Fe - c?
- Câu 7. Phân loại gang và thép trên giản đồ pha Fe - C?

Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập

- Câu 1. Nêu khái niệm về hợp kim? Trình bày tính chất ưu việt của hợp kim?
- Nêu khái niệm về hợp kim
 - Những tính chất ưu việt của hợp kim

Câu 2. Thế nào là dung dịch rắn, nêu đặc điểm của dung dịch rắn xen kẽ và thay thế? Trình bày các đặc tính của dung dịch rắn.

- Nêu khái niệm về dung dịch rắn
- Những đặc điểm của dung dịch rắn
 - + Thay thế
 - + Xen kẽ
- Những đặc tính của dung dịch rắn

Câu 3. Thế nào là pha trung gian? Trình bày các đặc điểm của pha trung gian?

- Nêu khái niệm về pha trung gian
- Các đặc tính của pha trung gian

Câu 4. Nêu khái niệm và công dụng của giản đồ pha?

- Khái niệm về giản đồ pha
- Công dụng của giản đồ pha

Câu 5. Trình bày quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất của hợp kim?

- Trường hợp 2 cấu tử hòa tan vô hạn vào nhau (hình 2.14a)
- Trường hợp hỗn hợp hai cấu tử nguyên chất (hình 2.14b)
- Trường hợp hỗn hợp hai dung dịch rắn có hạn (hình 2.14 c)
- Trường hợp dung dịch rắn có hạn và pha trung gian (hình 2.14 d)

Câu 6. Trình bày tính chất của các tổ chức trên giản đồ pha Fe – C?

a. Tính chất của các tổ chức 1 pha

- ferit (F)
- Ostenit (Ô)
- Xementit (XÊ)

b. Tính chất của các tổ chức 2 pha

- Peclit (P)
- Lêđêburit (LÊ)

Câu 7. Phân loại gang và thép trên giản đồ pha Fe – C?

a. Thép

- Thép cùng tích
- Thép trước cùng tích
- Thép sau cùng tích

b. Gang

- Gang cùng tinh
- Gang trước cùng tinh
- Gang sau cùng tinh

Chương 3

NHIỆT LUYỆN

Mã chương: MH12.3

Giới thiệu chương

Nhiệt luyện là khâu có tác dụng quyết định đến chất lượng các sản phẩm cơ khí, nên là bộ phận không thể thiếu được trong các nhà máy cơ khí, đặc biệt là trong các nhà máy chế tạo máy (máy công cụ, ô tô – máy kéo, máy bay...). Ở đây chỉ trình bày nhiệt luyện thép là một dạng nhiệt luyện rộng rãi nhất và chủ yếu nhất. Từ những cơ sở về nhiệt luyện thép, có thể đi sâu vào tìm hiểu các dạng nhiệt luyện áp dụng cho các vật liệu kim loại khác.

Mục tiêu:

- Giải thích được bản chất của quá trình nhiệt luyện, hóa nhiệt luyện và các phương pháp ủ, thường hóa, tôi, ram, thấm cacbon, thấm nitơ, thấm xianua;

- Nhiệt luyện được một số dụng cụ của nghề như: dao tiện, thép gió, đục;

- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

Nội dung

1. Khái niệm về nhiệt luyện thép

1.1. Sơ lược về nhiệt luyện.

1.2. Ý nghĩa của nhiệt luyện.

2. Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép

2.1. Các chuyển biến xảy ra khi nhiệt luyện.

2.2. Các chuyển biến xảy ra khi nung.

2.3. Các chuyển biến xảy ra khi làm nguội.

3. Ủ và thường hoá thép.

3.1. Ủ thép

3.2. Thường hoá thép

4. Tôi thép

4.1. Định nghĩa và mục đích

4.2. Chọn nhiệt độ tôi thép.

4.3. Tốc độ tôi tới hạn và độ thấm tôi.

4.4. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng.

5. Ram thép

5.1. Mục đích và ý nghĩa.

5.2. Các phương pháp ram.

6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.

7. Hoá nhiệt luyện

1. Khái niệm cơ bản về nhiệt luyện

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm, ý nghĩa của nhiệt luyện thép?
- Trình bày được ảnh hưởng của các nhân tố tới quá trình nhiệt luyện thép.
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

1.1. Ý nghĩa của nhiệt luyện thép đối với chế tạo cơ khí

Nhiệt luyện thép chiếm vị trí chủ yếu trong nhiệt luyện nói chung và là một khâu quan trọng, không thể thiếu được trong chế tạo cơ khí. Sở dĩ như vậy vì thép được sử dụng là vật liệu chủ yếu và quan trọng nhất trong số các kim loại, đồng thời có thể áp dụng nhiều phương pháp nhiệt luyện khác nhau để cải biến cơ tính và tính công nghệ của nó. Tác dụng của nhiệt luyện là ở 2 điểm sau:

- Tăng độ bền, độ cứng, tính chống mài mòn của chi tiết bằng thép mà vẫn đảm bảo yêu cầu về độ dẻo và độ dai. Do vậy có thể làm cho chi tiết chịu tải trọng lớn hơn hoặc có thể làm nhỏ gọn hơn, sử dụng được bền, lâu hỏng hơn;

Trong thực tế của sản xuất cơ khí thấy rất rõ tác dụng này. Nhiều loại thép sau khi nhiệt luyện bằng cách tôi và ram, độ bền, độ cứng tăng lên 2 ÷ 3 lần (tuy độ dẻo, độ dai có giảm), rất có lợi cho việc hoá bền chi tiết máy. Các chi tiết máy chịu ma sát như: bánh răng, trục ... Nếu không qua hoá bền bằng nhiệt luyện rất chóng mòn, hỏng, (thời gian làm việc giảm đi hàng chục đến hàng trăm lần). Đối với dao cắt, khuôn dập, tác dụng của nhiệt luyện lại càng có ý nghĩa quyết định. Các sản phẩm này nếu không qua tôi và ram thì không thể làm việc được. Một trong những yếu tố quan trọng nhất quyết định đến chất lượng của các sản phẩm cơ khí là trình độ của nhiệt luyện;

- Cải thiện tính công nghệ: ngoài tác dụng hoá bền kể trên, nhiệt luyện còn có khả năng cải thiện tính công nghệ. Khi hình thành sản phẩm không thể không chú ý đến tính thích ứng của thép đối với các phương pháp gia công khác nhau: Đúc, gia công áp lực, hàn, gia công cắt gọt v.v... Cải thiện các tính công nghệ đó làm quá trình gia công được thuận lợi và có thể tiến hành với năng suất cao hơn, góp phần nâng cao năng suất lao động. Trong chế tạo cơ khí thường gặp hiện tượng sau khi rèn, thép bị biến cứng 1 phần, rất khó (có trường hợp không thể) cắt gọt, trong trường hợp này phải tiến hành nhiệt

luyện bằng phương pháp thích hợp (ủ), độ cứng giảm đi, cắt gọt trở lên dễ dàng. Đối với thép cacbon thấp độ cứng của nó ở trạng thái ủ quá thấp cũng khó cắt gọt phải tiến hành thường hoá tăng thêm độ cứng để đảm bảo dễ cắt gọt. Áp dụng các phương pháp nhiệt luyện thích hợp giữa các khâu gia công cơ khí là một trong những biện pháp nâng cao năng suất lao động trong ngành cơ khí (nhờ nâng cao tốc độ cắt gọt, khả năng dập sâu...).

Do tác dụng quan trọng như vậy nên hầu hết các chi tiết quan trọng trong các máy đều qua nhiệt luyện. Ví dụ chi tiết đã qua nhiệt luyện trong ô tô - máy kéo chiếm (70 ÷ 80) %, trong máy công cụ chiếm (60 ÷ 70)%. Tất cả các dụng cụ đều phải nhiệt luyện.

Trong nền sản xuất lớn xã hội chủ nghĩa, công nghiệp chế tạo cơ khí được sắp xếp lại theo các dây chuyền sản xuất đối với từng sản phẩm, do đó các công nghệ nhiệt luyện đem áp dụng cũng được đưa vào dây chuyền và cũng phải được cơ khí hoá, tự động hoá, điều khiển theo chương trình như các công nghệ gia công cơ khí khác. Chi tiết máy sản xuất theo các dây chuyền đó có chất lượng rất đảm bảo và đồng đều. Ví dụ một dây chuyền sản xuất bánh răng hiện đại có thể gồm có: Máy chặt – Cửa thép – Lò nung liên tục – Máy dập nóng – Máy hình thành bánh răng (phay hoặc dập nguội hoặc lăn) – Kiểm tra kích thước – Nhiệt luyện hoặc hoá nhiệt luyện (thấm cacbon – ni tơ trong lò liên tục hoặc tôi bề mặt) – Kiểm tra độ cứng và khuyết tật – nhập kho.

1.2. Sơ lược về nhiệt luyện

1.2.1. Định nghĩa

Nhiệt luyện là công nghệ nung nóng kim loại đến nhiệt độ xác định, giữ nhiệt tại đó trong một thời gian thích hợp rồi sau đó làm nguội với tốc độ quy định để làm thay đổi tổ chức, do đó làm biến đổi tính chất theo phương hướng đã chọn trước.

Việc xác định nhiệt độ nung nóng, thời gian giữ nhiệt và tốc độ làm nguội không thể tùy tiện mà phụ thuộc hoàn toàn mục đích đặt ra trước mắt. Rõ ràng với mục đích đặt ra khác nhau không thể áp dụng cùng một công nghệ nhiệt luyện giống nhau. Cần chú ý khi nhiệt luyện không được phép nung nóng kim loại đến trạng thái nóng chảy hay chảy bộ phận. Trong một quá trình nhiệt luyện, kim loại luôn luôn ở trạng thái rắn, hình dạng và kích thước của sản phẩm hầu như không thay đổi hay thay đổi rất ít. Kết quả của nhiệt luyện được đánh giá bằng tổ chức bên trong của kim loại và biểu thị ra ngoài ở các tính chất của nó. Do vậy công tác kiểm tra trong nhiệt luyện là rất quan trọng, không thể xác định bằng quan sát bề ngoài.

1.2.2. Các yếu tố đặc trưng của quá trình nhiệt luyện

Các yếu tố quan trọng nhất đặc trưng cho quá trình nhiệt luyện là nhiệt độ

nung nóng, thời gian giữ nhiệt và tốc độ làm nguội. (Hình 3.1)

a. Nhiệt độ nung nóng (t^0 nung)

Nhiệt độ nung nóng là nhiệt độ cao nhất phải đạt đến khi nung nóng đối với từng loại thép. Nhiệt độ nung ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả nhiệt luyện. Mỗi loại thép, mỗi phương pháp nhiệt luyện có nhiệt độ nung khác nhau.

b. Thời gian giữ nhiệt

Thời gian giữ nhiệt là thời gian cần thiết duy trì kim loại ở nhiệt độ nung. Mục đích để hợp kim chuyển biến tổ chức hoàn toàn. Thời gian giữ nhiệt quá ngắn sẽ chưa chuyển biến hết tổ chức. Thời gian giữ nhiệt quá dài sẽ gây ra oxy hoá và thoát cacbon. Theo kinh nghiệm, thời gian giữ nhiệt bằng 1/4 thời gian nung.

c. Tốc độ nguội (v nguội)

Tốc độ nguội là độ giảm của nhiệt độ theo thời gian sau thời gian giữ nhiệt, tính ra $^0C/s$. Mỗi phương pháp nhiệt luyện khác nhau, mỗi loại thép khác nhau sẽ có tốc độ nguội khác nhau. $V_{ngươi}$ do môi trường nguội quyết định, thường dùng các môi trường nguội: Ngươi cùng lò, không khí, nước, dầu, dung dịch muối. Tốc độ nguội khác nhau ta sẽ nhận được các tổ chức có độ cứng cao thấp khác nhau. Khi nhiệt luyện thép ($C = 0,8\%$), tổ chức nhận được tương ứng với tốc độ nguội như sau:

- Tốc độ nguội = $2^0/s$: Ô P, độ cứng (180 ÷ 200) HB;
- Tốc độ nguội = $10^0/s$: Ô X, độ cứng (250 ÷ 350) HB;
- Tốc độ nguội = $70^0/s$: 1 phần Ô T, độ cứng (400 ÷ 450) HB;
1 phần Ô M, độ cứng (580 ÷ 650) HB;
- Tốc độ nguội = $150^0/s$: Ô M

Ngoài ra người ta còn quy định tốc độ nung đối với một số trường hợp không được lớn hơn giá trị cho phép để tránh nứt khi nung. Các kết quả của nhiệt luyện thường được kiểm tra qua các chỉ tiêu:

* Độ cứng là chỉ tiêu kiểm tra thường xuyên sau mỗi quá trình nhiệt luyện, vì qua đó có thể biết được các chỉ tiêu cơ tính khác và để thực hiện;

* Tổ chức tế vi: Trong các trường hợp quan trọng, cần thiết phải kiểm tra tổ chức tế vi bao gồm cấu tạo pha, kích thước hạt, chiều sâu lớp hoá bền ... bởi vì có trường hợp độ cứng không phản ánh đúng tổ chức bên trong. Trong sản xuất hàng loạt lớn người ta tiến hành kiểm tra tổ chức tế vi theo định kỳ và tỷ lệ;

* Độ cong vênh cho phép: Do các chuyển biến pha khi nung nóng và làm nguội, do giãn nở vì nhiệt, thể tích kim loại không hề tránh khỏi thay đổi, dẫn đến cong vênh, thay đổi kích thước, hình dạng. Trong một số trường hợp, các thay đổi này rất nhỏ không gây ảnh hưởng gì đến quá trình lắp ráp vì nằm trong phạm vi cho phép. Nhưng trong trường hợp yêu cầu cao về độ chính xác của kích thước và hình dáng thì các thay đổi đó phải được kiểm soát nghiêm ngặt và áp dụng những biện pháp cần thiết.

2. Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép

Mục tiêu

- Trình bày được các chuyển biến tổ chức khi nung nóng và làm nguội thép;

- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập, sáng tạo trong học tập.

2.1. Các chuyển biến xảy ra khi nhiệt luyện.

* Chuyển biến peclit thành auxtenit xảy ra khi nung nóng thép quá AC_1 tại đó, auxtenit có năng lượng tự do nhỏ nhất.

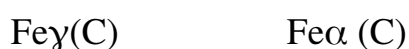


* Chuyển biến auxtenit thành peclit xảy ra khi làm nguội chậm thép xuống thấp hơn Ar_1



Hai chuyển biến I và II ngược chiều

* Chuyển biến auxtenit thành Mactenxit xảy ra khi làm nguội nhanh thép xuống thấp T_0 (Hình 3.2)



Như thấy từ sơ đồ, tại nhiệt độ thấp hơn T_0 auxtenit cũng có thể chuyển thành peclit, song lúc này công cần thiết để tạo nên Mactenxit từ auxtenit nhỏ hơn công cần thiết để tạo nên peclit từ auxtenit, do vậy auxtenit tạo nên Mactenxit rồi sau đó khi có điều kiện cho phép, từ Mactenxit lại chuyển thành peclit ổn định hơn

* Chuyển biến Mactenxit thành peclit, về nguyên lý có thể xảy ra ở mọi nhiệt độ do năng lượng tự do của peclit luôn thấp hơn auxtenit.



Thực tế chỉ xảy ra khi nung nóng ở các nhiệt độ thấp hơn AC_1

2.2. Các chuyển biến xảy ra khi nung

Công việc đầu tiên của nhiệt luyện là nung nóng. Phụ thuộc vào thành phần cacbon và nhiệt độ nung nóng, trong thép sẽ có chuyển biến khác nhau, trong đó có chuyển biến chung có trong mọi thép là chuyển biến peclit thành auxtenit.

Cơ sở để xác định các chuyển biến khi nung nóng là giản đồ trạng thái sắt- cacbon (phần thép). Như thấy từ giản đồ, ở nhiệt độ thường trong tổ chức của ba loại thép đều có peclit. Thép cùng tích chỉ có tổ chức peclit, thép trước cùng tích có thêm ferit, thép sau cùng tích có thêm xêmentit_{II}. Các tổ chức này của thép không bị biến đổi nếu nhiệt độ nung vẫn còn thấp hơn AC_1 .

Khi nung thép đến nhiệt độ AC_1 tổ chức peclit của ba loại thép kể trên sẽ chuyển biến thành auxtenit.

- Thép cùng tích ($C = 0,8\%$) với tổ chức là peclit sau phản ứng này có tổ chức hoàn toàn là auxtenit (Ô).

P Ô

- Thép trước cùng tích ($C < 0,8\%$) với tổ chức là peclit + ferit sau phản ứng này ngoài auxtenit vẫn còn ferit. Tiếp tục nung nóng lên quá AC_1 trong thép tiếp tục có chuyển biến: Hoà tan ferit vào auxtenit. Quá trình hoà tan này sẽ kết thúc khi nhiệt độ đạt đến AC_3 ;

P + F Ô + F Ô

- Thép sau cùng tích ($C > 0,8\%$) với tổ chức là peclit + xêmentit_{II} sau phản ứng này ngoài auxtenit vẫn còn xêmentit_{II}. Tiếp tục nung nóng lên quá AC_1 trong thép tiếp tục có chuyển biến: Hoà tan xêmentit_{II} vào auxtenit. Quá trình hoà tan này sẽ kết thúc khi nhiệt độ đạt đến AC_m ;

P + Xê_{II} Ô + Xê_{II} Ô

Cuối cùng khi nung nóng các thép lên quá đường GSE, mọi thép đều có tổ chức giống nhau là auxtenit (α). Cần chú ý thành phần cacbon trong auxtenit của chúng khác nhau và phụ thuộc vào lượng cacbon của thép.

2.3. Chuyển biến xảy ra khi giữ nhiệt

Thời gian giữ nhiệt khi nung nóng tuy không xảy ra chuyển biến nào mới, nhưng rất cần thiết vì các mục đích sau đây:

- Làm đồng đều giữa lõi và bề mặt (vì khi nung nóng, nhiệt độ của lõi thấp hơn của bề mặt), để lõi có chuyển biến như ở bề mặt;

- Hoàn thành các chuyển biến xảy ra khi nung. Khi giữ nhiệt ở nhiệt độ nung với thời gian đầy đủ sẽ tạo điều kiện để các chuyển biến trước đó xảy ra được hoàn toàn;

- Làm đồng đều thành phần của auxtenit. Do auxtenit được tạo ra từ peclit, xêmentit_{II}, ferit, có thành phần cacbon rất khác nhau, nên lúc mới tạo thành nó có thành phần cacbon không đồng đều, do đó cần giữ nhiệt để đảm bảo khuếch tán san bằng thành phần;

Như vậy giữ nhiệt thép ở nhiệt độ nung là giai đoạn cần thiết. Thời gian giữ nhiệt phụ thuộc vào kích thước chi tiết, nhiệt độ nung, phương pháp nhiệt luyện và loại thép. Tuy nhiên thời gian giữ nhiệt cần vừa đủ, nếu giữ nhiệt ở thời gian quá lâu sẽ làm hạt thép lớn và do đó gây cho các sản phẩm phân hoá của auxtenit có tính giòn cao.

2.4. Các chuyển biến của auxtenit khi làm nguội

2.4.1. Chuyển biến của auxtenit khi làm nguội đẳng nhiệt

Làm nguội chậm đẳng nhiệt (Hình 3.3) là làm nguội nhanh đến một nhiệt độ nhất định rồi giữ nhiệt ở đó một thời gian dài.

- Chuyển biến đẳng nhiệt là chuyển biến tổ chức của auxtenit trong thời gian giữ đẳng nhiệt.

Sở dĩ chọn điều kiện nguội đẳng nhiệt vì dễ xác định khi nghiên cứu. Thực hiện làm nguội đẳng nhiệt bằng cách nhúng nhanh các mẫu nhỏ và mỏng đã austenit hoá vào các môi trường (thường là chất lỏng) có nhiệt độ được giữ không đổi, rồi tiến hành xác định mức độ chuyển biến theo thời gian bằng các phương pháp khác nhau.

+ *Dạng giản đồ*

- Đường cong thứ nhất: bắt đầu chuyển biến của austenit.

- Đường cong thứ hai: kết thúc chuyển biến của austenit.

- M_d : Bắt đầu chuyển biến mactenxit

- M_k : Kết thúc chuyển biến mactenxit

+ *Các sản phẩm của sự phân hoá đẳng nhiệt của austenit quá nguội*

* Thép cùng tích ($C = 0,8\%$).

Hình 3.4 trình bày giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt của austenit quá nguội cho thép cùng tích ($C = 0,8\%$). Các sản phẩm của sự phân hoá ở các nhiệt độ khác nhau được ghi ở cột bên phải có kèm theo độ cứng của chúng.

Austenit					
quá					

Như thấy rõ từ giản đồ, ở nhiệt độ lớn hơn 727°C , auxtenit ở trạng thái hoàn toàn ổn định. Khi làm nguội xuống dưới 727°C , auxtenit trở lên mất ổn định và sẽ bị phân hoá thành hỗn hợp của ferit và xêmentit. Auxtenit tồn tại trong một thời gian nào đó ở dưới 727°C , gọi là auxtenit quá nguội. Khoảng cách từ trục tung đến đường cong “ C ” thứ nhất sẽ biểu thị khoảng thời gian tồn tại của auxtenit quá nguội ở nhiệt độ khác nhau hay là tính ổn định của auxtenit quá nguội. Như thấy rõ từ giản đồ chữ “ C ” auxtenit kém ổn định nhất ở khoảng $(500 \div 600)^{\circ}\text{C}$, lúc đó thời gian tồn tại của auxtenit chưa đầy 1 giây.

Các chuyển biến của auxtenit quá nguội trong khoảng nhiệt độ từ A_{r1} đến $(500 \div 600)^{\circ}\text{C}$ được gọi là chuyển biến peclit, còn dưới $(500 \div 600)^{\circ}\text{C}$ được gọi là chuyển biến trung gian.

+ Chuyển biến peclit $(727 \div 500)^{\circ}\text{C}$

Chuyển biến peclit xảy ra với sự tạo thành hỗn hợp ferit + xêmentit ở dạng tấm, ở trong khoảng nhiệt độ $(A_1 \div 500)^{\circ}\text{C}$

- Nếu auxtenit quá nguội phân hoá ở nhiệt độ sát AC_1 tức là ứng với độ quá nguội bé ($\Delta T < 50^{\circ}\text{C}$) sẽ được hỗn hợp ferit + xêmentit và được gọi là peclit, trong đó xêmentit ở dạng tấm có kích thước lớn. Kích thước của xêmentit được xác định bằng khoảng cách s giữa các tấm (Hình 3.5). Khoảng cách giữa các tấm của chúng là $(5 \div 7) \cdot 10^{-4} \text{mm}$. Độ cứng của peclit khoảng $(180 \div 220)\text{HB}$;

- Nếu auxtenit quá nguội phân hoá ở nhiệt độ thấp hơn với ($\Delta T = 50 \div 100$) $^{\circ}\text{C}$ cũng được hỗn hợp ferit + xêmentit trong đó xêmentit ở dạng tấm có kích thước bé, s khoảng $(3 \div 4) \cdot 10^{-4} \text{mm}$, tổ chức này được gọi là xooctit, độ cứng khoảng $(250 \div 300)\text{HB}$;

- Nếu auxtenit quá nguội phân hoá ở nhiệt độ thấp hơn nữa khoảng $(500 \div 600)^{\circ}\text{C}$, ứng với nhiệt độ khi auxtenit kém ổn định nhất, tức là phần lồi của đường cong “ C ” cũng được hỗn hợp ferit + xêmentit trong đó xêmentit ở dạng tấm có kích thước bé, s khoảng $(1 \div 2) \cdot 10^{-4} \text{mm}$, tổ chức này được gọi là trôxtit, độ cứng khoảng 400HB ;

Vậy peclit, xooctit, trôxtit, đều là hỗn hợp của ferit + xêmentit, nhưng với độ nhỏ mịn của xêmentit khác nhau, độ cứng, độ bền của chúng khác nhau. Xêmentit càng nhỏ mịn độ cứng và độ bền càng cao.

+ Chuyển biến trung gian $(500 - M_d)$. Ở dưới 500°C auxtenit quá nguội phân hoá thành hỗn hợp cơ học của

Chuyển biến này gọi là chuyển biến trung gian, tương ứng với đoạn dưới của đường cong “ C ”. Xêmentit trong bainit có dạng hình tấm rất nhỏ mịn ($S < 10^{-4}$ mm);

Người ta phân ra hai loại bainit:

Bainit trên tạo thành do auxtenit quá nguội phân hoá ở nhiệt độ cao ($500 \div 350$) °C, bainit trên có dạng ngò bít màu tối, độ cứng khoảng 450HB;

Bainit dưới tạo thành do auxtenit quá nguội phân hoá ở nhiệt độ ($350 \div 250$) °C, bainit dưới có dạng hình kim với góc nhọn nhỏ, độ cứng khoảng 550HB.

** Thép khác cùng tích (trước và sau cùng tích) hình 3.6*

Các loại thép trước và sau cùng tích cũng có dạng giản đồ phân hoá đẳng nhiệt auxtenit quá nguội như thép cùng tích, nhưng có thêm nhánh phụ trên

đường cong chữ “ C ”, bên trái chỉ rõ thời gian bắt đầu tiết ra khỏi auxtenit các pha thừa: ferit (cho thép trước cùng tích ở dưới A_3) và xêmentit_{II} (cho thép sau cùng tích ở dưới AC_m) như biểu thị ở hình 3.6. Cần chú ý là sự tiết ra của các pha dư đó trong các thép khác cùng tích chỉ xảy ra ở các độ quá nguội bé.

Ở độ quá nguội lớn (thường tương ứng với khi hình thành xoochbit trở đi), auxtenit sẽ chuyển biến ngay thành hỗn hợp(ferit + xêmentit) mà không có chuyển biến tiết ra pha dư trước đó, do đó lượng cacbon ở trong hỗn hợp sẽ khác thành phần cùng tích (0,8%C). Hỗn hợp ferit + xêmentit như vậy được gọi là cùng tích giả.

2.4.2. Sự phân hoá của auxtenit khi làm nguội liên tục (Hình 3.7)

Trong thực tế nhiệt luyện hay dùng cách làm nguội liên tục, tức là nhiệt độ luôn luôn giảm theo thời gian. Nhưng do việc xác định chính xác chuyển biến khi làm nguội liên tục khó khăn hơn nhiều so với khi làm nguội đẳng nhiệt, cho nên loại giản đồ chuyển biến đó ít được sử dụng hơn. So với loại giản đồ chuyển biến đẳng nhiệt, phần trên của các đường cong chữ “ C ” của loại giản đồ làm nguội liên tục dịch chuyển sang phải và xuống dưới một chút. Do vậy về nguyên tắc có thể sử dụng giản đồ đẳng nhiệt thay cho trường hợp làm nguội liên tục mà không phạm sai số lớn.

Khi làm nguội liên tục cần có mấy điểm đáng chú ý sau:

* Với các tốc độ nguội khác nhau sẽ đạt được các tổ chức khác nhau;

- Nếu khi làm nguội với tốc độ rất chậm V_1 (nguội cùng với lò) auxtenit sẽ phân hoá thành hỗn hợp ferit + xêmentit ở nhiệt độ sát AC_1 (a_1 và b_1) nên xêmentit tấm to thô. Tổ chức nhận được là peclit;

- Nếu làm nguội với tốc độ nhanh hơn (nguội trong môi trường không khí), auxtenit sẽ phân hoá ở nhiệt độ thấp hơn (a_2 và b_2 , a_3 và b_3) do đó hỗn hợp

ferit + xêmentit nhận được nhỏ mịn hơn. Tổ chức nhận được với V_2 là peclit nhỏ mịn, V_3 là xocbit.

- Nếu làm nguội với tốc độ V_4 sẽ nhận được tổ chức trôxtit, nhưng không hoàn toàn, sau đó auxtenit chuyển thành mactenxit, cuối cùng tổ chức nhận được là trôxtit + mactenxit;

- Khi làm nguội với tốc độ v_5 (làm nguội nhanh trong môi trường chất lỏng) auxtenit chuyển biến thành matenxit;

Khi làm nguội liên tục không thể đạt được tốc độ nguội đồng nhất trên toàn tiết diện. Ở ngoài sẽ nguội nhanh hơn ở bên trong, do vậy tổ chức nhận được không đồng nhất ở trên tiết diện. Đó cũng là điểm khác với khi làm nguội đẳng nhiệt;

* Do khi làm nguội liên tục, các đường cong “ C ” dịch chuyển sang phải nên làm tính ổn định của auxtenit quá nguội tăng lên. Ví dụ đối với thép cùng tích thời gian kém ổn định nhất của auxtenit quá nguội khi làm nguội đẳng nhiệt là nhỏ hơn 1s, khi làm nguội liên tục là gần 2s;

* Khi làm nguội liên tục không nhận được tổ chức hoàn toàn là bainit, hoặc chỉ nhận được một ít bainit cùng với trôxtit, mactenxit. Tổ chức hoàn toàn là bainit chỉ đạt được khi làm nguội đẳng nhiệt.

2.4.3. Chuyển biến của auxtenit khi làm nguội nhanh – Chuyển biến Mactenxit

Khi nung nóng để đạt tổ chức auxtenit rồi sau đó làm nguội nhanh thích hợp thì auxtenit không kịp phân hoá thành hỗn hợp ferit + xêmentit, mà auxtenit bị quá nguội xuống đến nhiệt độ M_d và chuyển biến thành mactenxit. Tốc độ nguội nhanh để có chuyển biến này phải lớn hơn hay bằng giá trị v_{th} (Hình 3.7) tức ứng với đường biểu diễn không cắt đường cong “ C ”.

+ *Bản chất của mactexit*

Mactexit là dung dịch rắn xen kẽ quá bão hoà của cacbon ở trong $Fe\alpha$ với nồng độ cacbon bằng nồng độ cacbon của auxtenit, có kiểu mạng chính phương thể tâm và có độ cứng cao.

Ta lần lượt giải thích các đặc tính trên của mactexit:

- Do ta làm nguội nhanh dung dịch rắn của cacbon trong $Fe\gamma$ (auxtenit) chuyển thành dung dịch rắn của cacbon trong $Fe\alpha$;



Như vậy lượng cacbon trong mactexit bị quyết định hoàn toàn bởi lượng cacbon trong auxtenit chứ không phải trong thép;

- Ở trạng thái cân bằng $Fe\alpha$ hoà tan rất ít cacbon với lượng cacbon cao như trong auxtenit được cố định lại trong $Fe\alpha$ làm cho dung dịch này trở lên quá bão hoà (vượt quá giới hạn hoà tan quá nhiều);

- Cacbon hoà tan vào mạng tinh thể của $Fe\alpha$ chỉ có thể bằng cách xen kẽ vào lỗ hổng ở trong mạng này. Thực nghiệm đã chứng minh được rằng trong mactenxi, cacbon chui vào lỗ hổng trong khối tám mặt, tức ở giữa các mặt bên hay ở giữa các cạnh của khối cơ bản (Hình 3.8). Do cách bố trí nguyên tử cacbon như vậy nên một cạnh của khối cơ bản lập phương bị kéo dài thành chính phương thể tâm. Tỷ số được gọi là độ chính phương của Mactenxit (thông thường

Tỷ số ($1,001 \div 1,006$)

- Cacbon chui vào lỗ hổng của $Fe\alpha$ làm mạng tinh thể bị xô lệch, trở lên khó biến dạng dẻo và có độ cứng cao nhất, hơn cả Xooobit, bainit, troxit, vì trong các tổ chức này có hai pha, trong đó ferit dẻo dễ biến dạng, còn ở trong mactenxit bản thân mạng ferit bị xô lệch khó biến dạng dẻo.

+ *Các đặc điểm của chuyển biến mactenxit.*

- Chuyển biến mactenxit chỉ xảy ra khi làm nguội liên tục và nhanh auxtenit với tốc độ lớn hơn hoặc bằng tốc độ tới hạn (v_{th}) để đường biểu diễn tốc độ nguội không cắt đường cong “ C ”

- Do xảy ra ở nhiệt độ thấp ($200 \div 300$)⁰C, nên chuyển biến mactenxit là chuyển biến không khuếch tán: cacbon ở đây hầu như vẫn giữ nguyên vị trí, còn các nguyên tử sắt thì chuyển rời vị trí từ kiểu mạng lập phương diện tâm sang lập phương thể tâm, nhưng sự dịch chuyển này cũng không lớn hơn một thông số mạng;

- Là quá trình tạo ra không ngừng các tinh thể mới (hầu như không thấy quá trình phát triển tinh thể mactenxit đã tạo thành). Tốc độ hình thành tinh thể mactenxit rất lớn, khoảng ($1000 \div 70000$) m/s. Tinh thể mactenxit có dạng hình kim đầu nhọn, các kim thường làm với nhau các góc 60⁰ hoặc 120⁰;

- Chỉ xảy ra khi làm nguội trong khoảng nhiệt độ giữa hai điểm M_d (điểm bắt đầu) M_k (điểm kết thúc). Làm nguội ở nhiệt độ cao hơn M_d , chuyển biến mactenxit chưa xảy ra, thậm chí làm nguội xuống dưới M_k , chuyển biến mactenxit cũng không tiếp tục;

Vị trí (giá trị) của hai điểm M_d (điểm bắt đầu) M_k (điểm kết thúc) chuyển biến mactenxit chỉ phụ thuộc vào thành phần cacbon và các nguyên tố hợp kim trong auxtenit, ngoài ra không phụ thuộc vào yếu tố nào khác, kể cả tốc độ nguội nhanh hay chậm. Auxtenit càng chứa nhiều cacbon và các nguyên tố hợp kim (trừ Si, Al, Co) các điểm M_d và M_k càng hạ thấp;

- Chuyển biến xảy ra không hoàn toàn. Thực nghiệm đã cho thấy khi làm nguội càng gần đến điểm M_k , lượng mactenxit càng tăng, nhưng ngay cả khi làm nguội xuống tới hoặc thấp hơn điểm M_k cũng không thể đạt được 100% là mactenxit, mà bao giờ cũng còn lại pha ban đầu là auxtenit. Auxtenit tồn tại cùng mactenxit được gọi là auxtenit dư. Trong trường hợp điểm M_k thấp hơn 20⁰C, thì bằng phương pháp làm nguội thông thường, không thể đạt được lượng mactenxit tối đa. Nếu điểm M_k quá thấp thì sau khi tôi còn nhiều

auxtenit dư đến mức làm độ cứng của thép tôi không đạt được giá trị lớn nhất, không bảo đảm chống mài mòn.

+ *Cơ tính của mactenxit*

- Độ cứng của mactenxit

Mactenxit là dung dịch rắn quá bão hòa của cacbon trong $Fe\alpha$ do vậy độ cứng của mactenxit chỉ phụ thuộc vào hàm lượng cacbon trong nó: Cacbon càng cao, độ chính phương của mactenxit càng lớn, mạng tinh thể càng xô lệch, độ cứng càng cao.

- Tính giòn của mactenxit

Nhược điểm của mactenxit là tính giòn cao, đặc điểm này có liên quan đến độ cứng và sự tồn tại ứng suất dư trong nó. Tuy nhiên tính giòn của mactenxit được giao động trong phạm vi khá rộng, phụ thuộc vào một số yếu tố:

Độ cứng của mactenxit càng cao, tính giòn càng lớn, do vậy thép có chứa nhiều cacbon sau khi tôi càng giòn;

Tinh thể mactenxit càng lớn, tính giòn của chúng càng lớn. Kích thước hạt auxtenit sẽ quyết định đến kích thước hạt kim mactenxit. Tinh thể mactenxit to thô hay nhỏ mịn, hầu như không ảnh hưởng đến độ cứng nhưng ảnh hưởng đến tính giòn, mactenxit càng nhỏ mịn tính giòn càng thấp. Vì vậy trong quá trình tôi thép người ta cố gắng đạt được tổ chức mactenxit nhỏ mịn, vừa để đảm bảo độ cứng và tính chống mài mòn, vừa đảm bảo cho thép có độ dẻo dai nhất định.

3. Ủ và thường hóa thép

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm, mục đích của hai phương pháp nhiệt luyện Ủ và thường hóa;

- Trình bày được kỹ thuật thực hiện khi ủ thép;

- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

3.1. Ủ thép

3.1.1. Định nghĩa

Ủ thép là phương pháp nung thép đến nhiệt độ nhất định, giữ nhiệt trong thời gian hợp lý rồi làm nguội chậm cùng với lò, để đạt được tổ chức ổn định theo giản đồ trạng thái với độ cứng thấp nhất và độ dẻo cao. Tổ chức đạt được khi ủ (đúng với giản đồ trạng thái Fe – C) là peclit (có thể có thêm ferit hay xementit_{II} tùy loại thép trước hay sau cùng tích). Từ định nghĩa đó có thể chú ý tới 2 đặc điểm quan trọng của ủ như sau:

- Nhiệt độ ủ không quy định theo quy luật chung mà tùy thuộc vào từng phương pháp ủ;

- Quá trình làm nguội tiến hành rất chậm, thường để nguội cùng với lò, với tốc độ $(10 \div 50)^{\circ}\text{C}/\text{h}$ để auxenit phân hoá ở nhiệt độ A_1 cho ra peclit.

3.1.2. Mục đích của ủ thép

- Làm giảm độ cứng (làm mềm) thép để tiến hành gia công cắt;
- Làm tăng độ dẻo để tiến hành dập, cán, kéo thép ở trạng thái nguội;
- Làm giảm hay làm mất ứng suất bên trong sau các nguyên công gia công cơ khí (mài, uốn nguội, cắt gọt...) và đúc, hàn;
- Làm đồng đều thành phần hoá học trên toàn bộ tiết diện của vật đúc thép bị thiên tích;
- Làm nhỏ hạt thép nếu nguyên công trước làm hạt lớn;

Tất nhiên với mục đích đa dạng như vậy không phương pháp ủ nào đạt được cả 5 mục tiêu trên. Thông thường mỗi phương pháp ủ chỉ đạt được 1 hoặc vài trong số 5 mục tiêu kể trên. Theo chuyển biến pha peclit auxenit.

Khi nung nóng, người ta chia các phương pháp ủ thành 2 nhóm: Ủ có chuyển biến pha và Ủ không có chuyển biến pha.

3.1.3. Các phương pháp ủ

a. Ủ không có chuyển biến pha

* Ủ thấp (ủ non)

Ủ thấp có tác dụng làm giảm hay khử bỏ ứng suất bên trong ở các vật đúc hay các sản phẩm thép qua gia công cơ khí. Nếu ủ ở nhiệt độ thấp ($200 - 300$) $^{\circ}\text{C}$ chỉ có tác dụng làm giảm một phần ứng suất bên trong, nhưng ở những nhiệt độ cao hơn ($450 - 600$) $^{\circ}\text{C}$ tác dụng khử bỏ ứng suất bên trong có thể hoàn toàn hơn.

Do làm nguội nhanh, không đều, do chuyển pha khi đúc, trong vật đúc tồn tại ứng suất bên trong. Đối với một số vật đúc có yêu cầu đặc biệt không cho phép tồn tại ứng suất dư đó. Để khử bỏ hoàn toàn ứng suất dư người ta tiến hành nung nóng đến ($450 - 600$) $^{\circ}\text{C}$, sau đó làm nguội chậm tiếp theo để tránh tạo lại ứng suất dư. Đối với trường hợp yêu cầu không cao, chỉ cần giảm ứng suất dư đến mức nhất định, có thể tiến hành bảo quản ở nhiệt độ thường trong khoảng ($9 \div 12$) tháng, quá trình này còn gọi là hoá già tự nhiên.

Các quá trình gia công cơ (cắt gọt, quăn, dập nguội,...) không ít thì nhiều đều gây ứng suất dư cho chi tiết. Đối với một số chi tiết, trạng thái ứng suất đó gây nguy hiểm cho phá huỷ dòn hay làm sai lệch hình dạng và kích thước, phải làm giảm nó đến mức độ an toàn. Ví dụ các dây thép lò xo sau khi quăn nguội phải nung nóng ở ($200 - 300$) $^{\circ}\text{C}$ để giảm ứng suất, nếu không rất chóng gãy.

Như sẽ thấy, các nhiệt độ ủ thấp trùng với khoảng nhiệt độ ram thấp và ram cao, nên đôi khi người ta còn dùng các từ đó để gọi thay cho ủ thấp.

Do nhiệt độ thấp, phương pháp ủ này không làm thay đổi độ cứng và kích thước hạt.

* Ủ kết tinh lại

Như đã nói ở chương 4, ủ kết tinh lại có thể được tiến hành cho các thép qua biến dạng nguội bị biến cứng cần khôi phục lại tính dẻo, độ cứng trước khi biến dạng. Nhiệt độ ủ kết tinh lại cho thép cacbon là $(600 - 700)^{\circ}\text{C}$ tức thấp hơn AC_1 . Loại ủ này làm thay đổi kích thước hạt và giảm độ cứng, nhưng rất ít áp dụng cho thép vì khó tránh tạo nên hạt lớn. Như đã biết, đối với kim loại đa tinh thể, do không đồng nhất về phương mạng giữa các hạt nên ứng suất tác dụng và độ biến dạng phân bố không đều, phần thép bị biến dạng với mức độ tới hạn sau khi ủ có kích thước lớn, làm thép giòn. Để tránh thiếu sót này thường dùng phương pháp ủ có chuyển biến pha.

b. Ủ có chuyển biến pha

Các phương pháp ủ có chuyển biến pha có nhiệt độ ủ cao hơn AC_1 , có xảy ra chuyển biến pha peclit auxtenit.

* Ủ hoàn toàn

Ủ hoàn toàn là phương pháp gồm nung nóng thép tới trạng thái hoàn toàn auxtenit, tức phải nung cao hơn AC_3 hoặc AC_m . Loại ủ này chỉ áp dụng cho thép trước cùng tích có thành phần cacbon $> 0,3\%$ với hai mục đích sau đây:

- Làm nhỏ hạt. Nếu chỉ nung quá nhiệt độ AC_3 khoảng $(20-30)^{\circ}\text{C}$, ứng với nhiệt độ ủ trong khoảng $(800-860)^{\circ}\text{C}$, hạt auxtenit nhận được vẫn giữ được kích thước bé, sau đó làm nguội chậm có tổ chức ferit - peclit hạt nhỏ. Tổ chức có độ dai tốt;

- Làm giảm độ cứng và tăng độ dẻo để dễ cắt gọt và dập nguội. Do làm nguội chậm, auxtenit phân hoá ra tổ chức ferit-peclit (Tãm) có độ cứng trong khoảng $(160-200)\text{HB}$, đảm bảo cắt gọt tốt và dẻo, dễ dập nguội;

Như vậy nhiệt độ ủ hoàn toàn được lấy là: $AC_3 + (20 \div 30)^{\circ}\text{C}$.

* Ủ không hoàn toàn và ủ cầu hóa

Ủ không hoàn toàn là phương pháp ủ gồm nung thép đến trạng thái chưa hoàn toàn là auxtenit, tức mới chỉ cao hơn AC_1 , nhưng thấp hơn AC_3 hay AC_m , sự chuyển biến ở đây khi nung nóng là không hoàn toàn: Chỉ có peclit auxtenit, còn ferit hay xêmentit_{II} vẫn còn (do vậy khi làm nguội không làm thay đổi kích thước của 2 pha đó). Đối với thép trước cùng tích, loại thép kết cấu yêu cầu độ dai cao vì không làm nhỏ được hạt ferit nên không áp dụng dạng ủ này. Ủ không hoàn toàn được áp dụng cho thép cùng tích và thép sau cùng tích khi áp dụng cho thép trước cùng tích với hàm lượng cacbon $> 0,7\%$ với mục đích giảm độ cứng đến mức có thể cắt gọt được. Các loại thép với hàm lượng cacbon $> 0,7\%$ mà chủ yếu là thép cùng tích và thép trước cùng tích, là loại thép dụng cụ với độ cứng khá cao, khó cắt gọt. Nếu tiến hành ủ hoàn

toàn với loại thép này, tổ chức nhận được là peclit tấm, độ cứng có thể vượt quá 220 HB gây khó khăn cho cắt gọt. Nếu tiến hành ủ không hoàn toàn, thì ở nhiệt độ nung do đạt được tổ chức auxtenit và phần tử auxtenit_{II} chưa tan hết, nên khi làm nguội các phần tử này như là những mầm giúp cho tạo nên peclit hạt, sau khi ủ không hoàn toàn, thép có tổ chức peclit hạt với độ cứng thấp hơn, khoảng trên dưới 200 HB đảm bảo cắt gọt tốt hơn. Ngoài ra ủ không hoàn toàn còn để chuẩn bị tổ chức cho tôi đối với thép sau cùng tích. Nhiệt độ ủ không hoàn toàn cho mọi thép cacbon là $AC_1 + (20 \div 30)^\circ C$ tức là khoảng $(750 \div 770)^\circ C$.

Dạng ủ đặc biệt của ủ không hoàn toàn là ủ cầu hoá. Trong đó nhiệt độ nung dao động tuần hoàn trên dưới A_1 : Nung lên $(750 \div 770)^\circ C$ rồi lại làm nguội xuống $(650 \div 680)^\circ C$, cứ như thế trong nhiều lần. Với cách làm như vậy không những cầu hoá được xementit của peclit mà cả xementit_{II} ở dạng lưới trong thép sau cùng tích.

* Ủ khuyếch tán

Ủ khuyếch tán là phương pháp ủ gồm nung nóng thép đến nhiệt độ rất cao $(1100 \div 1150)^\circ C$ và giữ nhiệt trong nhiều giờ (khoảng $10 \div 15$)h. Cách ủ này áp dụng cho các thỏi đúc bằng thép hợp kim cao, thường có hiện tượng không đồng nhất về thành phần hoá học (thiên tích). Trong điều kiện nhiệt độ cao và thời gian dài, các nguyên tố hợp kim khuếch tán đủ mạnh và làm đều thành phần.

Nhược điểm của cách ủ này là tạo ra hạt quá lớn do nung lâu ở nhiệt độ cao, vì vậy chỉ áp dụng cho vật đúc trước khi gia công áp lực. Nếu không qua biến dạng dẻo để làm nhỏ hạt thì sau đó phải ủ lại bằng cách ủ hoàn toàn để làm nhỏ hạt.

Đối với 3 phương pháp ủ kể trên, khi làm nguội chậm cùng lò không cần tiến hành đến tận nhiệt độ thường mà chỉ cần tới $(500 \div 650)^\circ C$, vì đến đây các chuyển biến khi làm nguội đã hoàn thành, có thể đưa vật ủ ra khỏi lò và cho mẻ khác vào ủ tiếp.

* Ủ đẳng nhiệt

Khá nhiều thép hợp kim cao do tính chất ổn định của auxtenit quá nguội quá lớn nên làm nguội chậm cùng lò khi ủ cũng không đạt được độ cứng thấp nhất, ứng với tổ chức peclit. Phải khống chế tốc độ nguội chậm hơn nữa, nhưng rất khó. Biện pháp khống chế về độ nguội tiện lợi hơn.

Tiến hành ủ đẳng nhiệt bằng cách: Nung thép đến nhiệt độ ủ (xác định theo ủ hoàn toàn hay không hoàn toàn), giữ nhiệt rồi làm nguội nhanh xuống dưới A_1 khoảng $(50 \div 100)^\circ C$ tùy theo yêu cầu về tổ chức nhận được, giữ nhiệt lâu trong lò ở nhiệt độ đó để auxtenit phân hoá thành hỗn hợp ferit – Xementit. Thời gian giữ nhiệt tùy thuộc vào tính ổn định của auxtenit quá nguội của thép ủ ở nhiệt độ giữ đẳng nhiệt (thường giữ hàng giờ).

3.2. Thường hoá

3.2.1. Định nghĩa

Thường hoá là phương pháp nhiệt luyện bao gồm nung nóng thép đến trạng thái hoàn toàn là austenit (cao hơn A_3 hoặc A_m), giữ nhiệt rồi làm nguội tiếp trong không khí tĩnh (thường đưa ra để nguội ở trên sàn xưởng) để Austenit phân hoá thành peclit phân tán hay xoocbit với độ cứng tương đối thấp.

Nhiệt độ thường hóa là: AC_3 hoặc $AC_m + (20 \div 40)^\circ C$. So với ủ thường hoá kinh tế hơn do không phải làm nguội trong lò, vì vậy thường áp dụng hơn nếu cả 2 cùng đạt một mục đích.

3.2.2. Mục đích.

Về đại thể mục đích của thường hoá cũng giống ủ, nhưng thường áp dụng cho các trường hợp sau:

* Đạt độ cứng thích hợp để gia công cắt đối với thép cacbon thấp ($C < 0,25\%$);

Ở trên đã nói, ủ hoàn toàn áp dụng cho thép trước cùng tích để gia công cắt, nhưng chỉ áp dụng cho loại $C > 0,3\%$, với loại thép $C < 0,25\%$ phải dùng cách thường hoá. Thép với hàm lượng cacbon thấp như vậy nếu đem ủ hoàn toàn sẽ cho độ cứng rất thấp < 140 HB, thép dẻo, phoi khó gãy, quần lấy dao, khi thường hoá sẽ cho độ cứng cao hơn, khoảng $(140 \div 180)$ HB, thích hợp với các chế độ gia công cắt. Như vậy để đảm bảo tính gia công cắt, thép $C < 0,25\%$ phải thường hoá, thép $C = (0,3 \div 0,65)\%$ phải ủ hoàn toàn, thép $C > 0,7\%$ phải ủ không hoàn toàn (cầu hoá);

* Làm nhỏ xêmentit để chuẩn bị cho nhiệt luyện cuối cùng;

Khi thường hoá tạo ra tổ chức peclit phân tán hay xoocbit với xêmentit có kích thước hạt bé. Như đã biết xêmentit càng nhỏ, biên giới càng nhiều, do vậy khi austenit hóa sẽ tạo ra nhiều mầm austenit, nhận được austenit nhỏ mịn và chuyển biến xảy ra nhanh. Yêu cầu này rất cần thiết đối với trường hợp tô bề mặt (sẽ trình bày ở phần sau);

* Làm mất xêmentit_{II} ở dạng lưới của thép sau cùng tích;

Nhiều trường hợp khi làm nguội chậm sau khi ủ thép sau cùng tích hay bề mặt thép thấm cacbon, trong tổ chức xuất hiện tổ chức xêmentit_{II} ở dạng lưới liên tục bao quanh peclit, đó là trạng thái không mong muốn vì làm thép rất giòn, ngoài ra xêmentit_{II} ở dạng lưới còn làm cho độ nhẵn bóng khi gia công cắt bị ảnh hưởng xấu.

Thường hoá có thể khắc phục trạng thái này, do làm nguội nhanh hơn xêmentit_{II} không kịp tiết ra ở dạng liên nhau mà ở dạng đứt rời, cách xa nhau, làm thép ít giòn hơn, bề mặt gia công cơ đạt độ nhẵn bóng cao. Trình bày các nhiệt độ ủ và thường hoá thép trên giản đồ trạng thái Fe – C (Hình 3.9)

4. Tôi thép

Mục tiêu

- Trình bày được định nghĩa và mục đích của tôi thép;
- Xác định được nhiệt độ nung nóng khi tôi cho các loại thép;
- Trình bày được kỹ thuật thực hiện đối với các phương pháp tôi;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

4.1. Định nghĩa.

Tôi thép là phương pháp nhiệt luyện: Nung thép đến nhiệt độ cao quá nhiệt độ tới hạn A_1 , giữ nhiệt rồi làm nguội nhanh thích hợp để austenit chuyển thành mactenxit hay những tổ chức không ổn định khác với độ cứng cao (như bai nit, trôxtit)

Từ định nghĩa về tôi thép ta có thể chú ý tới các đặc điểm quan trọng của tôi như sau:

- Nhiệt độ tôi thấp nhất của các loại thép phải cao hơn A_1 , tức phải nung đến trạng thái austenit;
- Làm nguội nhanh, do vậy không những ứng suất tổ chức mà ứng suất nhiệt cũng

rất lớn, điều này dễ dẫn tới nứt, cong vênh sản phẩm, nên phải thận trọng khi làm

nguội;

- Các tổ chức tạo thành khi tôi đều có độ cứng cao.

4.2. Mục đích.

Tôi thép nhằm các mục đích sau đây:

- Nâng cao độ cứng và tính chống mài mòn của thép, do đó kéo dài được thời hạn làm việc của các chi tiết chịu mài mòn. Như đã biết, độ cứng của thép tôi phụ thuộc vào hàm lượng cacbon. Thép có hàm lượng cacbon < 0,25% khi tôi có độ cứng không cao, không đủ chịu mài mòn. Vậy muốn đạt mục đích này, thép dùng để tôi phải có hàm lượng cacbon trung bình và cao (0,3% cacbon trở lên);

- Nâng cao độ bền, do đó nâng cao được sức chịu tải của chi tiết máy. Vì thế người ta tiến hành tôi thép cho các chi tiết quan trọng nhất (chịu tải trọng nặng, nhất, chống mòn, gãy). Các chi tiết quyết định đến khả năng làm việc lâu dài của máy. Nguyên công tôi thép đóng vị trí quan trọng đặc biệt trong nhiệt luyện.

4.3. Chọn nhiệt độ tôi thép

Như ở trên đã trình bày, khi tôi thép ít nhất phải nung quá nhiệt độ AC_1 , tuy nhiên thép với hàm lượng cacbon khác nhau, cách xác định nhiệt độ tôi cũng khác nhau. Đối với thép có tổ chức tế vi phù hợp với giản đồ trạng thái Fe- C, xác định nhiệt độ tôi theo các điểm tới hạn của nó. (Hình 3.10).

4.3.1. Đối với thép cùng tích và thép trước cùng tích ($C \leq 0,8\%$)

Nhiệt độ tôi lấy cao hơn AC_3 , tức là nung thép đến trạng thái hoàn toàn là auxtenit. Cách tôi này gọi là tôi hoàn toàn.

$$t^0 = AC_3 + (30 \div 50)^{\circ}C$$

Như vậy nhiệt độ tôi của thép phụ thuộc hoàn toàn vào điểm AC_3 . Lượng cacbon tăng lên từ (0,1 ÷ 0,8)%, nhiệt độ tôi giảm đi.

4.3.2. Với thép sau cùng tích ($C > 0,8\%$)

Nhiệt độ tôi lấy cao hơn AC_1 nhưng thấp hơn AC_m , tức là nung tới trạng thái không hoàn toàn là auxtenit: (auxtenit + Xêmentit_{II}), cách tôi này gọi là tôi không hoàn toàn.

$$t^0 = AC_1 + (30 \div 50)$$

Do vậy chúng đều có nhiệt độ tôi giống nhau (760 ÷ 780)⁰C, không phụ thuộc vào thành phần cacbon. Lý do chọn nhiệt độ tôi như vậy được giải thích như sau:

Với thép trước cùng tích không thể tôi không hoàn toàn (tức nung cao hơn AC_1 nhưng thấp hơn AC_3) vì ở trạng thái nung nóng thép có tổ chức ferit + auxtenit và khi làm nguội nhanh, ngoài mactenxit vẫn còn ferit, ferit là pha mềm nên độ cứng của thép tôi không đạt giá trị cao nhất, tạo ra điểm mềm không có lợi cho độ bền và tính chống mài mòn. Khi tôi hoàn toàn ($t^0 > A_3$), tất cả ferit hòa tan vào auxtenit, do vậy sau khi tôi tổ chức của thép chỉ có mactenxit, độ cứng sẽ đạt được giá trị cao nhất;

Với thép sau cùng tích không thể tiến hành tôi hoàn toàn (tức nung thép cao hơn AC_m), bởi vì thép này có thành phần cacbon cao ($C > 0,8\%$), khi nung quá AC_m tất cả Xêmentit_{II} hòa tan vào auxtenit làm cho pha này có lượng cacbon cao (bằng lượng cacbon của thép), khi làm nguội nhanh được mactenxit với hàm lượng cacbon cao, thể tích riêng lớn và do đó còn lại nhiều auxtenit dư. Như vậy mactenxit trong cách tôi này có độ cứng cao nhất, nhưng độ cứng chung của thép tôi gồm (mactenxit + auxtenit dư). Lại có độ cứng thấp hơn khá nhiều. Cách tôi như vậy không đạt yêu cầu về độ cứng. Mặt khác nung thép quá AC_m , tức phải nung thép ở nhiệt độ cao (đường SE dốc hơn GS) sẽ làm hạt auxtenit lớn (gây thép dòn), oxy hoá và thoát cacbon ở bề mặt. Khi tôi không hoàn toàn, thép này có tổ chức auxtenit với hàm lượng cacbon khoảng 0,85% và Xêmentit_{II}, khi làm nguội được (mactenxit + Xêmentit_{II} + auxtenit dư), có độ cứng chung cao nhất khoảng (62 ÷ 65) HRC. Ở đây tổ chức Xêmentit_{II} có độ cứng cao hơn mactenxit chút ít, hơn nữa Xêmentit_{II} chưa hòa tan hết vào auxtenit, nên tồn tại ở dạng hạt nhỏ phân bố đều lại làm tăng tính chống mài mòn;

Nhiệt độ tôi ảnh hưởng rất nhạy đến chất lượng của thép tôi. Ví dụ nhiệt độ tôi thấp sẽ làm thép không đạt độ cứng (như thép trước cùng tích tôi dưới nhiệt độ AC_3), nhiệt độ tôi quá cao làm hạt lớn thép sẽ giòn thoát cacbon ở bề mặt. Vì vậy phải kiểm tra chặt chẽ nhiệt độ nung nóng khi tôi;

Đối với thép hợp kim thấp (tổng lượng các nguyên tố hợp kim khoảng từ (1% ÷ 2%)) có tổ chức tế vi về cơ bản phù hợp với giản đồ trạng thái Fe-C, nên cách xác định nhiệt độ tôi như thép cacbon tương đương;

Đối với thép hợp kim trung bình và cao (tổng lượng các nguyên tố hợp kim $> 5\%$) có tổ chức tế vi không phù hợp với giản đồ trạng thái Fe – C, các điểm tới hạn, các đường trên giản đồ thay đổi khá nhiều do tác dụng của nguyên tố hợp kim, nên nhiệt độ tôi không thể lấy như thép cacbon. Nhiệt độ tôi của các loại thép đó phải tra ở sổ tay nhiệt luyện.

4.4. Tốc độ tôi tới hạn (tốc độ nguội tới hạn) V_{th} và độ thấm tôi

4.4.1. Tốc độ tôi tới hạn

- V_{th} là tốc độ nguội nhỏ nhất cần thiết để austenit chuyển biến thành mactenxit

- V_{th} của thép càng nhỏ càng dễ tôi cứng.

- V_{th} của thép hợp kim nhỏ hơn V_{th} của thép cacbon, lượng cacbon trong thép càng tăng V_{th} giảm.

Muốn việc tôi thép đạt kết quả tốt thì phải chọn môi trường làm nguội có tốc độ nguội thoả mãn điều kiện $V_{nguội} > V_{th}$.

4.4.2. Độ thấm tôi

Độ thấm tôi là chiều sâu lớp kim loại được tôi cứng. Nếu độ thấm tôi đạt tới tâm, lõi chi tiết thì được gọi là tôi thấu. Độ thấm tôi phụ thuộc vào:

+ Tốc độ tôi tới hạn: V_{th} càng nhỏ thì độ thấm tôi càng lớn;
+ Tốc độ làm nguội: Tốc độ nguội càng cao thì độ thấm tôi càng lớn. Tuy nhiên không thể quá lạm dụng yếu tố này để tăng độ thấm tôi. Bởi vì làm nguội quá nhanh, dẫn tới tăng mạnh ứng suất bên trong gây ra nứt, cong vênh;

+ Thành phần hoá học: các nguyên tố hợp kim (trừ coban) đều có thể nâng cao tính thấm tôi của thép. Vì vậy thép hợp kim có độ thấm tôi lớn hơn thép cacbon.

4.5. Môi trường tôi

4.5.1. Yêu cầu của môi trường nguội:

- Phải làm nguội nhanh thép ở $t^0 > 300^0C$, đặc biệt ở $t^0 (500 \div 600)^0C$;

- Phải làm nguội chậm thép ở nhiệt độ $< 300^0C$

4.5.2. Các môi trường làm nguội thường dùng

- Nước là môi trường làm nguội rẻ tiền, làm nguội nhanh, không độc hại. Làm nguội nhanh thép ở $t^0 > 300^0C$, nhưng vẫn làm nguội nhanh ở $t^0 < 300^0C$, nên dễ gây ứng suất tạo biến dạng. Áp dụng để tôi cho thép $C < 0,65\%$.

- Dung dịch nước: nếu pha thêm vào nước khoảng 15% NaCl sẽ có tác dụng làm nguội nhanh thép ở nhiệt độ $= (500 \div 600)^0C$.

- Dầu công nghiệp: làm nguội chậm thép ở nhiệt độ $> 300^{\circ}\text{C}$, nhưng vẫn làm nguội chậm thép ở nhiệt độ $< 300^{\circ}\text{C}$, nên đạt độ cứng không cao. Áp dụng để tôi thép hợp kim, thép C $> 0,6\%$.

4.6. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng

Tôi thể tích là phương pháp mà toàn bộ thể tích mà vật cần tôi cứng (có tổ chức M). Tùy theo cách làm nguội mà có các phương pháp tôi thể tích sau.

- Tôi một môi trường
- Tôi hai môi trường
- Tôi phân cấp
- Tôi đẳng nhiệt
- Tôi tự ram

4.6.1. Tôi trong một môi trường (đường a, hình 3.11)

Sau khi nung thép đạt đến nhiệt độ tôi, nhúng chi tiết trong một môi trường là nước.

Ưu điểm: thao tác đơn giản, dễ cơ khí hoá, không cần thợ bậc cao;

Nhược điểm: dễ gây ứng suất sinh ra biến dạng;

4.6.2. Tôi trong hai môi trường. (đường b hình 3.11)

Sau khi nung nóng và giữ nhiệt, nhúng chi tiết vào môi trường nguội nhanh (nước). Khi nhiệt độ chi tiết còn khoảng 300°C , nhấc ra và nhúng vào môi trường nguội chậm (dầu), để nguội đến nhiệt độ thường.

Ưu điểm: Làm nguội nhanh thép ở nhiệt độ $> 300^{\circ}\text{C}$, làm nguội chậm thép ở nhiệt độ $< 300^{\circ}\text{C}$. Chuyển biến mactenxit xảy ra ở môi trường nguội chậm, do đó giảm bớt ứng suất bên trong, ít nứt. Đây là cách tôi thích hợp cho thép cacbon (đặc biệt là thép cacbon cao), Vì vừa đảm bảo đạt độ cứng cao, vừa ít xảy ra biến dạng, nứt.;

Nhược điểm: khó xác định thời điểm chuyển từ nước qua dầu. Nếu chuyển quá sớm, thép sẽ bị nguội trong môi trường dầu là chủ yếu để không đạt độ cứng. Nếu chuyển quá muộn, chuyển biến mactenxit xảy ra ở môi trường nước, ứng suất bên trong lớn, gây biến dạng và nứt. Kinh nghiệm cho hay, thời gian làm nguội trong môi trường nước lấy theo mức $(2 \div 3)\text{s}$ cho 10mm đường kính, hoặc chiều dày. Ví dụ dụng cụ có đường kính 15mm được làm nguội trong nước khoảng $(3 \div 4)\text{s}$, sau đó nhấc ra cho sang dầu;

Tôi trong hai môi trường đòi hỏi công nhân có tay nghề cao (xác định thời điểm chuyển môi trường). Khó cơ khí hoá, thường áp dụng cho sản xuất từng loạt nhỏ hay đơn chiếc.

4.6.3. Tôi phân cấp (đường c hình 3.11)

Sau khi nung thép đạt đến nhiệt độ tôi, giữ nhiệt, nhúng chi tiết vào môi trường muối nóng chảy có $t^0 = 300^0\text{C}$ trong thời gian ngắn để nhiệt độ trong lõi và bề mặt chi tiết bằng nhiệt độ môi trường muối, nhấc ra làm nguội ngoài không khí, chuyển biến mactenxit xảy ra ở môi không khí.

Các ưu điểm của tôi phân cấp:

- Phương pháp này khắc phục thiếu sót về xác định nhiệt độ chuyển môi trường của tôi trong hai môi trường. Ở đây môi trường làm nguội là môi trường muối nóng chảy;

- Ứng suất bên trong rất thấp do quá trình làm nguội được ngắt ra hai cấp, chênh lệch nhiệt độ giữa lõi và bề mặt thấp, chuyển biến mactenxit xảy ra với tốc độ nguội rất chậm;

- Có thể tiến hành nắn (sửa cong vênh) trong các đồ gá đặc biệt khi làm nguội thép ở trong không khí từ nhiệt độ (phân cấp), lúc đó chi tiết còn dẻo vì chưa hay mới bắt đầu chuyển biến mactenxit.

Các nhược điểm của tôi phân cấp:

- Không áp dụng được cho các chi tiết có tiết diện lớn, bởi vì môi trường làm nguội có nhiệt độ cao ($300 \div 500^0\text{C}$), khả năng làm nguội chậm, nên với tiết diện lớn khó đạt đến v_{th} ;

Phạm vi áp dụng của tôi phân cấp là các dụng cụ bằng thép hợp kim với tính ổn định của austenit quá nguội lớn ($v_{t,h}$ nhỏ), có tiết diện bé (đường kính hay chiều dày trong khoảng $10 \div 30$ mm).

Thành phần các muối để tôi phân cấp trình bày ở bảng 3.1.

Bảng 3.1- Các muối để tôi phân cấp và tôi đẳng nhiệt.

Thành phần muối	Nhiệt độ chảy hoàn toàn ^0C	Nhiệt độ sử dụng ^0C
NaNO_3	310	$400 \div 550$
50% NaNO_3 + 50% KNO_3	220	$300 \div 400$
50% NaNO_3 + 50% KNO_2	150	$160 \div 300$
20% NaOH + 80% KOH	140	$160 \div 300$

4.6.4. Tôi đẳng nhiệt (đường d hình 3.11)

Nung thép đạt đến nhiệt độ tôi, giữ nhiệt, làm nguội trong muối nóng chảy với thời gian đủ lâu để austenit phân hoá ra hỗn hợp ferit + Xêmentit có độ cứng tương đối cao (nhưng vẫn thấp hơn khi tôi ra mactenxit) và độ dai tốt. Thường giữ đẳng nhiệt ở $(250 \div 400)^0\text{C}$ để đạt bainit, đôi khi ở nhiệt độ

cao hơn $(500 \div 600)^{\circ}\text{C}$ để đạt được troxit, sau đó làm nguội tiếp ngoài không khí. Sau khi tôi đẳng nhiệt không cần ram.

Tôi đẳng nhiệt chỉ áp dụng cho thép hợp kim, có tính ổn định của auxtenit quá nguội lớn và với tiết diện nhỏ.

4.6.5. Tôi tự ram.

Tôi tự ram là phương pháp tôi chỉ cần nung một lần chi tiết có thể thực hiện được hai công nghệ nhiệt luyện tôi và ram.

Cách tiến hành: Nung toàn bộ chi tiết đến nhiệt độ tôi, giữ nhiệt một thời gian cần thiết rồi nhúng phần cần tôi vào môi trường tôi trong thời gian nhất định đủ để chuyển biến thành mactenxit. Khi nhiệt độ ở phần không tôi còn khoảng $(300 \div 400)^{\circ}\text{C}$ thì nhấc chi tiết ra ngoài không khí để nhiệt phần không tôi truyền xuống nung nóng phần đã tôi, do đó chi tiết được ram ngay. Việc xác định nhiệt độ ram để đạt độ cứng theo yêu cầu thường dùng cách nhìn màu gọi là ram màu. Ở các nhiệt độ trên 200°C , trên bề mặt của thép có lớp màng ôxit với chiều dày khác nhau, do vậy có màu sắc khác nhau. Nếu biết được mối quan hệ giữa màu sắc và nhiệt độ có thể hoàn toàn khống chế được nhiệt độ ram qua màu sắc biến đổi trên bề mặt của thép đã được đánh sạch (hiện tượng này gọi là chạy màu chi tiết (bảng 3.2 trình bày mối quan hệ đó).

Bảng 3.2: Quan hệ giữa nhiệt độ ram và màu sắc ôxit

Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$	Màu ram	Chiều dày lớp ô xit (μm)	Độ cứng đạt được(HRC)
220	vàng rơm	0,045	58 ÷ 55
230	vàng rơm		
240	Vàng đậm		
255	Nâu	0,05	54 ÷ 45
265	Đỏ nâu		
275	Đỏ thẫm	0,065	44 ÷ 35

285	Tím		
300	Xanh biển	0,75	34 ÷ 25
315	Xanh nhạt		

Tôi tự ram áp dụng cho các dụng cụ cầm tay: Đục , búa...ví dụ, khi tôi đục người ta nung nóng đục đến nhiệt độ tôi, sau đó làm nguội phần lưỡi đục trong nước khoảng vài giây rồi nhấc ra, lúc đó phần còn lại sẽ nung nóng lưỡi đến khi có màu vàng (ứng với ram ở $220 \div 240^{\circ}\text{C}$) và hạ độ cứng xuống còn (56 ÷ 58) HRC thì lại nhúng toàn bộ vào nước. Nếu nhúng không kịp thời, để nhiệt độ của lưỡi đục tăng lên, ví dụ xuất hiện tới màu tím hoặc màu xanh, tức là ứng với nhiệt độ ram trên dưới 300°C , thì độ cứng giảm đi nhiều. Việc làm nguội lần cuối chỉ có tác dụng không cho nhiệt độ ram tăng quá nhiệt độ quy định.

Ưu điểm của tôi tự ram là giảm được nứt do tôi vì được ram kịp thời, không tốn lò, nhiệt năng và rút ngắn được quá trình chế tạo, không mất thời gian ram tiếp theo. Quá trình tự ram không những áp dụng cho sản xuất đơn chiếc mà cả trong sản xuất hàng loạt, đặc biệt trong tôi bề mặt bằng dòng điện cảm ứng có tần số cao.

5. Ram thép

Mục tiêu

- Trình bày được định nghĩa, mục đích của ram thép;
- Trình bày được kỹ thuật thực hiện khi ram thép;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

5.1. Định nghĩa.và Mục đích

5.1.1. Định nghĩa.

Ram là phương pháp nhiệt luyện nung nóng thép đã tôi thành tổ chức mactenxit, lên đến nhiệt độ thấp hơn AC_1 để mactenxit và auxtenit dư phân hoá thành các tổ chức thích hợp, phù hợp với điều kiện làm việc quy định.

5.1.2. Mục đích .

- Làm giảm hoặc làm mất ứng suất bên trong các sản phẩm cơ khí sau khi tôi;

- Biến tổ chức mactenxit + auxtenit dư thành các tổ chức khác có độ dẻo và độ dai cao hơn, nhưng có độ cứng và độ bền phù hợp với điều kiện làm việc của chi tiết, dụng cụ. Như vậy có thể coi ram là nguyên công nhiệt luyện cuối cùng điều chỉnh tổ chức và cơ tính của thép tôi, tạo cho thép cơ

tính phù hợp để làm việc. Ram thuộc nhóm nhiệt luyện kết thúc. Ngoài ra trong một số trường hợp ram cao còn nhằm mục đích cải thiện tính gia công cắt (làm mềm và tạo độ nhẵn bóng cao), do vậy ở đây ram lại thuộc nhóm nhiệt luyện sơ bộ.

5.2. Các phương pháp ram.

Đối với các thép cacbon và thép hợp kim thấp, theo nhiệt độ ram và tổ chức tạo thành người ta phân chia thành các loại ram: ram thấp, ram trung bình, ram cao;

5.2.1. Ram thấp

Ram thấp là phương pháp nung thép đã tôi trong khoảng $(150 \div 250)^{\circ}\text{C}$, tổ chức nhận được là mactenxit ram. Khi ram thấp độ cứng hầu như không thay đổi, hay có giảm thì giảm ít khoảng $(1 \div 2)$ HRC. Ứng suất bên trong giảm đi chút ít. Các sản phẩm chịu ram thấp sau khi tôi là các chi tiết và dụng cụ cần độ cứng và tính chống mài mòn cao: dao cắt kim loại, khuôn dập nguội, dụng cụ đo, vòng bi, các chi tiết thấm cacbon, tôi bề mặt có yêu cầu về độ cứng $(56 \div 64)$ HRC

5.2.2. Ram trung bình

Ram trung bình là phương pháp nung nóng thép đã tôi trong khoảng $(300 \div 450)^{\circ}\text{C}$, tổ chức đạt được là troxit ram. Khi ram trung bình, độ cứng của thép tuy có giảm, nhưng vẫn còn khá cao khoảng $(40 \div 45)$ HRC, ứng suất bên trong giảm mạnh, giới hạn đàn hồi đạt giá trị cao nhất, độ dẻo, độ dai tăng lên. Các sản phẩm cần ram trung bình sau khi tôi thường là các chi tiết yêu cầu tính đàn hồi cao như lò xo, nhíp, dụng cụ cần độ dai cao như khuôn dập nóng, khuôn rèn.

5.2.3. Ram cao.

Ram cao là phương pháp nung nóng thép đã tôi trong khoảng $(500 \div 650)^{\circ}\text{C}$

tổ chức đạt được là xocbit ram. Khi ram cao, độ cứng của thép tôi giảm mạnh đạt $(20 \div 30)$ HRC khoảng $(200 \div 300)$ HB, ứng suất bên trong bị thủ tiêu, độ bền giảm đi còn độ dẻo, độ dai tăng lên mạnh.

Tôi và ram cao được gọi là hoá tốt, vì xét từng chỉ tiêu cơ tính (δ , Ψ , σ_b , $\sigma_{0,2}$, HB, a_k) tuy không đạt giá trị cao nhất nhưng đều khá cao, do vậy tổng hợp lại cho sự kết hợp tốt các chỉ tiêu cơ tính. Sau khi hoá tốt, tuy độ bền, độ cứng có giảm đi so với trạng thái tôi, nhưng tất cả các chỉ tiêu cơ tính đều có giá trị cao hơn ủ và thường hoá, điều này thấy rõ qua các số liệu ở bảng 3.3.

Bảng 3.3: Cơ tính của thép có 0,45% C (thép 45) ở các trạng thái nhiệt luyện khác nhau.

	Cơ tính
--	---------

Dạng nhiệt luyện	σ_b N/mm ²	$\sigma_{0,2}$ N/mm ²	δ %	Ψ %	a_k KJ/m ²
Ủ 840°C	530	280	32,5	50	900
Thường hoá 840°C	650	320	15	40	500
Tôi 840°C, nước, ram 200°C	1100	1720	8	12	300
Tôi 840°C, nước, ram 650°C	720	450	22	55	1400

Do tạo nên cơ tính tổng hợp rất tốt, nhiệt luyện hoá tốt được áp dụng rộng rãi trong nhiệt luyện cho các chi tiết máy cần có giới hạn bền cao

(600 ÷ 1000)N /mm², chịu va đập như các loại trục (trục khuỷu, trục truyền lực...), thanh truyền, xupap nạp của động cơ, bánh răng làm việc với tốc độ không cao ... Thép để nhiệt luyện hoá tốt có lượng cacbon trong khoảng (0,3 ÷ 0,5) %.

Cần chú ý, độ cứng đạt được sau khi nhiệt luyện hóa tốt tương đối thấp, không đủ để chống mài mòn, tuy điều này có lợi cho gia công cắt gọt, đặc biệt tạo bề mặt nhẵn bóng khi gia công tinh. Thiếu sót này của nhiệt luyện hoá tốt có thể khắc phục được bằng cách tôi bề mặt tiếp theo. Nhiều chi tiết máy cần độ bền cao, chịu va đập và chịu mài mòn bề mặt, được qua nhiệt luyện hoá tốt rồi tôi bề mặt tiếp theo.

6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện

Mục tiêu

- Trình bày được nguyên nhân và các biện pháp phòng ngừa, khắc phục các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

6.1. Biến dạng, nứt

6.1.1. Nguyên nhân

Biến dạng và nứt do ứng suất bên trong gây ra. Khuyết tật này có thể xảy ra khi nung nóng và làm nguội. Nung nóng nhanh và đặc biệt đối với thép dẫn nhiệt kém (thép hợp kim cao) gây ra ứng suất nhiệt lớn, xong dạng khuyết tật này thường xảy ra khi làm nguội. Làm nguội nhanh trong quá trình tôi, ứng suất nhiệt và ứng suất tổ chức đều lớn.

Nếu ứng suất bên trong vượt quá giới hạn bền, thép sẽ bị nứt, đó là dạng khuyết tật không thể sửa chữa được. Nếu ứng suất bên trong vượt quá giới hạn chảy.

6.1.2. Cách ngăn ngừa - khắc phục

Ngăn ngừa xảy ra biến dạng nứt bằng cách giảm ứng suất bên trong.

Ngăn ngừa biến dạng, nứt trong quá trình nung bằng các biện pháp sau:

- Xác định tốc độ nung nóng nhanh hợp lý để tránh nứt. Đối với các thép hợp kim cao có tính dẫn nhiệt kém, khi nung nóng không đưa đột ngột vào lò có nhiệt độ tối cao ngay, mà trước đó cần được nung trước ở các lò có nhiệt độ thấp hơn;

- Đối với các trục dài khi nung nóng trong lò không nên đặt nằm ngang trên sàn lò, mà nên treo thẳng đứng;

Ngăn ngừa biến dạng, nứt trong quá trình nguội khi tôi bằng các biện pháp sau:

- Tận dụng làm nguội chậm trong khoảng nhiệt độ chuyển biến mactenxit bằng cách chọn môi trường và phương pháp tôi thích hợp;

- Chọn phương pháp thích hợp khi nhúng chi tiết, dụng cụ vào môi trường tôi. Khi nhúng chi tiết đã nung nóng vào môi trường tôi phải tuân theo các quy tắc sau đây:

+ Chi tiết gồm nhiều bộ phận dày, mỏng khác nhau phải để phần dày xuống dưới để nhúng vào môi trường tôi trước;

+ Các chi tiết dài, nhỏ (mũi khoan, ta rô, trục...) và lò xo phải nhúng thật thẳng đứng, nếu nghiêng sẽ bị cong;

+ Các chi tiết phẳng và mỏng (đĩa, lưỡi phay tròn) phải nhúng theo mặt phẳng đứng, không được nhúng nằm ngang;

+ Chi tiết hình ống, khi nhúng phải đảm bảo vuông góc với mặt chất lỏng;

+ Chi tiết có mặt lõm, không được hướng mặt này xuống chất lỏng, vì lớp màng hơi hình thành ở đó không thoát ra được, làm giảm độ cứng.

- Để đảm bảo ứng suất nhiệt do làm nguội khi tôi, thường áp dụng biện pháp tôi hạ nhiệt. Cách tôi đó như sau: Trước khi làm nguội trong môi trường tôi, người ta để chi tiết hay dụng cụ tự nguội trong không khí khoảng $(50 \div 70)^{\circ}\text{C}$, như vậy độ chênh nhiệt độ giữa nhiệt độ của chi tiết tôi và môi trường tôi sẽ giảm đi, ứng suất nhiệt sẽ giảm bớt. Cách tôi như vậy thường áp dụng cho các thép tôi ở nhiệt độ tôi cao $> 900^{\circ}\text{C}$, như khi thấm cacbon, các thép dụng cụ hợp kim.

- Đối với các chi tiết dễ cong vênh như các tấm mỏng, bánh răng lớn (nhưng chiều dày mỏng), biện pháp chống biến dạng là làm nguội khi tôi trong khuôn ép.

Có thể ngăn ngừa biến dạng, nứt bằng biện pháp thiết kế, tức là cố gắng tạo cho chi tiết có thành dày đều đặn, cân đối không có góc nhọn và những phần thay đổi tiết diện đột ngột. Những chi tiết quá to có thể dùng thép hợp kim tôi dầu và phân chia thành nhiều mảnh nhỏ, làm như vậy cũng có thể giảm được ứng suất nhiệt.

Khi chi tiết tôi đã bị nứt thì không dùng được nữa và không có cách khắc phục được. Khi tôi chi tiết bị biến dạng cong vênh thì có thể khắc phục lại được bằng cách nắn ép tiếp theo trước hoặc trong khi ram. Ở đây áp dụng cách tôi phân cấp rất tiện cho cách nắn ép đó.

6.2. Ôxy hóa và thoát cacbon

Ôxy hóa là hiện tượng tạo nên các lớp vẩy ôxit ở trên bề mặt thép, lớp ôxit sắt không bền, dễ bị bong ra, làm sai kích thước và làm xấu bề mặt sản phẩm.

Thoát cacbon là hiện tượng hàm lượng cacbon trên bề mặt thép bị giảm đi do bị cháy, vì vậy làm cơ tính lớp bề mặt bị giảm thấp.

6.2.1. Nguyên nhân

Do nung nóng ở nhiệt độ cao, sắt và cacbon kết hợp với những thành phần của môi trường nung gây ra hiện tượng ôxy hoá, thoát cacbon. Các khí gây ra khuyết tật này là O_2 , CO_2 và hơi nước, chúng luôn có trong không khí và do đó đi vào khí quyển của lò nung. Ôxy hoá, thoát cacbon thường xảy ra đồng thời.

Khuyết tật này thường xảy ra ở các nguyên công nhiệt luyện ủ, thường hoá, tôi.

6.2.2. Cách ngăn ngừa và khắc phục

Đối với các nguyên công nhiệt luyện sơ bộ, vì sau đó còn tiến hành gia công cơ nên chiều sâu lớp khuyết tật này nhỏ hơn lượng dư gia công thì không cần chú ý, lớp vẩy ôxit sẽ bị bóc đi, không còn để lại trên sản phẩm. Người ta thường chú ý ngăn ngừa và khắc phục khuyết tật này ở nguyên công tôi.

Biện pháp ngăn ngừa tốt nhất là tạo ra môi trường nung không gây ra các tác dụng ôxy hoá sắt và cacbon. Trong kỹ thuật thường dùng các môi trường nung sau đây:

- Khí quyển bảo vệ (hay còn gọi là khí quyển có thể khống chế). Đó là loại môi trường khí với tỷ lệ ôxy rất thấp và gồm các khí CO_2 , CO , H_2O , H_2 , CH_4 và N_2 chiếm tỷ lệ chủ yếu (50 ÷ 75)% và với các tỷ lệ nhất định giữa những thành phần của các khí ôxy hóa và hoàn nguyên, của các khí làm thoát cacbon và thấm cacbon;

Với tỷ lệ thích hợp các khí có tác dụng ngược nhau như vậy, thép sẽ không bị ôxy hoá, thoát cacbon hoặc thấm thêm cacbon vào bề mặt, bề mặt nung được sáng bóng. Cần chú ý là tỷ lệ khống chế các thành phần khí kể trên phụ thuộc vào thành phần cacbon của thép và nhiệt độ nung.

Khí quyển bảo vệ được điều chế trên cơ sở cháy không hoàn toàn khí thiên nhiên (loại khí có chứa tới 90% CH₄) Rồi pha thêm các thành phần cần thiết.

- Khí quyển trung tính: khí quyển chỉ bảo vệ áp dụng được cho thép cacbon và thép hợp kim thấp. Với thép crôm cao và hợp kim bền nóng, Crôm ái lực mạnh với oxy do vậy không sử dụng được khí quyển bảo vệ. Trong trường hợp này phải dùng các khí trung tính như H₂, N₂, NH₃. Hydrô không gây oxy hoá nhưng làm thoát cacbon, do vậy có thể dùng cho thép cần bảo vệ khỏi oxy hoá, không cần bảo vệ khỏi thoát cacbon như loại thép biến thể silic.

Ni tơ là loại khí trơ là khí bảo vệ lý tưởng, song một lượng nhỏ của oxy trong nó cũng đủ gây ra oxy hoá. Cũng có thể dùng NH₃ phân hoá. Khi cần bảo vệ đặc biệt có thể sử dụng khí argon (Ar).

Nung trong chân không. Nung trong các lò có độ chân không cao, khoảng từ 10⁻² ÷ 10⁻⁴ mm Hg có khả năng chống oxy hoá và thoát cacbon rất tốt. Các lò chân không rất đắt, nhưng với tiến bộ của khoa học kỹ thuật, chúng được dùng ngày một nhiều.

Trong điều kiện không có các biện pháp bảo vệ kể trên, phải dùng các biện pháp khác như: rải than lên sàn lò, cho chi tiết vào hộp có phủ than, khử oxy triệt để trong các lò muối ...

Khi thép bị thoát cacbon bề mặt, có thể khôi phục lại các lớp đó bằng thấm cacbon: xong biện pháp này không phải bao giờ cũng dùng được vì làm cong vênh chi tiết (do nung nóng, làm nguội nhiều lần) và khó đạt được đúng thành phần cacbon cũ.

6.3. Độ cứng không đạt

Độ cứng không đạt là dạng khuyết tật: độ cứng cao hoặc thấp hơn so với độ cứng mà thép có thể đạt được tương ứng với loại thép và phương pháp nhiệt luyện đã cho.

6.3.1. Độ cứng cao

Khi ủ và thường hoá xảy ra hiện tượng này làm khó khăn cho cắt gọt và biến dạng dẻo tiếp theo. Nguyên nhân có thể là do tốc độ làm nguội lớn. Khắc phục hiện tượng này bằng cách ủ và thường hoá lại.

6.3.2. Độ cứng thấp

Khi tôi xảy ra hiện tượng này làm cho thép không đủ cơ tính để làm việc. Nguyên nhân có thể là:

- Thiếu nhiệt: nung chưa đến nhiệt độ yêu cầu, thời gian giữ nhiệt chưa đủ,

- Làm nguội không đủ nhanh nên để xảy ra chuyển biến auxtenit thành hỗn hợp ferit + Xêmentit trước khi chuyển biến mactenxit.

- Thoát cacbon bề mặt.

Khi xảy ra hư hỏng loại này phải tìm cho được nguyên nhân, sau đó thường hoá và tôi lại (khi thoát cacbon thì trước đó phải đem thấm cacbon).

Trong điều kiện bảo quản thép không tốt, để lẫn các số hiệu thép với nhau thường gây ra hư hỏng loại này. Lúc đó việc khắc phục trở lên rất phức tạp.

6.4. Tính giòn cao

Tính giòn cao là hiện tượng sau khi tôi, thép bị giòn quá mức. Nguyên nhân là do nung thép ở nhiệt độ cao quá quy định (quá nhiệt) làm hạt auxtenit lớn. Do vậy khi tôi được tổ chức mactenxit hình kim lớn, tính giòn cao. Chữa dạng hỏng này bằng cách thường hoá và tôi lại ở nhiệt độ đúng.

7. Hóa nhiệt luyện

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm chung về hóa nhiệt luyện;
- Mô tả được quá trình thực hiện của các phương pháp hóa nhiệt luyện: Thấm cacbon, thấm ni tơ, thấm xianua;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

7.1. Khái niệm chung.

7.1.1. Định nghĩa và mục đích.

Các phương pháp nhiệt luyện kể trên (tôi, ram, ủ ...) chỉ làm thay đổi tổ chức để biến đổi tính chất của thép, trong đó thành phần hoá học của thép không thay đổi. Còn hoá nhiệt luyện là phương pháp làm bão hoà, (khuếch tán) vào bề mặt của thép một hay nhiều nguyên tố để làm thay đổi thành phần hoá học, do đó làm thay đổi tổ chức và tính chất của lớp bề mặt theo mục đích nhất định.

Khi hóa nhiệt luyện nhằm đạt một trong hai mục đích sau đây:

- Tăng độ cứng, tính chống mài mòn và độ bền mỏi của chi tiết. Mục đích này của hóa nhiệt luyện giống tôi bề mặt, nhưng hiệu quả đạt được cao hơn. Các phương pháp thấm cacbon, bo, nitơ... nhằm đạt mục đích này;
- Nâng cao tính chống ăn mòn điện hoá học và hoá học (chống oxy hóa ở nhiệt độ cao), chịu axit ở lớp bề mặt chi tiết thép. Các phương pháp thấm Crôm, nhôm, silic... nhằm đạt mục đích này.

7.1.2. Ba giai đoạn của quá trình hoá nhiệt luyện.

Thông thường khi hoá nhiệt luyện người ta đặt chi tiết thép vào môi trường (rắn, lỏng hoặc khí) có khả năng phân hoá ra nguyên tử hoạt tính của nguyên tố định khuếch tán, rồi nung nóng đến nhiệt độ thích hợp. Các quá trình xảy ra trong ba giai đoạn nối tiếp nhau như sau.

Phân hoá

Phân hóa là quá trình phân tích phân tử tạo nên nguyên tử hoạt của nguyên tố khuếch tán. Ví dụ, khi thấm ni tơ có sự phân hoá của amôniac (NH_3) thành ni tơ nguyên tử hoạt: $2\text{NH}_3 \rightarrow 2[\text{N}] + 3\text{H}_2$

Hấp thụ

Sau giai đoạn phân hoá, các nguyên tử hoạt được hấp thụ vào bề mặt thép.

Kết quả của sự hấp thụ là tạo nên ở bề mặt thép lớp có nồng độ nguyên tố định khuếch tán cao, tạo nên độ chênh lệch về nồng độ giữa bề mặt và lõi.

Ví dụ: $[\text{N}] + \text{Fe} \rightarrow \text{FeN}$

Khuếch tán

Các nguyên tử hoạt hấp thụ vào bề mặt thép với nồng độ cao sẽ đi sâu vào bên trong bằng cơ chế khuếch tán, tạo lên lớp thấm với chiều sâu nhất định. Nhờ khuếch tán, lớp thấm được hình thành và nó là cơ sở của hóa nhiệt luyện.

7.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến khuếch tán

Nhiệt độ

Ở đây đặc biệt chú ý tới ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình khuếch tán của nguyên tử thấm. Chiều dày của lớp thấm phụ thuộc vào tốc độ khuếch tán. Như đã biết nhiệt độ càng cao, sự chuyển động nhiệt của các phân tử càng mạnh, tốc độ khuếch tán càng nhanh.

Thời gian

Ở nhiệt độ cố định, thời gian khuếch tán càng dài, chiều sâu lớp khuếch tán càng dày. Quan hệ giữa chúng tuân theo quy luật đường parabol hình 3.12

Như vậy thời gian càng kéo dài mức tăng chiều sâu lớp thấm càng chậm. Biện pháp có hiệu quả nhất để tăng chiều sâu lớp thấm là tăng nhiệt độ chứ không phải tăng thời gian.

7.2. Các phương pháp hoá nhiệt luyện.

7.2.1. Thấm cacbon.

a. Định nghĩa

Thấm cacbon là phương pháp bão hòa cacbon vào bề mặt thép cacbon thấp ($C < 0,25\%$) để tăng hàm lượng cacbon ở lớp bề mặt, còn trong lõi vẫn giữ hàm lượng cacbon ban đầu.

b. Mục đích.

Sau khi tôi và ram thấp sẽ làm bề mặt có độ cứng cao ($> 60\text{HRC}$), có tính chống mài mòn, còn lõi vẫn giữ được tính dẻo dai ban đầu.

c. Các phương pháp thấm cacbon

* Thấm cacbon ở thể rắn

- Chất thấm ở thể rắn gồm 80% than hoa, 15% Na_2CO_3 hoặc BaCO_3 , K_2CO_3 , 5% dầu nặng để tăng khả năng bám dính vào bề mặt chi tiết;

- Tiến hành: hỗn hợp trên được trộn đều và cho vào hộp thấm cùng với chi tiết rồi đóng bịt kín hộp (các chi tiết cách nhau và cách thành hộp một khoảng $(25 \div 30)\text{mm}$, đưa hộp vào trong lò nung. Nhiệt độ thấm $(900 \div 920)^\circ\text{C}$. Tốc độ thấm $(0,1 \div 0,15)\text{mm/h}$.

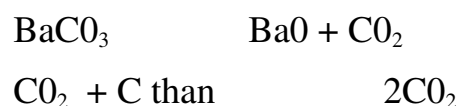
Ở nhiệt độ thấm, thép có tổ chức hoàn toàn là auxtenit và trong điều kiện rất thiếu ôxy, than gỗ bị cháy tạo nên ôxít cacbon:



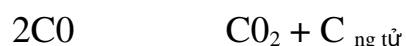
Khi gặp bề mặt thép và dưới tác dụng xúc tác của nó, khi CO bị phân hóa và tạo thành cacbon nguyên tử



Các muối cacbon nat ở đây đóng vai trò quan trọng vì nó phân hoá ở nhiệt độ cao thành khí CO_2 và khí này có lợi cho việc tạo thành cacbon nguyên tử theo dãy phản ứng sau:



Sau đó CO gặp bề mặt thép và bị phân hoá:



(như vậy muối cacbonat không bị mất đi, vì tiếp theo, sau khi nguội hẳn khí CO_2 lại kết hợp với BaO thành BaCO_3 . Sau khi thấm hỗn hợp thấm được dùng để thấm đợt khác khi pha mới 20%).

Cacbon nguyên tử ở bề mặt thép có hoạt tính cao, bị hấp thụ và khuếch tán vào lớp bề mặt đến chiều dày nhất định. Nguyên tử cacbon xen kẽ trong mạng tinh thể của austenit và làm thành phần của pha này tăng lên.

Trong thấm cacbon ở thể rắn không thể điều chỉnh được nồng độ cacbon thấm vào bề mặt thép theo yêu cầu, thường nồng độ cacbon đạt đến trên 1,2 %C, tức ứng với giới hạn hoà tan cacbon ở trong austenit ở 900°C.

Thời gian thấm cacbon ở thể rắn khá dài do tốn nhiều thời gian nung nóng. Kinh nghiệm cho thấy nếu thấm ở 900°C (trường hợp thường xảy ra), thời gian nung nóng được tính theo mức cứ 0,1mm chiều sâu lớp thấm cần 1 giờ (Với điều kiện chiều sâu lớp thấm trên dưới 1mm).

Thấm cacbon ở thể rắn không thuận tiện cho việc cơ khí hoá, tự động hoá, điều kiện đóng hộp bụi bẩn, năng suất thấp.

Do những nhược điểm trên, mặc dầu đơn giản, dễ thực hiện, thấm cacbon ở thể rắn không được ứng dụng trong sản xuất hàng loạt lớn. Ngày nay áp dụng thấm cacbon ở thể rắn trong điều kiện sản xuất nhỏ (đơn chiếc, loạt nhỏ) và khi không có điều kiện thấm ở thể khí.

*Thấm cacbon ở thể lỏng.

Trong cách thấm người ta nung chi tiết trong hỗn hợp muối nóng chảy gồm (75 ÷ 80)% Na_2CO_3 + (10 ÷ 15)% NaCl + (6 ÷ 10)% SiC ở nhiệt độ (840 ÷ 860) °C, trong đó SiC là thành phần chính để thấm cacbon (nó phân tích ra cacbon nguyên tử). Trong quá trình thấm lượng SiC giảm đi, do đó định kỳ phải bổ xung thêm SiC vào lò.

Ưu điểm của thấm cacbon ở thể lỏng là:

- Thời gian ngắn, ví dụ muốn thấm sâu lớp (1 ÷ 1,4) mm, cần (3 ÷ 4) giờ.
- Nung nóng và thấm đồng đều.

Nhược điểm của thấm cacbon ở thể lỏng là:

- Không điều chỉnh được lượng cacbon ở lớp bề mặt.
- Khó thao tác lò (do SiC sệt, khó chảy lỏng).
- Khó cơ khí hóa, tự động hóa, năng suất thấp
- Không thấm được cho chi tiết lớn do phải dùng lò muối điện cực có kích thước bé.

* Thấm cacbon ở thể khí.

Chất thấm ở thể khí là CO và CH_4 ngoài ra còn có một lượng nhất định CO_2 , N_2 , O_2 để điều chỉnh (pha loãng) nồng độ khí thấm nhằm khống chế lượng cacbon ở bề mặt.

Tiến hành: cho chi tiết vào lò kín rồi cho luồng khí là chất thấm có nhiệt độ cao cùng chất lỏng (dầu mỡ, benzene) dưới dạng sương bụi. Nhiệt độ thấm $(900 \div 930)^\circ\text{C}$. Tốc độ thấm gấp $(2 \div 4)$ lần thấm cacbon ở thể rắn.

Ưu điểm của thấm cacbon ở thể khí là:

- Thao tác đơn giản, thời gian rút ngắn;
- Khống chế nồng độ thấm chính xác;
- Có thể tôi ngay, ít có thao tác phụ;
- Điều kiện lao động tốt;

Nhược điểm của thấm cacbon ở thể khí là

- Dễ tạo muội than phủ lên chi tiết, ngăn cản quá trình thấm, phải khống chế chặt chẽ thành phần của khí trong lò thấm.
- Thiết bị thấm đắt tiền.

d. Nhiệt luyện sau khi thấm cacbon.

Lớp thấm cacbon ở bề mặt có thành phần cacbon giảm dần từ ngoài cùng với $(0,8 \div 1)\%$ vào trong tới lõi có thành phần cacbon ban đầu $0,2\%$. Do vậy sau khi làm nguội chậm, từ ngoài vào trong lần lượt có các tổ chức: peclit + Xêmentit_{II}, peclit, peclit + ferit và lõi có ferit + peclit ban đầu.

Người ta tính chiều sâu của lớp thấm cacbon là chiều dày từ ngoài cùng vào đến lớp có tổ chức 50% ferit ÷ 50% peclit (ứng với lớp có $0,4\%$ cacbon). Để đạt độ cứng và tính chống mài mòn cao, sau khi thấm phải tiến hành tôi và ram thấp. Tuy nhiên đối với từng trường hợp cụ thể áp dụng các phương án khác nhau.

- Tôi hai lần và ram thấp.

Tôi lần thứ nhất

Tôi nhiệt độ $(880 \div 900)^\circ\text{C}$ với hai mục đích:

+ Làm nhỏ hạt cho thép

+ Làm mất Xêmentit_{II} ở bề mặt, do làm nguội nhanh pha này chưa kịp tiết ra khỏi austenit.

Sau lần tôi này độ cứng bề mặt không đạt giá trị cao nhất đủ để chống mài mòn, do vậy phải tôi tiếp lần nữa

Tôi lần hai

Tôi ở nhiệt độ $(760 \div 780)^\circ\text{C}$ để lớp bề mặt có độ cứng lớn nhất. Lần tôi này không ảnh hưởng xấu đến kết quả đã đạt được ở tôi lần trước.

Ram thấp ở nhiệt độ $(160 \div 180)^\circ\text{C}$ với mục đích khử bỏ một phần ứng suất mà vẫn giữ được độ cứng cao ở bề mặt.

Phương án tôi hai lần và ram thấp cho cơ tính tốt (nhỏ hạt, độ dẻo của lõi cao, bề mặt cứng), nhưng vẫn có nhược điểm: nung nóng làm nguội nhiều lần để sinh ra ôxy hóa thoát cacbon và biến dạng, chu trình công nghệ dài, tốn kém hơn, do vậy chỉ áp dụng cho chi tiết quan trọng có yêu cầu cao về cơ tính và làm bằng thép cacbon.

- Tôi một lần và ram thấp.

Đối với các chi tiết không quan trọng làm bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim có thể áp dụng phương án tôi một lần và ram thấp. Sau khi thấm thép được làm nguội bình thường rồi đem nung nóng lại để tôi. Nhiệt độ tôi chọn giữa A_1 và A_3 của thép hoặc cao hơn A_3 một ít.

Đối với chi tiết không quan trọng và chịu tải trọng nhỏ, nhiệt độ tôi lấy trong khoảng $(820 \div 850)^\circ\text{C}$, với chi tiết cần độ cứng bề mặt cao tôi ở nhiệt độ $(760 \div 780)^\circ\text{C}$. Đối với chi tiết yêu cầu cơ tính của lõi cao, nhiệt độ tôi lấy trong khoảng $(860 \div 880)^\circ\text{C}$ sẽ có tác dụng làm nhỏ hạt phần nào.

Sau khi tôi cũng tiến hành ram thấp.

- Tôi trực tiếp và ram thấp.

Đối với các thép thấm cacbon (loại thép hợp kim Crôm- Măng gan-titan), dù giữ nhiệt lâu ở nhiệt độ cao, hạt vẫn giữ được kích thước hạt bé, do đó không cần nguyên công nhiệt luyện làm nhỏ hạt và có thể tôi trực tiếp ngay sau khi thấm cacbon mà không cần có quá trình nung nóng lại. Cách tôi như vậy rút ngắn rất nhiều chu trình nhiệt luyện và dễ cơ khí hoá, tự động hoá, cho năng suất cao. Có hai cách tôi trực tiếp:

+ Tôi trực tiếp ngay từ nhiệt độ thấm cacbon tức khoảng $(900 \div 950)^\circ\text{C}$. Cách này ít dùng vì vẫn cho độ biến dạng tương đối lớn.

+ Tôi trực tiếp với hạ nhiệt, tức là hạ nhiệt từ nhiệt độ thấm cacbon xuống nhiệt độ A_{r3} khoảng $(850 \div 860)^\circ\text{C}$ rồi mới làm nguội trong môi trường tôi. Cách tôi này đảm bảo chi tiết thấm cacbon có độ cong vênh thấp nhất; bánh răng là loại chi tiết có yêu cầu khắt khe về độ biến dạng cho phép, phải áp dụng phương án này. Sau khi tôi trực tiếp tiến hành ram thấp.

7.2.2. Thấm ni tơ.

a) Định nghĩa và mục đích.

Thấm nitơ là phương pháp nhiệt luyện làm bão hòa nitơ vào bề mặt của thép, nhằm mục đích chủ yếu là nâng cao độ cứng và tính chịu mài mòn. Thấm nitơ tạo nên ứng suất nén dư ở bề mặt, do đó làm tăng mạnh giới hạn mỏi. Ngoài ra thấm nitơ có bề mặt bóng mờ, chống ăn mòn tốt trong khí quyển, có thể dùng để trang sức.

b) Phương pháp thấm.

Thấm nitơ chỉ tiến hành ở thể khí.

- Chất thấm: NH_3

- Người ta tiến hành thấm nitơ bằng cách nung nóng chi tiết trong dòng khí amôniac (NH_3) ở nhiệt độ $(480 \div 650)^\circ\text{C}$ là nhiệt độ mà tại đó nó bị phân hoá mạnh nhất theo phản ứng:



Nitơ nguyên tử có hoạt tính cao bị hấp thụ và khuếch tán vào bề mặt thép. Thời gian thấm rất dài mà chiều dày lớp thấm lại nhỏ chỉ đạt $(0,2 \div 0,3)\text{mm}$, là do quá trình tiến hành ở nhiệt độ thấp, hệ số khuếch tán nhỏ. Tốc độ thấm nitơ chậm hơn thấm cacbon tới 10 lần. Ví dụ muốn được lớp thấm dày $(0,25 \div 3)\text{mm}$, cần 24h, khi thấm ở nhiệt độ $(500 \div 520)^\circ\text{C}$.

Nếu tiến hành thấm ở nhiệt độ cao hơn, sự phân hóa của amôniac quá mạnh, lượng nitơ nguyên tử hình thành quá nhiều cũng không tốt, lớp thấm kém cứng, mặc dầu tốc độ thấm có thể tăng lên.

Thép dùng để thấm nitơ là thép hợp kim đặc biệt với số hiệu 38XMA. Để đảm bảo cơ tính tổng hợp cao, thép phải nhiệt luyện để có tổ chức xoocbit ram (nhiệt luyện hoá tốt) bằng cách tôi ở nhiệt độ 930°C trong dầu, ram ở nhiệt độ $(625 \div 650)^\circ\text{C}$ sau đó đem thấm nitơ ở nhiệt độ thấp $(500 \div 520)^\circ\text{C}$ để đạt độ cứng cao ở bề mặt $(65 \div 75)\text{HRC}$

Khi thấm nitơ, để đạt độ cứng và tính chống mài mòn cao, người ta không dùng thép cacbon thông thường, vì các nitơrit sắt có khuynh hướng kết tụ ở nhiệt độ cao, do vậy có kích thước lớn, lớp thấm không có độ cứng và tính chống mài mòn thật cao và trở lên giòn, dễ tróc. Để thấm nitơ, thường dùng thép hợp kim đặc biệt với các nguyên tố Cr, Mo, Al... chúng có ái lực với nitơ mạnh hơn sắt và các nitơrit này không những có độ cứng cao như nitơrit sắt mà còn có tính phân tán lớn (nhỏ mịn) ổn định nhiệt cao, do đó lớp thấm có độ cứng và tính chống mài mòn cao, chắc không tróc.

Không thể tôi và ram sau khi thấm, vì lớp thấm mỏng, nung nóng ở nhiệt độ cao dễ gây hư hỏng. Do nhiệt độ thấm nitơ thấp hơn nhiệt độ ram nên quá trình thấm không làm giảm cơ tính cao của lõi (thép) đạt được khi tôi và ram cao trước đó.

- Công dụng của thấm nitơ.

Thấm nitơ có nhược điểm: thời gian thấm quá dài, năng suất thấp, lớp thấm mỏng, do vậy không chịu được tải trọng lớn, phải dùng thép quý làm giá thành chi tiết thấm nitơ cao. Vì vậy thấm nitơ chỉ áp dụng cho các chi tiết nhỏ, cần độ cứng và tính chống mài mòn ở bề mặt cao (một số loại dao cắt, dụng cụ đo, bánh răng, sơ mi trong máy bay) có đặc tính chịu áp lực nhỏ và làm việc ở nhiệt độ cao hơn 200°C .

7.3.3. Thấm Xianua.

a) Định nghĩa và mục đích.

Thấm nitơ là phương pháp làm bão hòa, khuếch tán vào đồng thời nitơ và cacbon vào bề mặt của thép để nâng cao độ cứng và tính chống mài mòn.

Độ cứng và tính chống mài mòn của lớp thấm cacbon- nitơ cao hơn so với thấm cacbon nhưng thấp hơn so với thấm nitơ.

Tùy thuộc và tỷ lệ cacbon và nitơ mà thấm có thể gần cacbon hơn hoặc nitơ hơn. Nếu quá trình xảy ra ở nhiệt độ cao (trên dưới 850°C), cacbon khuếch tán mạnh và quá trình gần với thấm cacbon hơn, nếu quá trình xảy ra ở nhiệt độ thấp (trên dưới 560°C), nitơ sẽ khuếch tán mạnh và quá trình gần với thấm nitơ.

b) Phương pháp thấm xianua.

* Dựa vào nhiệt độ thấm

- Thấm xianua ở nhiệt độ cao: $T^{\circ} = (820 \div 870)^{\circ}\text{C}$

- Thấm xianua ở nhiệt độ cao: $T^{\circ} = (500 \div 650)^{\circ}\text{C}$. Dùng phổ biến cho thép hợp kim dụng cụ. Trước khi thấm dụng cụ phải được tôi, ram, mài chính xác. Sau khi thấm cần đánh bóng bề mặt.

* Dựa vào chất thấm: tương tự như thấm cacbon.

- Thấm xianua ở thể rắn: chất thấm gồm $(20 \div 40)\%$ $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, 10% Na_2CO_3 , còn lại là than gỗ.

- Thấm xianua ở thể lỏng: tiến hành trong bể muối mà thành phần gồm các muối NaCN , KCN , $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, Na_2CO_3 , NaCl , BaCO_3 , KCl .

Chú ý: Muối Xianua rất độc, cần phải chú ý an toàn lao động.

- Thấm xianua ở thể khí: Chất thấm gồm các chất khí CH_4 , CO_2 , NH_3 . Đây là công nghệ hóa nhiệt luyện tiên tiến và năng suất cao, chất lượng tốt và ít độc hại.

Kiến thức để thực hiện công việc

1. Khái niệm về nhiệt luyện thép
3. Ủ và thường hoá thép.
4. Tôi thép
5. Ram thép
6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.
7. Hoá nhiệt luyện

Các bước thực hiện công việc

1. Nêu định nghĩa, mục đích của nhiệt luyện? Trình bày ảnh hưởng của các nhân tố đến quá trình nhiệt luyện.
2. Nêu định nghĩa, mục đích của ủ thép? Trình bày các phương pháp ủ thép.
3. Nêu định nghĩa, mục đích của thường hoá. Hãy chọn nhiệt độ nung khi thường hoá cho thép $C = 0,5\%$ và thép $C = 1,2\%$.

4. Nêu định nghĩa, mục đích của tôi thép? Trình bày phương pháp tôi xuyên tâm trong một môi trường và hai môi trường. Chọn nhiệt độ nung và môi trường nguội khi tôi xuyên tâm cho thép C = 0,6%, C = 1%

6. Nêu định nghĩa, mục đích của ram thép? Trình bày các phương pháp ram thép.

7. Trình bày các dạng sai hỏng xảy ra khi nhiệt luyện – nguyên nhân và biện pháp khắc phục.

8. Sản phẩm cơ khí được chế tạo bằng thép IX9. hãy nhiệt luyện để đạt độ cứng làm việc (60 – 62) HRC.

9. Một bánh răng được chế tạo bằng thép C30. Hãy nhiệt luyện để đạt độ cứng bề mặt bánh răng (50 -55) HRC, Trong lõi đạt (25 – 30)HRC để vừa chịu mài mòn, vừa chịu xoắn tốt.

10. Nêu định nghĩa, mục đích của thấm cacbon, thấm ni tơ, thấm xianua? Trình bày kỹ thuật thực hiện khi thấm cacbon ở thể rắn.

Yêu cầu đánh giá kết quả học tập

1. Nêu định nghĩa, mục đích của nhiệt luyện? Trình bày ảnh hưởng của các nhân tố đến quá trình nhiệt luyện.

a. Định nghĩa

b. Mục đích

c. Ảnh hưởng của các nhân tố đến quá trình nhiệt luyện

- Nung nóng

- Giữ nhiệt

- Làm nguội

2. Nêu định nghĩa, mục đích của ủ thép? Trình bày các phương pháp ủ thép.

a. Định nghĩa

b. Mục đích

c. Các phương pháp ủ

- Ủ không có chuyển biến pha

- Ủ có chuyển biến pha

3. Nêu định nghĩa, mục đích của thường hoá. Hãy chọn nhiệt độ nung khi thường hoá cho thép C = 0,5% và thép C = 1,2%.

a. Định nghĩa

b. Mục đích

c. Chọn nhiệt độ nung khi thường hóa cho thép C = 0,5% và thép C = 1,2%.

*Thép C = 0,5%

- Theo công thức gần đúng
- Theo tam giác đồng dạng

*Thép C = 1,2%.

- Theo tam giác đồng dạng

4. *Nêu định nghĩa, mục đích của tôi thép? Trình bày phương pháp tôi xuyên tâm trong một môi trường và hai môi trường? Chọn nhiệt độ nung và môi trường nguội khi tôi xuyên tâm cho thép C = 0,6%, C = 1% .*

a. Định nghĩa

b. Mục đích

c. Phương pháp tôi xuyên tâm trong một môi trường và hai môi trường

- Tôi trong một môi trường
- Tôi trong hai môi trường

d. Chọn nhiệt độ nung và môi trường nguội khi tôi xuyên tâm cho thép C = 0,6%, C = 1%

- Tính nhiệt độ nung theo công thức gần đúng hoặc theo tam giác đồng dạng.
- Chọn môi trường tôi cho từng loại thép.

6. *Nêu định nghĩa, mục đích của ram thép? Trình bày các phương pháp ram thép.*

a. Định nghĩa

b. Mục đích

c. Các phương pháp ram

- Ram thấp
- Ram trung bình
- Ram cao

7. *Trình bày các dạng sai hỏng xảy ra khi nhiệt luyện – nguyên nhân và biện pháp khắc phục.*

a. Biến dạng – nứt

- Nguyên nhân
- Biện pháp khắc phục

b. Độ cứng không đạt

- Nguyên nhân
- Biện pháp khắc phục

c. Ôxy hóa – Thoát cacbon

- Nguyên nhân

- Biện pháp khắc phục

d. Tính giòn cao

- Nguyên nhân

- Biện pháp khắc phục

8. Sản phẩm cơ khí được chế tạo bằng thép III X9. Hãy nhiệt luyện để đạt độ cứng làm việc (60 – 62) HRC.

- Xác định mác thép và hàm lượng cacbon;

- Chọn phương pháp nhiệt luyện;

- Trình bày quá trình thực hiện phương pháp nhiệt luyện đó;

- Trình bày quá trình chuyển biến khi nung nóng và làm nguội.

9. Một bánh răng được chế tạo bằng thép C30. Hãy nhiệt luyện để đạt độ cứng bề mặt bánh răng (50 -55) HRC, Trong lõi đạt (25 – 30)HRC để vừa chịu mài mòn, vừa chịu xoắn tốt.

- Xác định mác thép và hàm lượng cacbon;

- Chọn phương pháp nhiệt luyện;

- Trình bày quá trình thực hiện phương pháp nhiệt luyện đó;

- Trình bày quá trình chuyển biến khi nung nóng và làm nguội.

10. Nêu định nghĩa, mục đích của thấm cacbon, thấm ni tơ, thấm xianua? Trình bày kỹ thuật thực hiện khi thấm cacbon ở thể rắn.

a. Thấm cacbon

- Định nghĩa

- Mục đích

b. Thấm ni tơ

- Định nghĩa

- Mục đích

c. Thấm xianua

- Định nghĩa

- Mục đích

d. Thấm cacbon ở thể rắn

Chương 4
VẬT LIỆU KIM LOẠI
Mã chương: MH12.4

Giới thiệu chương

Hiện nay kim loại sắt và hợp kim của sắt là (gang , thép) được dùng rộng rãi trong các ngành kinh tế và đang đóng vai trò quan trọng trong sự tiến hóa của xã hội loài người. Thép và gang là vật liệu chủ yếu của công nghiệp cơ khí và các phương tiện giao thông vận tải, một khối lượng thép khá lớn được sử dụng trong xây dựng. Sở dĩ thép và gang được sử dụng rộng rãi để chế tạo máy và công cụ là do chúng có nhiều cơ tính tốt đảm bảo được các yêu cầu đề ra. Để sử dụng thép và gang trong công nghiệp cơ khí một cách hợp lý nhất, những người làm công tác cơ khí cần phải có những kiến thức nhất định về thép và gang. Chương vật liệu kim loại sẽ giới thiệu đến độc giả về thành phần hóa học, tính chất , ký hiệu, công dụng của thép cacbon, thép hợp kim và gang.

Mục tiêu

- Trình bày khái niệm về gang - thép, cách phân loại gang – thép và các yếu tố ảnh hưởng đến tính chất của gang – thép;
- Phân biệt được gang thép qua các ký hiệu
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì cẩn thận, nghiêm túc chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập

Nội dung

1. Thép Cacbon
 - 1.1. Khái niệm về thép cacbon
 - 1.2. Phân loại thép cacbon
 - 1.2.1. Thép cacbon thường
 - 1.2.2. Thép cacbon kết cấu
 - 1.2.3. Thép cac bon dụng cụ
2. Thép hợp kim
 - 2.1. Khái niệm về thép hợp kim
 - 2.2. Phân loại thép hợp kim
 - 2.2.1. Thép hợp kim kết cấu
 - 2.2.2. Thép hợp kim dụng cụ
3. Gang
 - 3.1. Khái niệm chung

3.2. Phân loại gang

3.1.1. Gang trắng

3.1.2. Gang xám

3.1.3. Gang biến tính

3.1.4. Gang dẻo

3.1.5. Gang cầu

1. Thép cacbon

Mục tiêu

- Trình bày được các phương pháp phân loại thép cacbon;
- Trình bày được thành phần hóa học, tính chất, ký hiệu công dụng của thép các loại thép cacbon;
- Giải thích được các ký hiệu của thép cacbon;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

1.1. Khái niệm về thép cacbon

1.1.1. Thành phần hoá học và ảnh hưởng của các nguyên tố

a. Thành phần hóa học

Thép cacbon là hợp kim của Fe - C, Trong đó C < 2,14% ngoài ra còn có một số tạp chất khác như: Mn, Si, P, S.

b. Ảnh hưởng của các nguyên tố tới tính chất của thép

* Cacbon: C < 2,14%

Cacbon là nguyên tố quan trọng nhất ảnh hưởng lớn tới tổ chức và cơ, lý, hóa tính của thép.

- Tổ chức

Khi lượng cacbon của thép tăng lên thì lượng xêmentit cũng tăng lên dẫn đến tổ chức của thép thay đổi.

Ví dụ: Ở trạng thái ủ tổ chức của thép cacbon phụ thuộc vào thành phần cacbon như sau.

$$C < 0,8\% \rightarrow F + P$$

$$C = 0,8\% \rightarrow P$$

$$C > 0,8\% \rightarrow P + X_{\text{êII}}$$

- Cơ tính

Khi lượng cacbon thay đổi cơ tính của thép thay đổi rất nhiều. Quy luật

chung là, khi thành phần cacbon tăng lên độ bền, độ cứng cũng tăng lên, còn độ dẻo, độ dai giảm đi. Tuy nhiên độ bền chỉ tăng lên theo cacbon đến giới hạn

(0,8 – 1)% vượt quá giới hạn này độ bền của thép lại giảm đi.

Có thể giải thích quy luật đó như sau:

Khi tăng lượng cacbon, số lượng pha xêmentit cứng giòn cũng tăng lên, số lượng pha ferit mềm dẻo giảm đi, do vậy thép có độ cứng tăng lên, độ dẻo, độ dai giảm đi. Riêng ảnh hưởng của lượng pha xêmentit đến độ bền có nét hơi khác. Lúc đầu sự tăng về số lượng pha xêmentit với độ cứng cao có tác dụng cản trở sự trượt của ferit do đó làm tăng giới hạn bền của thép, nhưng khi xêmentit quá nhiều (khi $C > 0,8\%$) tạo nên xêmentit_{II} ở dạng lưới (liên tục) thì nó lại làm giảm độ bền, do lưới xêmentit_{II} dễ dàng cho sự tạo thành và phát triển vết nứt khi phá hủy.

Thép có thành phần cacbon khác nhau sẽ có cơ tính khác nhau và do đó được sử dụng vào các mục đích khác nhau:

+ Thép có $C \leq 0,25\%$ có tính dẻo dai cao, độ bền thấp, dùng làm kết cấu xây dựng, các chi tiết dập nguội, thấm cacbon;

+ Thép có $C = (0,3 \div 0,5\%)$ có độ bền, độ cứng, độ dai trung bình, thích hợp với các chi tiết máy chịu tải trọng tĩnh và va đập, như trục, bánh răng...;

+ Thép có $C = (0,55 \div 0,65\%)$ độ cứng, độ bền cao và giới hạn đàn hồi cao nhất, dùng làm các chi tiết yêu cầu độ đàn hồi cao như lò xo, nhíp;

+ Thép có $C \geq 0,7\%$ độ cứng và tính chống mài mòn cao, được dùng làm các loại dụng cụ cắt gọt, dụng cụ đo, khuôn dập.

- Lí, hóa tính:

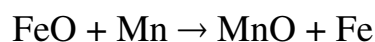
Khi tăng lượng cacbon thì điện trở và lực khử từ tăng, tính chống ăn mòn và độ từ thẩm của thép giảm đi.

*Mangan: $Mn < 0,8\%$

- Mangan hòa tan vào nền ferit làm tăng độ bền và làm giảm độ giãn dài của thép.

- Một phần của mangan kết hợp với cacbon tạo thành hợp chất Mn_3C có tính chất giống Fe_3C làm tăng độ cứng, tăng tính chống mài mòn.

- Mangan được đưa vào thép dưới dạng fero- mangan để khử ôxy, tức là để loại trừ FeO rất có hại.



(MnO nổi lên, đi vào xỉ được cào ra khỏi lò)

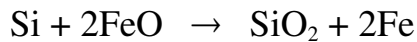
Ngoài ra mangan cũng loại trừ được tác hại của lưu huỳnh (FeS) đối với thép.



* Silic: $\text{Si} < 0,5\%$

- Silic hòa tan vào nền ferit làm tăng độ bền, độ cứng của pha này, do đó làm tăng độ bền, độ cứng và giảm độ giãn dài cho thép.

- Silic có tác dụng khử ôxy mạnh hơn so với mangan:



- Silic có khả năng làm tăng tính thấm từ.

* Photpho: $\text{P} < 0,05\%$

- Photpho làm cho thép giòn ngay ở nhiệt độ thường (giòn nguội).

Photpho hòa tan vào ferit làm xô lệch mạng tinh thể của pha này nên thép bị giòn.

- Phot pho tăng sẽ cải thiện được tính cắt gọt.

* Lưu huỳnh: $\text{S} < 0,05\%$

Lưu huỳnh làm cho thép giòn ở nhiệt độ cao (giòn nóng) dẫn đến các công nghệ rèn, cán, kéo, ép, hàn ... gặp nhiều khó khăn.

Trong thép chứa nhiều lưu huỳnh tạo thành FeS tạo thành ở nhiệt độ thấp, nóng chảy ở nhiệt độ (985°C). Khi rèn, cán thường phải nung thép tới nhiệt độ

(1200°C) sẽ chảy làm yếu sự liên kết giữa các hạt kim loại nên thép dễ bị đứt.

Ngoài ra trong thép còn có ôxy, nitơ, hiđrô và một số tạp chất khác làm giảm độ dẻo, tăng độ giòn.

1.2. Các phương pháp phân loại thép

1.2.1. Theo phương pháp luyện.

Dựa vào lò chế tạo thép

- Thép lò chuyển: Thép được luyện từ lò chuyển có chất lượng thường.

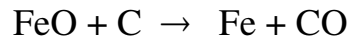
- Thép mactanh: Thép được luyện từ lò mactanh chất lượng tốt hơn thép lò chuyển.

- Thép lò điện: Thép được luyện từ lò điện (chủ yếu lò điện hồ quang) chất

lượng rất cao.

1.2.2. Theo mức độ khử ôxy

- Thép sôi là loại thép không được khử ôxy triệt để. chỉ được khử bằng fero- mangan là loại chất khử không mạnh. Do vẫn còn FeO trong thép lỏng nên FeO có thể tác dụng với cacbon (của thép lỏng) để thành khí CO:



Khí CO bay lên làm cho mặt thép lỏng chuyển động gây ấn tượng giống như sôi, do vậy có tên gọi là thép sôi. Do chỉ được khử ôxy bằng fero- mangan nên tính chất của thép dẻo và dai dùng để sản xuất thép cacbon thấp, cán thành các tấm lá mỏng để dập nguội.

- Thép lắng là loại thép được khử ôxy triệt để, tức là ngoài fero- mangan còn dùng các chất khử mạnh là fero- silic và bột nhôm, do vậy thép lỏng chứa rất ít FeO, mặt thép lỏng phẳng lặng nên gọi là thép lắng.

Do được khử ôxy một cách triệt để nên chất lượng của thép lắng cao hơn, là loại thép tốt dùng để làm phần lớn các chi tiết máy.

- Thép nửa lắng là thép có vị trí trung gian giữa thép sôi và thép lắng, chỉ được khử ôxy bằng fero - mangan và bột nhôm.

1.2.3. Theo tổ chức thép ở nhiệt độ thường

- Thép trước cùng tích: $C < 0,8\%$, tổ chức là F + P

- Thép cùng tích: $C = 0,8\%$, tổ chức là P

- Thép sau cùng tích: $C > 0,8\%$, tổ chức là P + Xê_{II}

1.2.4. Theo thành phần cacbon

- Thép cacbon thấp: $C < 0,3\%$

- Thép cacbon trung bình: $C = (0,3 \div 0,7)\%$

- Thép cacbon cao: $C > 0,7\%$

1.2.5. Theo chất lượng

Căn cứ vào lượng photpho và lưu huỳnh chia thép thành các loại:

- Thép chất lượng thường: $S = (0,05 \div 0,07)\%$; $P = (0,05 \div 0,09)\%$.

- Thép chất lượng tốt: $S = P = (0,04 \div 0,045)\%$.

- Thép chất lượng cao: $S = P \leq 0,03\%$.

- Thép chất lượng đặc biệt cao: $S < 0,015\%$; $P < 0,025\%$.

1.2.6. Theo công dụng

- Thép cacbon thông dụng: thường dùng nhiều để làm các kết cấu xây dựng (nhà xưởng, khung thép, cầu đường ...), đóng tàu.

- Thép cacbon kết cấu: chủ yếu dùng trong chế tạo chi tiết máy.

- Thép cacbon dụng cụ: chuyên dùng để chế tạo dụng cụ cắt gọt, dụng cụ đo, khuôn dập.

1.3. Các loại thép cacbon

1.3.1. Thép cacbon thường (thép xây dựng)

a. Thành phần

C < 0,5%, chứa nhiều photpho và lưu huỳnh:

$$S = (0,05 \div 0,07)\% ; P = (0,05 \div 0,09)\%.$$

b. Tính chất

Cứng, giòn, cơ tính kém. Không thể nhiệt luyện để nâng cao cơ tính.

c. Ký hiệu

* *Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 1765 – 75)*

CT kèm theo các số (31 ; 33 ; 34 ; 38 ; 42 ; 51 ; 61) chỉ giới hạn bền nhỏ nhất khi kéo tính theo (kG/mm²).

Thép này được chia thành 3 phân nhóm:

- Nhóm A: chất lượng qui định theo cơ tính

CT31; CT33 ; CT34 ; CT38 ; CT42 ; CT51 ; CT61.

- Nhóm B: Chất lượng qui định theo thành phần

BCT31; BCT33 ; BCT34 ; BCT38 ; BCT42 ; BCT51 ; BCT61.

- Nhóm C: Chất lượng qui định theo cơ tính và thành phần

CCT31; CCT33 ; CCT34 ; CCT38 ; CCT42 ; CCT51 ; CCT61.

Nếu sau ký hiệu có các chữ: s là chỉ loại thép sôi

n là chỉ loại thép nửa lắng.

không có chữ là thép lắng.

Ví dụ: CCT34s - thép cacbon thường

nhóm C, thuộc thép sôi, giới hạn bền kéo $\sigma_{BK} = 34 \text{ kG/mm}^2$

* *Tiêu chuẩn Nga (OCT 380 – 71)*

CT kèm theo các số (0 ; 1 ; 2 , 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7) chỉ cacbon trong thép.

Thép này được chia thành 3 phân nhóm:

- Phân nhóm thứ nhất: chất lượng qui định theo cơ tính

CT0 ; CT1 ; CT2 ; CT3 ; CT4 ; CT5 ; CT6 ; CT7.

- Phân nhóm thứ hai: Chất lượng qui định theo thành phần

BCT0 ; BCT1;; BCT7 (B: Lò Becsơme)

KCT0 ; KCT1;; KCT7 (K: Lò chuyển)

MCT0 ; MCT1;; MCT7 (M: Lò Mactanh).

- Phân nhóm thứ ba: Chất lượng qui định theo cơ tính và thành phần
BBCT0 ; BCT1 ; ; BBCT7
BKCT0 ; KCT1 ; ; BKCT7
BMCT0 ; MCT1 ; ; BMCT7.

Chú ý: Các số không chỉ cụ thể % cacbon chứa trong thép. Theo kinh nghiệm, lượng cacbon được tính theo công thức:

$$CT_n = 0,07 \times n \quad (n \text{ có giá trị từ } 1 \div 7)$$

$$CT_0 \rightarrow \%C \leq 0,23$$

Nếu sau ký hiệu có các chữ: KΠ là chỉ loại thép sôi

ΠC là chỉ loại thép nửa lắng.

không có chữ là thép lắng.

Ví dụ:

- CT3ΠC - thép cacbon thường, phân nhóm I, thuộc thép nửa lắng
C = 0,21%.

- BKCT7 - thép cacbon thường, phân nhóm III, thuộc thép lắng, luyện trong lò chuyển C = 0,49%.

* Tiêu chuẩn Nhật (hệ thống JIS)

S + chữ cái biểu thị loại thép + giới hạn bền tính theo (kG/mm²).

Các ký hiệu: SSxx; SMxx; SMAxx; SBxx ...

Trong đó:

SS là thép cán

SM là thép hàn

SMA là thép hàn, chống ăn mòn hóa học trong không khí

SB là thép nổi hơi

xx là số chỉ giới hạn bền.

Ví dụ: SS41 - thép cán có giới hạn bền kéo $\sigma_{BK} = 41 \text{ kG/mm}^2$

* Tiêu chuẩn Đức (hệ thống DIN)__

St: kèm theo 2 chữ số chỉ giới hạn bền kéo tính ra (kG/mm²).

Ví dụ: St38 - thép cacbon thường, giới hạn bền kéo $\sigma_{BK} = 38 \text{ kG/mm}^2$

d. Công dụng

- Nhóm A: Dùng nhiều trong ngành xây dựng không cần nhiệt luyện.

- Nhóm B: Dùng để chế tạo những chi tiết không quan trọng như vòng đệm; khớp nối; chốt; trục; ...; làm kết cấu hàn.

- Nhóm C: Chế tạo các loại thép định hình V ; L ; U ; I ; T ;.....

Dùng nhiều trong ngành đóng tàu, cầu đường, . . . , làm kết cấu hàn chịu lực.

1.3.2. Thép cacbon kết cấu

a. Thành phần

$C = (0,05 \div 0,85)\%$; $S = P = (0,04 \div 0,045)\%$.

b. Tính chất

- Cơ tính cao hơn thép cacbon thường :

+ Giới hạn bền kéo $\sigma_{BK} = (33 \div 115) \text{ kG/mm.}^2$

+ Độ giãn dài tương đối $= (33 \div 6)\%$

- Có thể nhiệt luyện nâng cao cơ tính

c. Ký hiệu (Bảng 4.1)

* Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 1766 – 75)

C kèm theo chữ số (5; 8; 10; 15;.....; 85) chỉ phần vạn cacbon (C).

Nếu sau ký hiệu có các chữ: s là chỉ loại thép sôi;

n là chỉ loại thép nửa lắng;

không có chữ là thép lắng;

Mn là thép có nâng cao hàm lượng Mangan

Ví dụ: C8s - thép cacbon kết cấu là loại thép sôi

$C = 8 \rightarrow 0,08\%$.

* Tiêu chuẩn Nga (OCT 1050 – 74)

Gồm 2 chữ số: 05; 08; 10; 15;.....; 85 chỉ phần vạn cacbon (C).

Nếu sau ký hiệu có các chữ: КΠ là chỉ loại thép sôi

ΠC là chỉ loại thép nửa lắng

không có chữ là thép lắng

thép nâng cao hàm lượng Mangan

Ví dụ: 45 - thép cacbon kết cấu là loại thép lắng

$C = 45 \rightarrow 0,45\%$

* Tiêu chuẩn Trung Quốc

Gồm 2 chữ số: 05; 08; 10; 15;.....; 85 chỉ phần vạn cacbon (C).

Nếu sau ký hiệu có chữ F là chỉ loại thép sôi.

Ví dụ: 05F - thép cacbon kết cấu là loại thép sôi

$$C = 05 \rightarrow 0,05\%$$

* *Tiêu chuẩn Nhật (hệ thống JIS)*

Ví dụ: S 30C - thép cacbon kết cấu

$$C = 30 \rightarrow 0,3\%$$

* *Tiêu chuẩn Đức (hệ thống DIN)*

C kèm theo số chỉ phần vạn cacbon (C).

Ví dụ: C 15 - thép cacbon kết cấu

$$C = 15 \rightarrow 0,15\%$$

* *Tiêu chuẩn Mỹ*

Mỹ có nhiều hệ thống ký hiệu khác nhau để quản lý tiêu chuẩn hóa vật liệu như: SAE ; AISI ; ASTM ; UNS ; ...

- Hệ thống SAE: Dùng 4 chữ số để ký hiệu thép như:

$$1008 ; 1010 ; 1015 ; 1020 ; \dots ; 1085.$$

Trong đó: số 10 chỉ thép cacbon kết cấu.

2 chữ số sau chỉ phần vạn cacbon (C).

Ví dụ: 1085 - thép cacbon kết cấu

$$C = 85 \rightarrow 0,85\%$$

- Hệ thống AISI giống ký hiệu SAE thêm C đằng trước các số:

$$C1008 ; C1010 ; C1015 ; C1020 ; \dots ; C1085.$$

* *Tiêu chuẩn Pháp*

XC kèm theo số chỉ phần vạn cacbon (C).

Ví dụ: XC10 - thép cacbon kết cấu

$$C = 10 \rightarrow 0,1\%$$

→ Ngoài ra còn ký hiệu một số nước tra bảng (Bảng 4.1) đối chiếu với ký hiệu của Nga để xác định thành phần cacbon trong thép.

Bảng 4.1 Bảng đối chiếu thép kết cấu thường dùng của các nước.

Nga	Việt nam	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Đức	Tiệp	Nhật	Anh	
OCT	TCVN 1766-75	Phươn g án mới	SA E	AISI	AFNO R	DIN	CSN	JIS	BS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

05K	C5s	05F	1006	C1006	-	-	12013	-	-
08	C5	08	1008	C1008	-	-	12010	S9C K	En2A/1
08K	C8s	08F	1006	C1006	-	-	11360	SPCH1	En2A/1
10	C10	10	1010	C1010	XC10	C10,CK 10	12010F	S10C	En2A/1
10K	C10s	10F	1010	C1010	-	-	-	SPH2	En2A
15	C15	15	1015	C1015	XC12	C15,CK 15	-	S15C	En2E
20	C20	20	1020	C1020	XC18	C20,C22	11416	S20C	En3A
20K	C20s	20F	1020	C1020	-	-	-	SPH3	En2C
25	C25	25	1025	C1025	-	C25	1203 0	S25C	En3
30	C30	30	1030	C1030	XC32	-	12031	S30C	En1
35	C35	35	1035	C1035	XC35	C35,CK 35	1204 0	S35C	En8A
40	C40	40	1040	C1040	XC42	-	1204 1	S40C	En6
45	C45	45	1045	C1045	XC45	C45,CK 45	1205 0	S45C	En8D
50	C50	50	1050	C1050	XC48	C50,CK 53	12051	S50C	En43 J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55	C55	55	1055	C1055	XC55	CF56	1206 0	S55C	En9K

60	C60	60	1060	C1060	-	C60,DK60	12061	-	En43D
65	C65	65	1064	C1064	XC65	CK67	12062	-	En42B
70	C70	70	1070	C1070	XC70	CK70	12072	-	En42E
75	C75	75	1074	C1074	-	C75	12081	-	En42C
80	C80	80	1078	C1078	XC80	-	-	-	En42T
85	C85	85	1085	C1085	-	-	12090	-	En42D
15	C15Mn	15Mn	1016	C1016	-	-	12120	-	En42D
20	C20Mn	20Mn	1022	C1022	-	-	-	-	En3C
25	C25Mn	25Mn	1026	C1026	-	-	-	-	En3B
30	C30Mn	30Mn	1033	C1033	-	-	-	-	En5
35	C35Mn	35Mn	1037	C1037	-	-	-	-	-
40	C40Mn	40Mn	1039	C1039	-	40Mn4	-	-	En8
45	C45Mn	45Mn	1046	C1046	-	-	-	-	En43B
50	C50Mn	50Mn	1050	C1050	-	-	-	-	En43
65	C65Mn	65Mn	1065	C1065	-	-	-	-	En49A

d. Công dụng

- Số hiệu C5 ; C8 có độ dẻo cao dùng chế tạo chi tiết dập nguội.
- Số hiệu C10 ; ; C25 dùng làm bu lông, đai ốc, vòng đệm, khớp nối, làm tấm thép hàn, các chi tiết chịu tải trọng nhỏ cần qua thấm cacbon.
- Số hiệu C30 ; ; C45 dùng làm các trục truyền chuyển động, bánh răng cần qua tôi và ram.
- Số hiệu C50 ; ; C85 dùng làm lò xo, nhíp thường.

1.3.3. Thép cacbon dụng cụ

a. Thành phần

$$C = (0,7 \div 1,3)\% ; \quad S = P \leq 0,03\%.$$

b. Tính chất

- Độ bền, độ cứng cao hơn thép kết cấu, chịu mài mòn, chịu va đập.
- Chịu nhiệt độ < 250°C.
- Dễ mài sắc, độ nhẵn bóng cao.
- Tính thấm tôi thấp < 10mm.

c. Kí hiệu (Bảng 4.2)

* Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN1822 – 76)

CD kèm theo số: 70; 80; 90; 100; 110; 120; 130 chỉ phần vạn cacbon (C).

Chú ý: Chữ A sau kí hiệu chỉ chất lượng đặc biệt (P < 0,025% ; S < 0,015%).

Ví dụ: CD80 - thép cacbon dụng cụ C = 80 → 0,8%.

Bảng 4.2 Bảng đối chiếu thép cacbon dụng cụ thường dùng của các nước.

Nga	Việt nam	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Đức	Tiệp	Nhật
OCT	TCVN 1766-75	Phương án mới	SAE	AFNOR	DIN	CSN	JIS
1	2	3	4	5	6	7	8
Y7 Y7A	CD70 CD70A	T7. T7A	-	XC65	C70W2 C70W1	-	SK7
Y8 Y8A	CD80 CD80A	T8 T8A	W1 - 0,8C	XC85	C85W2 C85W1	19752	SK6

Y9,Y9A	CD90	T9,T9A	W1 - 0,9C	XC95	C90W3	19193	SK5
Y10 Y10A	CD100 CD100A	T10, T10A	W1 - 1,0C	-	C100W2 C100W1	19192	SK4
Y11,Y11A	CD110	T11,T11A	-	XC110	C110W1	19191	SK3
Y12,Y12A	CD120	T12,T12A	W1 - 1,2C	XC120	C115W2	19221	SK2
Y13,Y13A	CD130	T13,T13A	-	XC150	C130W2	19252	SK1

* *Tiêu chuẩn Nga (OCT 1435 – 74)*

Y kèm theo số 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13 chỉ phần nghìn cacbon (C).

Chữ A sau kí hiệu chỉ chất lượng đặc biệt.

Ví dụ: Y7A - thép cacbon dụng cụ

$$C = 7 = 0,7\%$$

* *Tiêu chuẩn Trung Quốc*

T kèm theo số 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13 chỉ phần nghìn cacbon (C).

Chữ A sau kí hiệu chỉ chất lượng đặc biệt.

Ví dụ: T10 - thép cacbon dụng cụ

$$C = 10 = 1\%$$

* *Tiêu chuẩn Nhật (hệ thống JIS)*

SK kèm theo số: 7 ; 6 ; 5 ; 4 ; 3 ; 2 ; 1 chỉ số thứ tự.

Tương đương số 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13 của Nga.

Ví dụ: SK5 - thép cacbon dụng cụ số thứ tự là 5.

* *Tiêu chuẩn Pháp*

XC kèm theo số chỉ phần vạn cacbon (C).

Ví dụ: XC110 - thép cacbon dụng cụ

$$C = 110 \rightarrow 1,1\%$$

* *Tiêu chuẩn của Đức (DIN)*

C kèm theo số chỉ phần vạn cacbon (C), cuối ký hiệu có chữ (W1; W2; W3).

Ví dụ: C110W1 - thép cacbon dụng cụ

$$C = 110 \rightarrow 1,1\%$$

→ Ngoài ra còn ký hiệu một số nước tra bảng (Bảng 4.2) đối chiếu với ký hiệu của Nga để xác định thành phần cacbon trong thép.

d. Công dụng

Là loại thép sản xuất riêng để chế tạo dụng cụ cắt gọt, dụng cụ đo, khuôn dập.

Ví dụ: Dao, kéo, đục, chày, búa, lưỡi cưa, lưỡi bào, mũi khoan, ta rô, bàn ren...

2. Thép hợp kim

Mục tiêu

- Trình bày được thành phần hóa học và các phương pháp phân loại thép hợp kim;

- Trình bày được tính chất, công dụng của các loại thép hợp kim;

- Giải thích được các ký hiệu của thép hợp kim;

- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và sáng tạo trong học tập.

2.1. Khái niệm chung

2.1.1. Thành phần hóa học và tính chất chung

a. Thành phần hóa học

Thép hợp kim là thép ngoài Fe - C và các tạp chất, người ta cố ý đưa vào

thép một số nguyên tố hợp kim thích hợp như: Cr, Ni, Si, Mn, W, V, Mo, Co . . . nhằm làm thay đổi tổ chức và tính chất của thép theo ý muốn.

b. Tính chất chung

- Cơ tính tổng hợp tốt (đặc biệt sau nhiệt luyện, độ cứng, độ bền tăng nhưng vẫn giữ được tính dẻo dai, chịu va đập tốt).

- Tính chịu nhiệt cao: > 250°C (có thể làm việc ở t° tới hàng nghìn °C)

- Tính thấm tôi sâu: > 10mm

- Tính chống ăn mòn cao (ít bị ăn mòn trong không khí, axit, bazơ, muối).

Đặc biệt thép hợp kim có một số tính chất mà thép cacbon không có được như: từ tính, giãn nở nhiệt, điện trở cao . . .

2.1.2 Ảnh hưởng của các nguyên tố hợp kim

a. Crôm (Cr)

Crôm được đưa vào thép khoảng $(1,5 \div 2,5)\%$. Trong các trường hợp đặc biệt có thể tăng hàm lượng crôm tới 30%. Crôm có tác dụng làm tăng độ cứng, tăng độ bền, tăng tính chống ăn mòn, tính ổn định về từ tính.

Ví dụ: Thép hợp kim đặc biệt không gỉ và thép có từ tính thường chứa nhiều crôm.

b. Niken (Ni)

Niken được đưa vào thép khoảng $(1 \div 4)\%$. Trong các trường hợp đặc biệt có thể tăng hàm lượng niken tới 80%. Niken có tác dụng làm tăng độ bền, độ dẻo, tăng khả năng chịu va đập, tăng tính chống ăn mòn của thép. Tuy nhiên niken có nhược điểm làm ảnh hưởng đến độ giãn dài của thép.

Ví dụ: Hợp kim Inva với Ni $(35 \div 37)\%$ có hệ số giãn nở vì nhiệt 0 khi nhiệt độ thay đổi trong khoảng $(- 60 \div + 100)^{\circ}\text{C}$.

Hợp kim Platinit với Ni $(46 \div 48)\%$ hệ số giãn nở vì nhiệt thủy tinh thường (loại không chịu nhiệt), khi nhiệt độ thay đổi khoảng $(- 70 \div + 440)^{\circ}\text{C}$.

c. Vonfram (W)

Vonfram được đưa vào thép khoảng $(0,8)\%$. Trong trường hợp đặc biệt vonfram tăng tới 20%.

Ví dụ: Trong thép gió thành phần W khoảng $(9 \div 18)\%$

$W + C \rightarrow WC$ làm tăng độ cứng, tính chịu mài mòn, tính chịu nhiệt độ cao.

d. Vanadi (V)

Vanadi được đưa vào thép có tác dụng làm nhỏ hạt, tăng độ cứng, độ bền cho thép.

e. Silic (Si)

Silic được đưa vào thép khoảng $(1 \div 2)\%$ có tác dụng làm tăng tính đàn hồi, tính chống ôxy hóa, tăng điện trở, tính thấm từ, tăng độ cứng, độ bền, giảm độ dẻo.

g. Mangan (Mn)

Mangan đưa vào thép khoảng $(1 \div 2)\%$ có tác dụng làm tăng độ cứng, tăng tính chịu mài mòn, tính chịu va chạm của thép.

h. Molipden (Mo)

Molipđen đưa vào thép để làm tăng tính chịu nhiệt, tính đàn hồi, tăng giới hạn bền kéo, tính chống ăn mòn ở nhiệt độ cao.

i. Coban (Co)

Coban đưa vào thép để làm tăng tính chịu nhiệt và từ tính, tăng khả năng chịu va chạm.

2.2. Phân loại thép hợp kim

2.2.1. Theo tổ chức thép sau thường hóa

- Thép peclit là loại thép hợp kim thấp nên tính ổn định của ostenit quá nguội chưa cao, do vậy nguội trong không khí tinh tổ chức ostenit sẽ phân hóa tạo thành tổ chức peclit.

- Thép mactenxit là loại thép hợp kim trung bình và cao, có tính ổn định của ôstenit quá nguội lớn, khi làm nguội trong không khí tinh đạt được tổ chức là mactenxit, thép này còn có tên là thép tự tôi.

- Thép ostenit là loại thép hợp kim cao (chứa nhiều nguyên tố Mn, Ni và có thêm Cr), có điểm bắt đầu chuyển biến mactenxit $< 0^{\circ}\text{C}$ nên khi làm nguội trong không khí tinh không hạ được tới nhiệt độ chuyển biến mactenxit, vẫn giữ lại tổ chức ostenit.

lớn nguyên tố mở rộng vùng là Cr và với lượng cacbon thấp.

2.2.2. Theo nguyên tố hợp kim

Cách phân loại này dựa vào tên nguyên tố hợp kim chính của thép.

Ví dụ: Thép có chứa Cr gọi là thép crôm

Thép chứa Cr, Ni, Mo gọi là thép crôm- niken - molipđen.

2.2.3. Theo tổng lượng nguyên tố hợp kim (NTHK)

Tùy thuộc vào tổng lượng nguyên tố hợp kim có trong thép chia thành 3 loại:

- Thép hợp kim thấp có tổng lượng NTHK $< 2,5\%$.
- Thép hợp kim trung bình có tổng lượng NTHK $(2,5 \div 10\%)$.
- Thép hợp kim cao có tổng lượng NTHK $> 10\%$.

2.2.5. Theo công dụng.

Đây là cách phân loại chủ yếu, thép được chia thành 3 nhóm sau:

- Thép hợp kim kết cấu là nhóm thép dùng để chế tạo các chi tiết máy và các kết cấu kim loại. Yêu cầu chủ yếu đối với loại thép này là chịu được tải trọng lớn nên cần độ bền cao, tính dẻo, dai tốt. Nhóm thép này thường có lượng cacbon thấp và trung bình, là thép hợp kim thấp.

- Thép hợp kim dụng cụ là nhóm thép dùng chế tạo các loại dụng cụ bao gồm dao cắt, khuôn dập, dụng cụ đo. Yêu cầu chủ yếu đối với loại thép

này là có độ cứng và tính chống mài mòn cao. Nhóm thép này thường có lượng carbon cao.

- Thép hợp kim đặc biệt là nhóm thép có các tính chất vật lý và hóa học đặc biệt.

Ví dụ: tính chống ăn mòn cao (không gỉ), làm việc ở nhiệt độ cao, tính giãn nở nhiệt đặc biệt. . . Đặc điểm của nhóm thép này là có tổng lượng các nguyên tố hợp kim rất cao với lượng carbon rất thấp hoặc rất cao.

2.3. Ký hiệu thép hợp kim (Bảng 4.3)

Bảng 4.3 a Bảng đối chiếu các loại thép hợp kim kết cấu thường dùng nhất của các nước.

Loại vật liệu	Nga	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Đức	Tiệp	Nhật	Anh	
	OCT	Phương án mới	SA E	AIS I	AFNO R	DIN	CSN	JIS	BS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thép hợp kim kết cấu	30 2	30Mn2	1502	C150 2	-	-	-	-	-
	36 2C	36Mn2Si	-	-	-	37MnSi5	12340	-	-
	15X	15Cr	5115	5115	12C3	15Cr3	14120	-	-
	20X	20Cr	5120	5120	18C3	-	-	SCr22	En20 7
	30X	30Cr	5130	5130	32C4	34Cr4	15104	SCr2	En18 A
	40X	40Cr	5140	5140	30C4	41Cr4	14150	SCr4	-
	45X	45Cr	5145	5145	45C4	-	-	SCr5	-
50X	50Cr	5150	5150	-	-	14314	-	-	

Thép hợp kim kết cấu	38XC	38CrSi	-	-	-	-	-	-	-
	20X	20CrMn	5120	5120	2CMC 5	20MnCr5	14221	-	-
	35X 2	35CrMn2	-	-	-	-	14240	-	-
	40X	40CrMn	5140	5140	-	-	-	-	-
	25X C	25CrMnSi	-	-	-	-	14330	-	-
	30X C	30CrMnSi	-	-	-	-	14331	-	-
	35X C A	35CrMnSi A	-	-	-	-	14342	-	-
	20XΦ	20CrV	6120	6120	18CV4	-	15232	-	-
	40XΦA	40CrVA	6140	6140	40CV4	42CrV6	151551	-	-
	18X T	18CrMnTi	-	-	-	-	-	-	En47
	30X T	30CrMnTi	-	-	-	-	-	-	-
	15M	16Mo	4015	4015	-	14Mo3	-	-	-
	15XM	15CrMn	-	-	12CD4	16CrMo4	15121	SCM21	-
	20XM	20CrMo	4120	4120	20CD4	20CrMo5	15124	SCM22	-
	25XM	25CrMo	4125	4125	25CD4	25CrMo4	15130	-	-
30XM	30CrMo	4130	4130	-	-	15131	SCM2	-	

35XM	35CrMo	4135	1435	35CD4	34CrMo4	-	SC13	En19 B
-	42CrMo	4142	4142	45CD4	42CrMo4	-	SC14	En19 C
38XIOA	38CrAℓ A	-	-	-	34CrAℓ 6	14340	-	-
38XMIO A	38CrMoA ℓ A	-	-	-	32CrMoA ℓ	15340	-	En41 B
-	40B	10B4 0	-	-	-	-	-	-
-	45B	10B4 5	-	-	-	-	-	-
-	40MnB	14B4 0	-	-	-	-	-	-
-	45MnB	14B4 5	-	-	-	-	-	-
40XP	40CrB	51B4 0	-	-	-	-	-	-
40X P	40CrMnB	51B4 0	-	-	-	-	-	-
20XH	(20CrNi)	3120	3120	20NC	18NiCr8	16220	SNC21	En35 1
40XH	(40CrNi)	3140	3140	35NC6	35NiCr6	16250	SNC22	-
12XH2	(12CrNi2 A)	3125	3125	10NC1 1	14NiCr10	-	-	-
12XH3 A	(12CrNi3 A)	3310	3310	14NC1 2	14NiCr14	16420	-	En36 A
12XH4 A	(12CrNi4 A)	3312	.3312	12NC1 5	14NiCr18	-	-	En39 A
20XH3 A	(20CrNi3 A)	-	-	-	22NiCr14	-	-	-

	20XH4 A	20Cr2Ni4 A	3316 3320	3316 3320	20NC1 4	20NiCr14	-	-	-
	30XH3A	30CrNi3A	3325 3330	3325 3330	30NC1 2	28(36)Ni Cr10	16331	SNC2	En30
	40XHM A	40CrNiMo A	4340	4340	35NC D6	36CrNiMo 4	16341	SNC8	En11 0
Thép lò xo	55 C	55MnSi	-	-	-	53MnSi 4	1426 0	-	-
	60C	60SiMn	-	-	-	65SiMn 5	-	-	-
	55C2	55Si2Mn	925 5	925 5	55S6	55Si7	13261	-	En45
	60C2A	60SiMnA	926 0	926 0	-	65Si7	-	SUP7	En45 A
	63C2A	63Si2Mn A	-	-	-	66Si7	13270	-	-
	60C2XA	60Si2CrA	926 2	926 2	-	67SiCr5	-	-	-
	50X	50CrMn	-	-	-	-	-	SUP9	-
	50XΦA	50CrVA	615 0	615 0	50CV4	50CrV4	1620	SUP10	En70, En50
Thép ổ lăn	III X6	GCr6	50100	E5010 0	100C 3	105Cr2	14101	-	-
	III X9	GCr9	51100	E5110 0	100C 5	105Cr4	14102	SuJ1	-
	III X15	GCr10	52100	E6310 0	100C 6	100Cr6	14100	SuJ2	En31
	III X15C	GCrSiMn	-	-	-	100CrM 6	1420 0	SuJ3	-

Bảng 4.3b Bảng đối chiếu các loại thép hợp kim dụng cụ

thường dùng nhất của các nước.

Loại vật liệu	Nga	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Đức	Tiệp	Nhật
	OCT	Phương án mới	SAE	AFNOR	DIN	CSN	JIS
1	2	3	4	5	6	7	8
Thép hợp kim dụng cụ	6XC	6SiCr	-	-	60SiCr5	1945 2	-
	9XC	9SiCr	-	-	90SiCr5	1946 0	-
	-	SiCr	-	-	125SiCr5	1946 0	-
	4XC	4SiCrV	-	-	45SiV6	N945 0	-
	X	Cr2	-	150C6	-	-	-
	X	Cr	L1	100C6	100C	90Cr 3	1942 0
	X05	Cr06	W5	-	110Cr2	-	SK8
	9X	9Cr2	L7	100C6	100Cr6	N942 7	-
	8X3	8Cr3	-	-	-	-	-
	X12	Cr12	D3	Z200C12	210Cr46	1943 6	SKD 1
	X	CrMn	-	80M8	145Cr	-	-
	5X M	5CrMnMo	-	-	-	-	SKT5

Thép hợp kim dụng cụ	X C	CrMnSi	-	-	-	N952 0	-
	XB5	CrW5	F3	120WC45 - 02		19712	SKS1
	-	Cr12W	-		210CrW46	N913 7	SKD 2
	3X2B8	3Cr2W8 V	H21	Z30WC09 - 03	30WCrV3411	19712	SKD 5
	XB	CrWMn	-	100WC15 - 04	105WCr6	19712	SKS3 1
	9XB	9CrWM n	01	80M8	45WCrV77	19721	SKS3
	X12M	Cr12Mo V	D2	Z200C12	165CrMoV46	1995 0	SKD11
	5XB2 C	5CrW2Si	S1	45WC20 - 04	45WCrV77	19732	-
	6XB2 C	6CrW2Si	-	40WC20 - 04	55WCrV7	19733	-
	4XB2 C	4CrW2Si	-	40WCDS35 -12	35WCrV7	-	SKS4 1
	8X3	8CrV	-	-	-	N9419	-
	X	CrV	-	115CrV3	-	19423	-
	5XHM	5CrNiMo	L6	60NCDV06 - 02	35NiCrMoV7	N9663	SKT41
	B1	W	-	-	120W4	19710	SKS2 1
	Φ	V	W2	-	100V1	19356	SKS4 3
-	3W4CrSi V	-	45WC20 - 04	30WCrV15	19740	-	

	-	3W4CrV	-	-	30WCrV179	19720	SKD 4
Thép gió	-	W12C4	-	Z12WV15 - 03	-	-	-
	-	-	-	-	EV4	-	-
	-	V4M10	-	-	-	-	-
	P18	W18C4 V	T1	Z80W18	B18	1982 6	SKH 2
	P9	W9C4V 2	T7	Z70W12	ABC11	1980 2	SKH 6
	-	W9C4V	-	Z70W12	65WMo348	1998 0	-

*Bảng 4.3c Bảng đối chiếu các loại thép hợp kim đặc biệt
thường dùng nhất của các nước.*

Loại vật liệu	Nga	Trung Quốc	Mỹ	Pháp	Đức	Tiệp	Nhật	Anh	
	OCT	Phương án mới	SAE	AIS I	AFNOR	DIN	CSN	JIS	BS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thép chống gỉ và chịu axit	X14	Cr14	-	-	-	6X25Cr14	17027	-	-
	X17	Cr17	51430	430	Z8C17	X8Cr17	17041	SUS2 4	En 6
	X18	Cr18	51440C	440 C	-	X9CrMnV18	17024	-	-
	X25T	Cr25Ti	51446	446	-	-	-	-	-

	X17H2	Cr17Ni2	51431	431	Z15CN16 - 2	X22CrNi17	-	SUS44	En5
	0X18H9	0Cr18Ni9	30304	304	Z6CN18 - 10	X5CrNi18-9	-	SUS28	En5
	1X18H9	1Cr18Ni9	30302	302	Z12CN18 - 10	X12CrNi18-9	17041	SUS27	En5
	2X18H9	2Cr18Ni9	-	-	Z12CN18 - 10	-	17242	SUS40	-
	1X18H9T	1Cr18Ni9Ti	30321	321	Z10CNT18 - 10	X12CrNiTi18-9	17246	SUS29	En5
Thép chịu nhiệt và hợp kim điện trở lớn	X23H13	Cr23Ni13	30309S	309S	Z10CN25 - 13	-	-	SUS41	-
	X25H20C2	Cr25Ni20Si2	30314	314	-	X15CrNiSi25-20	17255	SEH5	-
	X23H18	Cr23Ni18	3031S	310S	Z15CN25 - 20	-	-	SUS42	-
	4X9C2	4Cr9Si2	-	-	Z10CNS25 - 20	X15CrSi9	17115	SEH1	En5
	-	Cr13Si3	-	-	Z45CS10	X10Cr13	-	SEH2	-
	X5M	Cr5Mo	51501	501	Z20CD5	-	-	-	-
	4X10C2M	4Cr10Si2Mo	-	-	Z45CSD10	6X40CrSi13	-	SEH3	-
	-	Cr13SiAl	-	-	-	X10CrAl13	17125	SUS38	-
	X13IO4	Cr13Al4	-	-	-	-	-	-	-

2.3.1. Tiêu chuẩn Nga (OCT)

Thép hợp kim được ký hiệu bằng hệ thống chữ và số:

15X ; 9XC ; XB5 ; 00X23Ю4 ; 0X18H9T ...

a. Các chữ

Dùng để ký hiệu các nguyên tố hợp kim có trong thép, thường được lấy từ chữ cái đầu tiên trong tên gọi nguyên tố hóa học của tiếng Nga, trong trường hợp trùng nhau một số nguyên tố phải ký hiệu bằng chữ khác. Các ký hiệu như sau:

X - crôm	- mangan	A - nitơ
H - niken	K - coban	B - niôbi
B - vonfram	ю - nhôm	- zêcôni
Φ - vanadi	Д - đồng	ч - đất hiếm
M - molipđen	P - bo	
C - silic	T - titan	

b. Các số

* Các số đứng đầu ký hiệu

Dùng để chỉ thành phần cacbon trung bình với qui ước:

- Nếu có 2 số: Cacbon tính theo phần vạn (); là thép hợp kim kết cấu.
- Nếu có 1 số: Cacbon tính theo phần nghìn (); là thép hợp kim dụng cụ.
- Nếu không ghi số: Cacbon ($\geq 1\%$); là thép hợp kim dụng cụ.
- Nếu có 2 số 00: Cacbon ($\leq 0,04\%$); là thép hợp kim đặc biệt.
- Nếu có 1 số 0: Cacbon ($\leq 0,08\%$); là thép hợp kim đặc biệt.

* Các số đứng sau ký hiệu

Số đứng sau chữ cái chỉ phần trăm (%) của nguyên tố hợp kim đó. Nếu sau chữ cái không ghi số thì nguyên tố hợp kim ấy $\leq 1\%$.

Chú ý: Sau mác thép có chữ A chỉ loại thép có chất lượng đặc biệt chứa $P \leq 0,025\%$; $S \leq 0,015\%$.

Ví dụ: 12X2H4A - Thép hợp kim kết cấu chất lượng đặc biệt

C = 12 \rightarrow 0,12% ; Cr = 2% ; Ni = 42%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: 3X2B8 - Thép hợp kim dụng cụ

C = 3 \rightarrow 0,3% ; Cr = 2% ; W = 8%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: XB5 - Thép hợp kim dụng cụ

C \geq 1% ; Cr = 1% ; W = 5%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: 00X23ю4 - Thép hợp kim đặc biệt

C \leq 0,04% ; Cr = 23% ; Al = 4%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: 0X18H9T - Thép hợp kim đặc biệt

$C \leq 0,08\%$; $Cr = 18\%$; $Ni = 9\%$; $Ti = 1\%$. Còn lại là % của Fe.

C. Ký hiệu một số nhóm thép chuyên dùng

Người ta qui định các ký hiệu riêng cho các nhóm thép chuyên dùng với các qui ước như sau:

- P là thép gió. Số đứng sau P chỉ phần trăm (%)W.

Ví dụ: P18K5Φ2 - Thép gió

$C \geq 1\%$; $W = 18\%$; $Co = 5\%$; $V = 2\%$. Còn lại là % của Fe.

- III X là thép ổ bi. Số đứng sau X chỉ phần nghìn ()Cr

Ví dụ: IIIX15C - Thép ổ bi

$C \geq 1\%$; $Cr = 15 \rightarrow 1,5\%$; $Si = Mn = 1\%$. Còn lại là % của Fe.

- E là thép từ tính cứng

Ví dụ: EX5K15M - Thép từ tính cứng

$C \geq 1\%$; $Cr = 5\%$; $Co = 15\%$; $Mo = 1\%$. Còn lại là % của Fe.

- Э là thép từ tính mềm.

Kèm theo các số: Số thứ nhất chỉ %Si

Số thứ hai chỉ tính thấm từ (theo cấp).

Thép này dùng nhiều trong kỹ thuật điện đập thành lá thép mỏng nên còn

gọi là thép kỹ thuật điện. Thành phần cacbon trong thép này rất thấp nằm trong khoảng $C = (0,01 \div 0,1)\%$.

Ví dụ: Э32 - Thép từ tính mềm

$C = (0,01 \div 0,1)\%$; $Si = 3\%$; thấm từ cấp 2.

2.3.2. Tiêu chuẩn Trung Quốc

- Nguyên tắc chung: Tiêu chuẩn Trung Quốc giống tiêu chuẩn OCT (Liên Xô cũ).

- Điểm khác tiêu chuẩn OCT:

+ Tên nguyên tố được lấy theo kí hiệu hóa học.

+ Thép ổ bi ký hiệu G.

Một số ký hiệu thép của Nga được viết theo ký hiệu của Trung Quốc như:

18X2H2A → 18Cr2Ni2A

IIIХ15С → GCr15SiMn

00X18H9T → 00Cr18Ni9Ti.

Ví dụ: 18Cr2Ni2A - Thép hợp kim kết cấu chất lượng đặc biệt.

C = 18 → 0,18% ; Cr = Ni = 2%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: GCr 15 SiMn - Thép ổ bi

C ≥ 1% ; Cr = 15 → 1,5% ; Si = Mn = 1%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: 00Cr18Ni9Ti - Thép hợp kim đặc biệt

C ≤ 0,04% ; Cr = 18% ; Ni = 9% ; Ti = 1%. Còn lại là % của Fe

2.3.3. Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN1659 – 75)

- Nguyên tắc chung: Tiêu chuẩn Việt Nam giống tiêu chuẩn ISO.

+ Tên nguyên tố được lấy theo kí hiệu hóa học.

+ Tất cả các số đứng đầu ký hiệu chỉ phần vạn cacbon (C).

- Điểm khác tiêu chuẩn ISO:

Thép ổ bi ký hiệu OL; số đứng sau L chỉ phần trăm Crôm (% Cr).

Ví dụ: 0L1,5 SiMn - Thép Vòng bi

C ≥ 1% ; Cr = 1,5% ; Si = Mn = 1%. Còn lại là % của Fe.

Ví dụ: 140W9V2 - Thép hợp kim

C = 140 → 1,4% ; W = 9% ; V = 2%. Còn lại là % của Fe.

2.3.4 Tiêu chuẩn quốc tế (ISO)

ISO là tổ chức quốc tế về tiêu chuẩn ký hiệu thép theo nguyên tắc sơ đồ sau:

Ví dụ: 30Cr2Ni3 - thép hợp kim

C = 30 → 0,3% ; Cr = 2% ; Ni = 3%. Còn lại là % Fe.

2.3.5. Tiêu chuẩn của Nhật (JIS)

- Đối với thép hợp kim kết cấu ký hiệu theo trật tự sau:

S + chữ cái tiếng Anh biểu thị các nguyên tố hợp kim + số thứ tự (x).

Trong đó: SNCx - thép niken - crôm

SNCMx - thép niken - crôm - molipđen

SACMx - thép nhôm - crôm - molipđen.

- Đối với thép hợp kim dụng cụ

SKSx - thép làm dao cắt

SKHx - thép gió.

- Đối với thép có công dụng riêng

SUS x - thép không gỉ

SUPx - thép lò xo

SEHx - thép chịu nhiệt.

Ví dụ: SUP9 - Thép lò xo số thứ tự là 9.

2.3.6. Tiêu chuẩn Mỹ

Ở Mỹ ký hiệu thép hợp kim được sử dụng thông dụng nhất theo SAE (tên viết tắt của hội kỹ sư ô tô Mỹ). SAE dùng hệ thống (4 ÷ 5) số để biểu thị các thành phần hợp kim chủ yếu với các qui ước sau:

- Một hai số đầu chỉ loại thép trong đó:

Số 2 - thép niken

Số 3 - thép crôm - niken

Số 4 - thép molipđen

Số 5 - thép crôm

Số 6 - thép crôm - vanadi

Số 7 - thép vonfram

Số 8 - thép crôm - niken - molipđen

Số 9 - thép silic - mangan

Số 13 - thép mangan.

- Số thứ hai hoặc cả số thứ ba chỉ phần trăm (%) nguyên tố hợp kim chủ yếu.

- Hai hoặc ba số sau cùng chỉ phần vạn cacbon (C).

Ví dụ:

SAE1330 - thép Mangan; C = 35→0,3% ; Mn = 3%. Còn lại là % Fe.

SAE2320 - thép niken; C = 20→ 0,2% ; Ni = 3%. Còn lại là % Fe.

SAE52100 - thép crôm; C = 100→ 1% ; Cr = 2%. Còn lại là % Fe.

SAE6150 - thép crôm – vanadi; C = 50→ 0,5% ; Cr = 1% ;

V = 0,15%. Còn lại là % Fe.

2.4. Các loại thép hợp kim

2.4.1. Thép hợp kim kết cấu

a. Thép thấm cacbon

* Thành phần

C = (0,1 ÷ 0,25)%, các nguyên tố để hợp kim hóa thép thấm cacbon là Cr, Ni, Ti, Mn, ngoài ra có V, Mo.

* Tính chất

+ Do thép có thành phần cacbon thấp nên thép có độ bền thấp, độ dẻo dai cao, dễ rèn, đập nhưng khó cắt gọt (phoi khó gãy).

+ Không thấm tôi nên để nâng cao cơ tính cho thép phải thấm cacbon trước khi tôi và ram thấp, do đó thép này có tên gọi là thép thấm cacbon.

* Số hiệu công dụng

- 15X ; 20XH dùng làm các chi tiết nhỏ với đường kính < 30mm, yêu cầu chống mài mòn cao ở bề mặt và chịu tải trọng trung bình như các chốt pittông, các trục nhỏ (trục xe đạp, pêđan, trục cam ô tô...)

- 20XH ; 12X2H4A... Độ thấm tôi cao, đảm bảo độ bền, độ dai cao, dùng làm các chi tiết thấm cacbon chịu tải trọng tĩnh và va đập cao nhất.

- 18X2H4MA dùng làm các chi tiết đặc biệt quan trọng như bánh răng, trục của động cơ máy bay, tàu biển...

- 18X T ; 25X M... Sử dụng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt chế tạo chi tiết trong ô tô, máy kéo như các bánh răng hộp số, bánh răng cầu sau, các trục quan trọng.

b. Thép hóa tốt

* Thành phần

$C = (0,3 \div 0,5)\%$, các nguyên tố chính hợp kim hóa thép là Cr, Ni, Si, Mn nhằm để tăng tính thấm tôi. Ngoài ra còn bổ sung một lượng nhất định nguyên tố hợp kim phụ là B, Mo, V, Ti, Al nhằm để tăng hiệu quả hóa bền bằng nhiệt luyện (khắc phục giòn ram bằng nguội nhanh, làm cho thép có hạt nhỏ đảm bảo cơ tính tổng hợp cao).

* Tính chất

- Cơ tính tổng hợp cao nhất của thép đạt được bằng nhiệt luyện hóa tốt nên có tên là thép hóa tốt.

- Tính hàn, tính cắt gọt tốt.

* Số hiệu và công dụng

- 40X ; 40XP ...có cơ tính tổng hợp tốt nhất, đặc biệt sau khi nhiệt luyện. Dùng làm các chi tiết làm việc trong điều kiện tốc độ, áp suất riêng và tải trọng trung bình như trục, bánh răng hộp số các máy cắt gọt.

- 30X C ; 40X C ...có tính công nghệ tốt, cơ tính tốt, giá thành rẻ. Dùng nhiều trong chế tạo ô tô (các trục, kết cấu chịu lực, chi tiết ở bộ phận lái).

- 40XHM ; 45XH...có cơ tính tổng hợp đồng nhất với tiết diện $40 \div 50$ mm, độ dẻo, độ dai cao hơn loại thép trên. Dùng làm các chi tiết chịu tải trọng động như các chi tiết trong máy bay, trục vít hệ thống lái ô tô...

- 40X TP có Mn; B tác dụng nâng cao độ thấm tôi; còn Ti làm hạt nhỏ đảm bảo độ dai tốt. Dùng làm trục lớn đường kính ($40 \div 50$)mm, chịu tải trọng nặng như trục lái ô tô tải.

- 38XMIOA dùng để thấm Nitơ

- 38XH3MVA... có tổng lượng nguyên tố hợp kim trên 5% là thép hóa tốt nhất. Dùng làm chi tiết lớn quan trọng như trục rôto tuốcbin, hộp giảm tốc...

c. Thép lò xo

* Thành phần

$C = (0,5 \div 0,7)\%$ nguyên tố hợp kim chính Si, Mn. Ngoài ra có Cr, Ni, V để tăng độ thấm tôi và ổn định tính đàn hồi.

* Tính chất

- Giới hạn đàn hồi, giới hạn mỏi cao, độ dai va đập tốt.

- Độ nhẵn bề mặt tốt.

* Số hiệu và công dụng

- 65 ; 70 có giới hạn đàn hồi thấp, dùng làm lò xo thường.

- 50XΦA; 50X ΦA dùng làm lò xo, nhíp quan trọng tiết diện nhỏ, chịu tải trọng nhẹ.

- 55C2 ; 70C2 có giới hạn đàn hồi cao, dùng làm lò xo, nhíp chiều dày tới 18mm trong ô tô, máy kéo, tàu biển và xe lửa, dây cốt đồng hồ.

- 60C2XA ; 60C2H2A có độ thấm tôi lớn, dùng làm lò xo, nhíp lớn chịu tải trọng nặng và đặc biệt quan trọng.

d. Thép ổ bi

Hiện nay trong các máy dùng rất nhiều ổ lăn (ổ bi). Để chế tạo chúng người ta dùng loại thép hợp kim chuyên dùng, được gọi là thép ổ bi.

* Thành phần

C 1% ít tạp chất S < 0,02%, P < 0,027%, hợp kim hóa bằng (0,6÷1,5) %Cr, ngoài ra còn có Mn, Si để làm tăng độ thấm tôi, đảm bảo cơ tính đồng nhất.

* Tính chất

- Độ cứng cao (62 ÷ 64) HRC, chịu mài mòn tốt, không có đặc điểm mềm.

- Tính thấm tôi tốt, cơ tính đồng nhất.

* Số hiệu và công dụng

- IIIX6 dùng để chế tạo các vòng, bi, có chiều dày và đường kính nhỏ hơn 10mm.

- IIIX9 đến 15mm

- IIIX15 hơn 20mm

- IIIX15C trên 30mm.

2.4.2. Thép hợp kim dụng cụ

a. Thép làm dao cắt

* Điều kiện làm việc và yêu cầu

Trong quá trình cắt gọt có rất nhiều loại dao cắt khác nhau, điều kiện làm

việc của chúng có thể khác nhau, song đều có một điểm chung khi cắt gọt sẽ tạo ra phoi và có các quá trình xảy ra như sau:

- Để tạo thành phoi, dao cần phải chịu áp lực lớn, tạo ra công cơ học nhất định phá hủy kim loại.

- Dao cắt làm việc trong điều kiện bị mài sát: mặt trước với phoi làm biến dạng bề gãy phoi nên mặt trước của lưỡi cắt tạo thành rãnh lõm, mặt sau với phôi nên cũng bị mòn đi.

Quá trình cắt gọt do sự mài sát của phôi, phoi và công cơ học để tách phoi ra khỏi phôi phần lớn được biến thành nhiệt. Nhiệt này nung nóng phôi, phoi truyền tới lưỡi cắt và nhiệt này phụ thuộc vào các yếu tố:

Vật liệu làm phôi;
Tốc độ cắt;
Tiết diện phoi;
Chế độ làm nguội dao...

Do các đặc điểm làm việc như vậy, nên dao cắt cần phải có những tính chất cơ học nhất định.

**Các yêu cầu đối với thép làm dao cắt*

- Cơ tính

+ Độ cứng > 60HRC, để tạo ra áp lực cao của dao cắt lên phôi, tách thành phoi, độ cứng của lưỡi cắt nói riêng và độ cứng của dao nói chung phải cao hơn độ cứng của phôi, nhưng vẫn đảm bảo tính chịu va đập.

+ Tính chống mài mòn tốt, để đảm bảo cho lưỡi cắt của dao làm việc được lâu bền trong điều kiện mài sát và áp lực lớn.

+ Tính cứng nóng cao: Khả năng duy trì được độ cứng khi làm việc ở nhiệt độ nhiệt độ cao.

- Thành phần hóa học

+ Thành phần cacbon

Hàm lượng cacbon > 0,7%, thông thường dùng loại cao tới trên dưới 1%. Để đảm bảo cho dao cắt có độ cứng và tính chống mài mòn cao, tổ chức sau khi tôi và ram là mactenxit và cacbit dư, rất ít ostenit.

Ngoài làm tăng tính chống mài mòn, cacbit dư có tác dụng cản trở sự phát

triển của ostenit của thép khi nung tôi nên giữ được hạt nhỏ, đảm bảo cho dao có

độ dai nhất định. Thông thường thép làm dao cắt có cacbit dư cao nằm trong khoảng (15 ÷ 20)%.

+ Thành phần hợp kim

Hợp kim hóa bởi các nguyên tố: Cr, W, Si, Mn, Mo...

Nhằm đạt được 2 mục đích chính: Làm tăng tính thấm tôi (thép tôi dễ cứng), đồng thời làm tăng tính cứng nóng.

* Các loại thép làm dao cắt

+ Thép làm dao cắt năng suất thấp

C = (0,8 ÷ 1)% nguyên tố hợp kim thường dùng Cr, W, Si, Mn.

Nhóm 1

- Thành phần hợp kim < 1% chủ yếu là Cr khoảng (0,4 ÷ 0,6)%.

- Số hiệu và công dụng: X05 với lượng cacbon rất cao, tạo cho thép có lượng cacbit lớn (khoảng 20%) nên có độ cứng cao, tính chống mài mòn tốt (không có đặc điểm mềm). Sau khi tôi trong nước ở nhiệt độ $(780 \div 810)^{\circ}\text{C}$, ram $(100 \div 120)^{\circ}\text{C}$ độ cứng đạt $(65 \div 66)\text{HRC}$, thường làm dao cạo các loại (dao cạo nhẵn kim loại, dao cạo râu).

Nhóm 2

- Thành phần hợp kim chủ yếu là Cr; Mn ngoài ra có nguyên tố W.

- Số hiệu và công dụng: X; X ; XB có độ biến dạng nhỏ. Dùng làm dao tiện (năng suất thấp), đục...

Nhóm 3

- Thành phần hợp kim gồm: Cr ; Si

- Số hiệu và công dụng: 9XC có giá thành rẻ hợp kim hóa thêm bằng Si là nguyên tố rẻ độ thấm tôi tốt, tính cứng nóng tới $(250 \div 260)^{\circ}\text{C}$, tốc độ cắt đạt $(10 \div 14\text{m/ph})$. Dùng nhiều chế tạo mũi khoan, ta rô, bàn ren, dao phay có hình dạng tương đối phức tạp và có kích thước trung bình.

Nhóm 4:

- Thành phần hợp kim gồm có Cr ; W.

- Số hiệu và công dụng : XB5 là hợp kim hóa Cr với lượng W tương đối cao (5%), lượng cacbon cao (khoảng 1,4%), tạo nên lượng lớn cacbit, có độ cứng và tính chống mài mòn đặc biệt cao. Nhờ có độ cứng rất cao (có thể tới $67 \div 68\text{HRC}$) người ta còn gọi là thép kim cương và dao làm bằng thép này là dao kim cương. Loại dao này dùng gia công các vật liệu cứng.

+Thép làm dao cắt năng suất cao (thép gió)

+Thành phần hoá học

Thép gió là tên gọi Việt nam của các thép dụng cụ có năng suất cao với nguyên tố hợp kim chủ yếu là vonfram, ngoài ra có chứa một lượng khá lớn molipden, coban, vanadi.

Bảng 4.3b trình bày thành phần hóa học của các số hiệu thép gió, trong đó P18 và P9 là 2 số hiệu thép gió cổ điển, các số hiệu còn lại được xuất hiện vào những năm gần đây.

Người ta phân chia thép gió thành 2 nhóm: nhóm có năng suất bình thường (tốc độ cắt khoảng 25m/ph) và nhóm có năng suất cao (tốc độ cắt khoảng 35m/ph hoặc cao hơn).

Bảng 4.4 Thành phần hóa học của các số hiệu thép gió

Số hiệu thép	Thành phần các nguyên tố (%)					
	C	Cr	W	V	Mo	Co
<i>Nhóm thép gió có năng suất bình thường</i>						
P18	0,7 - 0,8	3,8 - 4,4	17 - 18,5	1 - 1,4	≤ 1	-
P9	0,85 - 0,95	3,8 - 4,4	8,5 - 1,0	2 - 2,6	≤ 1	-
P12	0,8 - 0,9	3,1 - 3,6	12 - 13	1,5 - 1,9	≤ 1	-
P6M5	0,8 - 0,88	3,8 - 4,4	5,5 - 6,5	1,7 - 2,1	5 - 5,5	-
P9Φ5	1,4 - 1,5	3,8 - 4,4	9 - 10,5	4,3 - 5,1	≤ 1	-

Nhóm thép gió có năng suất cao						
P18Φ2	0,85 - 0,95	3,8 - 4,4	17,5 - 19,0	1,8 - 2,4	≤ 1	-
P9K5	0,9 - 1,0	3,8 - 4,4	9,0 - 10,5	2,0 - 2,6	≤ 1	5,0 - 6,0
P9K10	0,9 - 1,0	3,8 - 4,4	9,0 - 10,5	2,0 - 2,6	≤ 1	9,5 - 10,5
P10K5Φ5	1,45 - 1,55	4,0 - 4,6	10,0 - 11,5	4,3 - 5,1	≤ 1	5,0 - 6,0
P18K5Φ2	0,85 - 0,95	3,8 - 4,4	17,5 - 19,0	1,8 - 2,4	≤ 1	5,0 - 6,0
P14Φ4	1,2 - 1,3	4,0 - 4,6	13,0 - 14,5	3,4 - 4,1	≤ 1	-

- Thành phần carbon trong thép gió khoảng (0,7 ÷ 1,4)%, các số hiệu với lượng carbon tối (1,2 ÷ 1,4)% là để kết hợp với W và đặc biệt là V thành cacbit ổn định làm tăng mạnh tính chống mài mòn.

- Crôm có ở trong mọi thép gió với lượng khoảng 4%, có tác dụng tăng tính thấm tôi.

- Vonfram là nguyên tố hợp kim quan trọng nhất có thành phần lớn nhất tạo ra tính cứng nóng cao, quyết định năng suất cắt gọt.

- Vanadi là nguyên tố tạo thành cacbit mạnh. Cacbit vanadi rất khó hòa tan vào ostenit khi nung nóng, trong tổ chức thép gió tôi cacbit vanadi ở dạng phân tán làm tăng tính chống mài mòn.

- Coban hòa tan hoàn toàn vào sắt ở dạng dung dịch rắn, làm tăng tính cứng nóng của thép.

- Molipden bắt đầu được đưa vào thép gió những năm gần đây để thay thế W, trong thép gió Mo cũng tạo nên cacbit giống W, kiểu mạng và đường kính các nguyên tử tương tự nhau, tính chất hóa học giống nhau nên chúng có thể thay thế lẫn nhau.

+ Đặc điểm tính chất

Trong tất cả các loại thép làm dao thì thép gió là loại thép làm dao tốt nhất: so với thép carbon dụng cụ và thép hợp kim dụng cụ làm dao cắt năng

suất thấp, nó có tốc độ cắt (25 ÷ 35) m/ph cao gấp (2 ÷ 4) lần, tuổi bền (8 ÷ 10) lần, tính cứng nóng đạt (560 ÷ 600)⁰C, có độ thấm tôi cao.

+ Số hiệu và công dụng

- P9; P12; P18; P6M5; P9Φ5 dùng làm dao cắt không yêu cầu mài mòn cao.

- P9K5; P9K10; P10K5Φ5; P18Φ2; P14Φ4 ; P18K5Φ2 dùng làm dao cắt gia công các loại thép khó cắt gọt như: thép không gỉ, thép có độ bền cao, thép bền nóng có tổ chức ostenit.

b. Thép làm khuôn dập

Thép làm dụng cụ biến dạng dẻo kim loại là thép làm khuôn dập. Theo nhiệt độ biến dạng chia ra 2 loại: loại biến dạng dẻo phôi kim loại ở nhiệt độ cao (đối với phôi thép > 1000⁰C) là khuôn dập nóng, loại biến dạng dẻo phôi kim loại ở nhiệt độ thường là khuôn dập nguội.

* Thép làm khuôn dập nguội

- Điều kiện làm việc và yêu cầu

Khi làm việc, các khuôn dập nguội ngoài chịu áp lực rất lớn, còn phải chịu ứng suất uốn, lực va đập, và lực ma sát.

Yêu cầu đối với thép làm khuôn dập nguội

Để đảm bảo điều kiện làm việc như vậy, thép làm khuôn dập nguội phải đạt được các yêu cầu cơ tính sau:

+ Độ cứng khoảng (58 ÷ 62) HRC tùy thuộc vào loại khuôn, chiều dày và độ cứng của thép đem dập.

+ Tính chống mài mòn cao để đảm bảo làm việc được lâu dài.

+ Độ bền và độ dai đảm bảo chịu được tải trọng va đập.

+ Tính cứng nóng khoảng (350 ÷ 450)⁰C.

- Thành phần

Để đạt được các yêu cầu cơ tính như trên, thép làm khuôn dập phải có thành phần cacbon trong khoảng trên dưới 1%, trong trường hợp chịu va đập cao lượng cacbon chỉ cần (0,4 ÷ 0,6)%. Nguyên tố hợp kim của thép được quyết định bởi tính cứng nóng, tính chống mài mòn và tính thấm tôi như: Cr, Mn, Si, W.

- Số hiệu và công dụng

+ Thép hợp kim thấp X; XB ; XB C độ thấm tôi tương đối cao dùng làm các khuôn dập có kích thước trung bình (75 ÷ 100) mm.

+ Thép crôm trung bình XBΦ độ thấm tôi khoảng (70 ÷ 80) mm, độ bền độ dai cao dùng làm dụng cụ biến dạng có độ bền cao, hình khắc mảnh, chịu mài mòn như dụng cụ lăn ren.

+ Thép crôm cao X12; X12M; X12Φ có tính chống mài mòn tốt, tính thấm tôi tốt. Dùng làm các khuôn dập lớn, yêu cầu độ chính xác (khuôn để dập tôn Silic, làm bánh cán ren...).

+ Thép hợp kim có cacbon trung bình 4XC; 6XC; 4XB2C; 5XB2C; 6XB2C dùng làm dụng cụ biến dạng với tải trọng và đập như đục, búa hơi, khuôn cắt thép tấm dày (3 ÷ 4)mm

*Thép làm khuôn dập nóng

- *Điều kiện làm việc và yêu cầu*

Khi làm việc, các khuôn dập nóng chịu tải trọng lớn và va đập, luôn luôn tiếp xúc với phôi có nhiệt độ cao hơn 1000⁰C. Điều kiện biến dạng không liên tục nên sau mỗi lần biến dạng, khuôn lại bị nguội đi. Do vậy khuôn dập luôn chịu đựng trạng thái nung nóng xen kẽ với làm nguội, dễ gây rạn, nứt bề mặt làm việc.

Yêu cầu đối với thép làm khuôn dập nóng

Để đảm bảo điều kiện làm việc của khuôn dập nóng như vậy thép đem dùng phải đạt được các yêu cầu về cơ tính sau:

+ Độ bền và độ dai cao để chịu được tải trọng và đập khi biến dạng. Độ cứng thấp khoảng (350 ÷ 450)HB.

+ Tính chống mài mòn tốt để đảm bảo làm việc được lâu dài, sử dụng được tới hàng vạn lần biến dạng.

+ Tính chống môi nhiệt độ cao

+ Tính chống ram tốt, đảm bảo độ bền nóng tốt.

+ Tính thấm tôi cao để đạt cơ tính đồng nhất trên tiết diện thép làm khuôn dập lớn.

- Thành phần

Để đạt yêu cầu cơ tính trên, thép làm khuôn dập nóng đều là các thép hợp kim với thành phần cacbon trung bình (0,3 ÷ 0,5)%, lượng nguyên tố hợp kim cần thiết để đảm bảo độ thấm tôi, tính bền nóng, tính chống ram như Cr, Ni, W...

- Số hiệu và công dụng

+ Thép crôm - niken: 5XHM; 5XHM; 5XHT; 5XHC; 5XHCB và loại thép crôm - mangan 5X M, dùng làm dụng cụ lớn như khuôn rèn (nước ta dùng nhiều 5XHM) .

Trong các số hiệu trên 5XHM là tốt hơn cả, vì có cơ tính cao và đồng nhất (ngay cả khối lượng lớn hơn 300 x 300 x 400mm cũng có thể tôi thấu), có tính chống giòn ram cao, có thể làm việc lâu dài trên 500⁰C.

+ Thép crôm - vonfram - molipđen - vanadi.

Các số hiệu thường dùng: 3X2B8; 3X2B8Φ; 4X2B5MΦ; 4X5B2ΦC trong đó dùng phổ biến nhất là 3X2B8Φ có tính thấm tôi cao, có thể làm việc trong điều kiện chịu tải trọng nặng, bề mặt bị nung nóng tới 700°C.

Dùng làm khuôn nhỏ như khuôn kéo; chôn; ép.

c. Thép làm dụng cụ đo

*. Điều kiện làm việc và yêu cầu

Trong chế tạo cơ khí thường phải sử dụng tới dụng cụ đo với các cấp chính xác khác nhau như: Pame, thước cặp, thước đo độ dài, đo góc, đường, ca lip, chúng thường xuyên bị cọ sát với chi tiết gia công do đó dễ bị mòn, biến dạng làm sai lệch kết quả đo.

- Yêu cầu đối với thép làm dụng cụ đo

Để đảm bảo độ chính xác của dụng cụ đo, thép đem dùng phải đạt các yêu cầu sau.

+ Độ cứng và tính chống mài mòn cao ít mòn khi cọ sát với chi tiết, do đó đảm bảo độ chính xác cao. Độ cứng có thể tới (62 ÷ 65)HRC.

+ Kích thước không đổi trong suốt thời gian làm việc lâu dài (từ vài đến hàng chục năm). Sự ổn định kích thước được đánh giá bởi hệ số giãn nở vì nhiệt nhỏ và đặc biệt là sự ổn định cao của tổ chức tế vi trong phạm vi nhiệt độ làm việc.

*. Thành phần

Để đạt được các yêu cầu trên thép làm dụng cụ đo với cấp chính xác cao phải có thành phần hóa học sau:

- Cacbon khoảng 1%, thường là các thép sau cùng tích, sau khi tôi (đảm bảo chống mài mòn) và đạt độ nhẵn bóng cao khi mài.

- Nguyên tố hợp kim thấp với các nguyên tố nâng cao độ thấm tôi, bảo đảm tôi trong dầu ít bị biến dạng. Thường dùng Cr và Mn, trong đó ngoài tác dụng thấm tôi Mn còn giúp cho sau khi tôi kích thước của thép không thay đổi (so với trước khi tôi) nhờ nâng cao chút ít lượng ôstenit dư.

*. Số hiệu và công dụng

- X; X ; XB ; IIX15 dùng làm dụng cụ đo với độ chính xác cao.

- 12XH3A dùng làm dụng cụ đo cấp chính xác thấp; phải qua thấm cacbon, tôi và ram thấp nâng cao tính chống mài mòn bề mặt.

- 38XMIOA dùng làm các dụng cụ đo lớn; hình dạng phức tạp; phải qua thấm nitơ.

3.Gang

Mục tiêu

- Trình bày được thành phần hóa học, tính chất, ký hiệu, công dụng của các loại gang;
- Giải thích được các ký hiệu của gang;
- Rèn luyện khả năng tư duy độc lập và chủ động sáng tạo trong học tập.

3.1. Khái niệm chung về gang

3.1.1. Thành phần hóa học

Gang là hợp kim của Fe - C, Si, Mn, P, S:

- C = (2,14 - 6,67)% thường dùng gang có C = (3 - 4)%;
- Si = (1 - 4)%;
- Mn = (2 - 2,5)% trong gang trắng, Mn < 1,3% trong gang xám;
- P = (0,1 - 0,5)%;
- S ≤ 0,15%.

Ngoài các nguyên tố trên trong gang có thể có một số nguyên tố hợp kim

(Cr, Ni, Mo, Cu, Ti . . .) các nguyên tố biến tính (Al, Ca, Mg, Ce . . .).

3.1.2. Tổ chức tế vi

- Cacbon nằm hoàn toàn ở trạng thái liên kết hợp chất hóa học xêmentit (Fe_3C), thường gặp trong gang trắng.

- Cacbon phần lớn nằm ở trạng thái tự do graphit với các dạng tấm, phiến, cụm bông, cầu, thường gặp trong gang xám, gang biến tính, gang dẻo, gang cầu.

Tổ chức tế vi của gang có graphit phụ thuộc vào tỷ lệ phân bố của cacbon

ở pha graphit và xêmentit. Người ta chia tổ chức của chúng ra 2 phần: phần phi

kim loại graphit, nền kim loại ferit và xêmentit.

+ Khi tất cả cacbon ở dạng tự do thì nền kim loại của tổ chức là ferit;

+ Khi một phần cacbon ở dạng liên kết thì nền kim loại của tổ chức là ferit - peclit, peclit hoặc peclit - xêmentit.

Chính vì đặc điểm tổ chức tế vi như vậy mà các loại gang có cơ tính và công dụng khác nhau. Để đạt được tổ chức tế vi quy định mỗi loại gang lại có thành phần các nguyên tố khác nhau.

3.13. Cơ tính và tính công nghệ

a. Cơ tính

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

- Trong gang trắng tổ chức xêmentit là pha cứng giòn tồn tại với một lượng lớn dễ dàng cho sự tạo vết nứt dưới tác dụng của tải trọng kéo. Do đó gang trắng có độ bền kéo thấp và độ giòn cao.

- Trong gang xám, gang biến tính, gang dẻo, gang cầu, tổ chức graphit tồn tại như những lỗ hổng có sẵn trong gang, là nơi tập trung ứng suất lớn, làm giảm độ bền kéo của gang. Mức độ tập trung ứng suất phụ thuộc vào hình dạng graphit, lớn nhất ở gang xám graphit dạng tấm, nhỏ nhất ở gang cầu với graphit hình cầu nên gang cầu có độ bền cao nhất, phối hợp với tính dẻo tốt nhất. Ngoài ra graphit còn có khả năng tự bôi trơn làm giảm ma sát, tăng tính chống mài mòn, làm tắt rung động và dao động cộng hưởng (vì bản thân graphit có tính bôi trơn và các

“lỗ hổng”) graphit là nơi chứa dầu bôi trơn).

b. Tính công nghệ

- Tính đúc tốt (nhiệt độ nóng chảy thấp, độ chảy loãng cao).

- Tính gia cắt gọt tốt (graphit có độ cứng, độ bền thấp, phoi dễ gãy vụn).

3.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng tới tính chất của gang

a. Ảnh hưởng của tốc độ nguội

Tốc độ nguội là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến cấu trúc tinh thể của gang.

- Tốc độ nguội nhanh sẽ thúc đẩy sự hình thành xêmentit được gang trắng.

- Tốc độ nguội chậm thúc đẩy hình thành graphit được gang xám.

Tốc độ nguội phụ thuộc vào khuôn đúc là cát hay kim loại và phụ thuộc vào chiều dày vật đúc.

Trong một vật đúc tính chất của gang có thể khác nhau, tùy theo tốc độ nguội. Nếu phần nào nguội nhanh sự hình thành của xêmentit nhiều sẽ được gang trắng, phần nguội chậm thì graphit hình thành nhiều được gang xám. Vì vậy khi đúc các chi tiết bằng gang có hình dáng phức tạp, lợi dụng điều kiện này người ta đã sản xuất ra loại gang nguội cứng làm trục máy cán, bánh xe lửa, lưỡi cày.

b. Ảnh hưởng của các nguyên tố hóa học

* Cacbon (C)

Cacbon trong gang có thể tồn tại ở trạng thái hợp chất hoá học xêmentit

(Fe₃C) hoặc ở trạng thái tự do graphit.

- Xêmentít có độ cứng cao nên khi %C tăng thì % Fe₃C cũng tăng, làm gang tăng độ cứng khó gia công cắt gọt, tăng độ giòn, giảm độ bền.

- Graphit có độ bền rất thấp (là vết nứt trong gang) nên khi %C tăng thì graphit cũng tăng, làm tăng vết nứt giữa nền kim loại và graphit (tạo ra các khoảng trống), giảm độ bền, nhưng khả năng cắt gọt càng tốt, tính chịu mài mòn của gang càng cao.

Cacbon làm tăng tính đúc cho gang, tăng khả năng chảy loãng, giảm nhiệt độ nóng chảy, gang lỏng dễ điền đầy khuôn.

* Silic (Si)

- Silic là nguyên tố làm tăng rất mạnh graphit hóa trong gang, graphit hóa càng nhiều càng dễ hình thành gang xám.

- Silic làm tăng tính đúc cho gang (tăng khả năng chảy loãng, giảm nhiệt độ nóng chảy), tăng tính chịu mài mòn, chống ăn mòn.

* Mangan (Mn)

- Mangan là nguyên tố làm cản trở graphit hóa, thúc đẩy sự hình thành xêmentít làm hóa trắng gang.

- Mangan khử lưu huỳnh rất tốt. $Mn + S \rightarrow MnS$ (hợp chất khó chảy, không tan nổi trên bề mặt gang lỏng ra ngoài theo xỉ).

- Mangan làm tăng độ cứng và tính chống mài mòn.

* Phốt pho (P)

- Phốtpho làm tăng tính đúc của gang (gang dễ chảy loãng, gang lỏng dễ điền đầy khuôn), rất cần khi đúc vật mỏng. Ngoài ra thành phần phốtpho tăng lên thì độ cứng của gang cũng tăng theo, tính chống mài mòn tốt.

- Phốtpho làm cho gang tăng tính giòn.

* Lưu huỳnh (S)

- Lưu huỳnh là nguyên tố làm cản trở graphit hóa thúc đẩy hình thành xêmentít làm hóa trắng gang.

- Làm giảm tính đúc (giảm độ chảy loãng) của gang.

Ngoài ra trong gang còn đưa vào gang 1 số nguyên tố hợp kim như Cr làm tăng lượng peclit của nền kim loại, làm nhỏ mịn peclit và graphit, nâng cao độ bền, độ cứng và tính chống mài mòn. Mo làm nhỏ hạt, hóa bền nền kim loại, tăng tính thấm tôi. Cu thúc đẩy sự hình thành graphit, làm nhỏ mịn peclit. Ti có tác dụng chủ yếu làm nhỏ hạt. Ni với lượng cao (15%) mở rộng khu vực ôstenit để gang đạt được tổ chức ôstenit.

3.2. Phân loại gang

3.2.1. Gang trắng

a. Tổ chức

Cacbon nằm ở trạng thái hợp chất hóa học Xê (chiếm 50% trong tổ chức của gang). Mặt gãy có màu trắng (màu của xêmentit nên có tên là gang trắng).

b. Thành phần

C = (3 3,5)% chứa ít Si và các nguyên tố khác làm tăng graphit hóa.

c. Tính chất

- Do cacbon ở trạng thái Xê nên tính chất của gang rất cứng (650 750) HB và giòn. Không thể gia công cắt gọt, không thể dùng gang thuần trắng để chế tạo các chi tiết máy có độ chính xác cao.

- Phương pháp chế tạo chỉ ở dạng vật đúc.

d. Ký hiệu

Phần lớn gang trắng dùng để luyện thép nên ký hiệu theo phương pháp luyện thép. Theo lò luyện - Nhiên liệu - Số hiệu.

- Gang trắng dùng để luyện thép trong lò Mactanh - Ký hiệu M.

- Gang trắng dùng để luyện thép trong lò Becsơme - Ký hiệu Б.

- Gang trắng dùng để luyện thép trong lò Tômat - Ký hiệu T.

- Nhiên liệu bằng than cốc - Ký hiệu K.

- Nhiên liệu bằng than củi - Ký hiệu Д .

- Gang có chất lượng cao - ký hiệu πB (ở đầu ký hiệu).

- Các số phía sau ký hiệu chỉ số hiệu của gang.

Ví dụ: πB MK5 - Gang trắng chất lượng cao số 5, nhiên liệu bằng than cốc, luyện lò Mactanh.

e. Công dụng

- Dùng để chế tạo các bộ phận chịu mài mòn như: bề mặt vành bánh xe lu, bi nghiền, trục cân, mép lưỡi cày...

- Dùng để luyện thép.

- Ủ thành gang dẻo.

3.2.2. Gang xám

Gang xám là loại gang được dùng phổ biến nhất trong ngành cơ khí.

a. Tổ chức

Gang xám là loại gang phần lớn cacbon của nó nằm ở trạng thái tự do graphit là các tấm, phiến lớn. Mặt gãy của gang có màu xám, tối (màu của graphit nên có tên là gang xám).

Tùy theo mức độ tạo thành graphit mạnh hay yếu, gang xám chia ra các tổ chức như sau (Hình 4.1):

- Gang xám ferit có mức độ tạo thành graphit mạnh nhất, trong đó tất cả cacbon nằm ở trạng thái tự do graphit, không có xêmentit. Tổ chức là những tấm, phiến graphit trên nền kim loại ferit;

- Gang xám ferit - peclit có mức độ tạo thành graphit mạnh, gần như hoàn toàn cacbon nằm ở trạng thái tự do graphit, chỉ có khoảng $(0,1 \div 0,6)\%C$ ở trạng thái liên kết hóa học xêmentit. Tổ chức là những tấm, phiến graphit trên nền kim loại ferit - peclit;

- Gang xám peclit có mức độ tạo thành graphit bình thường, phần lớn cacbon nằm ở trạng thái tự do graphit, khoảng $(0,6 \div 0,8)\%C$ ở trạng thái liên kết hóa học xêmentit. Tổ chức là những tấm, phiến graphit trên nền kim loại peclit.

b. Thành phần

Thành phần các nguyên tố trong gang xám phải đảm bảo mức độ tạo thành graphit và cơ tính theo yêu cầu. Thành phần các nguyên tố trong gang nằm trong giới hạn như sau:

$$C = (3 \div 3,8)\%; \quad Si = (1,5 \div 3)\%; \quad Mn = (0,5 \div 0,8)\%;$$

$$P = (0,15 \div 0,5)\%; \quad S = (0,12 \div 0,2)\% .$$

c. Tính chất

- Cơ tính: Do ảnh hưởng của graphit ở dạng tấm nên so với thép gang có

giới hạn bền kéo thấp thường chỉ bằng $(1/4 \div 1/2)$ thép cacbon, độ dẻo thấp

= 0,5%, giới hạn nén cao gần bằng thép (graphit tấm không ảnh hưởng xấu đến tính bền nén, khi chịu nén các vết rỗ bị ép lại). Độ cứng của gang xám nằm trong khoảng (150 ÷ 250) HB.

- Tính đúc tốt: Nhiệt độ chảy loãng thấp (1100 ÷ 1300)⁰C, tính lưu động tốt, độ co thể tích ít.

- Tính gia công cắt gọt tốt: Do cacbon ở dạng graphit có độ cứng thấp, độ bền thấp, phoi vụn dễ gãy.

- Tính bôi trơn tốt, chịu mài mòn (do tác dụng của graphit).

- Giảm được chấn động và dao động cộng hưởng (do tác dụng của các lỗ hổng graphit).

- Dẫn nhiệt kém, gang xám có thể hàn được nhưng trước khi hàn phải nung nóng vật hàn tới nhiệt độ (400 ÷ 500)⁰C để tránh nứt.

d. Ký hiệu

* Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 1659 – 75)

Bảng 4.5 Cơ tính của các số hiệu gang xám

Số hiệu gang xám	Giới hạn bền kéo N/mm ²	Độ giãn dài (%)	Giới hạn bền uốn N/mm ²	Giới hạn bền nén N/mm ²	Độ cứng HB
không nhỏ hơn					

GX12 - 28	120	0,5	280	500	143 - 229
GX15 - 32	150	0,5	320	600	163 - 229
GX18 - 36	180	0,5	360	670	170 - 229
GX21 - 40	210	0,5	400	750	170 - 241
GX24 - 44	240	0,5	440	830	170 - 241
GX28 - 48	280	0,5	480	900	170 - 241
GX32 - 52	320	0,5	520	1000	187 - 255
GX36 - 56	360	-	560	1100	197 - 269
GX40 - 60	400	-	600	1200	207 - 269
GX44 - 64	440	-	640	1400	229 - 289

Ký hiệu bằng hai chữ GX và 2 cặp số tiếp theo chỉ giới hạn bền kéo (σ_{BK}) và giới hạn bền uốn (σ_{BU}) tính ra kG/mm². *Bảng 3.1* trình bày các số hiệu gang xám và cơ tính quy định của chúng.

** Theo tiêu chuẩn Nga*

Ký hiệu bằng hai chữ Cx và 2 cặp số tiếp theo giống Việt Nam

Ví dụ: Cx24 - 44 của Nga, là GX24 - 44 của Việt nam.

** Theo tiêu chuẩn Trung Quốc*

Ký hiệu bằng hai chữ HT và 2 cặp số tiếp theo cũng giống Nga và Việt Nam.

Ví dụ: HT 15 - 32 của Trung Quốc, là Cx15 - 32 của Nga, là GX 15 - 32 của Việt Nam .

e. Công dụng

Gang xám chủ yếu dùng để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh, chịu nén, ít chịu kéo, ít chịu va đập.

- GX12 - 28 có cơ tính thấp (nền kim loại là F - P với tấm G thô) dùng để làm chi tiết chịu tải trọng nhẹ và không chịu mài mòn như vỏ, nắp máy.

- GX15 - 32; GX18 - 36 có cơ tính trung bình (nền kim loại là F - P với tấm G tương đối thô) dùng để làm chi tiết chịu tải trung bình và chịu mài mòn ít như vỏ hộp giảm tốc, thân máy bơm, cacte, mặt bích...

- GX21 - 40; GX24 - 44; GX28 - 48 có cơ tính tương đối cao (nền kim loại là P, lẫn một ít F với tấm G nhỏ mịn) dùng để làm các chi tiết chịu tải trọng tĩnh cao và chịu mài mòn như bánh đà, bánh răng, sơ mi, pittông, xi lanh máy nén khí và máy hơi nước, bệ máy công cụ và các thiết bị.

- GX32 - 52; GX36 - 56; GX40 - 60 có cơ tính cao nhất (nền kim loại là P với tấm G rất nhỏ mịn) dùng để làm các chi tiết chịu tải trọng tĩnh cao và

chịu tải trọng động, chịu mài mòn cao như bánh răng chữ V, trục chính, vỏ bơm thủy lực, van trượt áp suất cao.

Ngoài các số hiệu gang trong tiêu chuẩn nhà nước, trong sản xuất cơ khí còn dùng nhiều các loại gang hợp kim chưa tiêu chuẩn hóa. Để làm sơ mi dùng gang hợp kim Cr - Cu - Ni với lượng niken cao, có tổ chức ôstenit hay Cr - Mo - Cu, có tính chống mài mòn tốt. Để làm xecmăng dùng gang hợp kim Cr - Mo - Ti. Trong công nghiệp hóa dùng gang silic cao chịu axit. Để làm các chi tiết chịu nhiệt độ cao (trong lò nung) dùng gang hợp kim crôm cao...

3.2.3. Gang biến tính

a. Tổ chức

Thực chất gang biến tính là gang xám có tấm graphit thu nhỏ hơn.

b. Thành phần và cách chế tạo

Cho thêm vào gang xám những nguyên tố làm chất biến tính như Canxi (Ca), nhôm (Al); tăng thêm thành phần Silic (Si), sẽ tạo thành các ôxít tương ứng là CaO; Al_2O_3 ; SiO_2 kết hợp với ôxy trong gang. Các ôxít tồn tại trong gang ở trạng thái lơ lửng là trung tâm kết tinh. Do đó mà các phiến graphit rất nhỏ, ngăn phân bố đều, làm tăng cơ tính cho gang.

c. Tính chất

- Độ bền và độ dẻo của gang biến tính cao hơn so với gang xám, độ giãn dài tương đối $= (1 \div 2)\%$.

- Kết cấu vật đúc đồng đều và nhỏ hạt từ ngoài vào tâm (sự chênh lệch về cơ tính từ ngoài vào trong tâm vật đúc ít hơn so với gang xám, đối với vật đúc lớn vẫn đảm bảo độ bền cao).

- Khả năng chống mài mòn và chống ăn mòn tốt (trong không khí, axit, kiềm rất tốt).

- Có thể nhiệt luyện để nâng cao cơ tính.

- Chế tạo vật đúc bằng gang biến tính đơn giản không cần thiết bị đặc biệt, giá thành rẻ.

d. Ký hiệu

* Theo tiêu chuẩn của Nga ký hiệu gang biến tính tương tự gang xám và có thêm chữ M đứng trước chữ Cx.

Ví dụ: MCx28 - 48 Gang biến tính có $\sigma_{BK} = 28 \text{ kG/mm}^2$

$\sigma_{BU} = 48 \text{ kG/mm}^2$.

**Theo Tiêu chuẩn Việt Nam:*

Ký hiệu gang biến tính bằng ba chữ GBT với hai số tiếp theo chỉ độ bền kéo tối thiểu và độ bền uốn tối thiểu. Đơn vị tính bằng kG/mm^2

Ví dụ: GBT 30 - 40 là gang biến tính viết theo (TCVN) có giới hạn bền kéo tối thiểu là 30KG/mm^2 hay ($\sigma_k \geq 30\text{kG/mm}^2$), giới hạn bền uốn tối thiểu là 40KG/mm^2 hay ($\sigma_u \geq 40\text{kG/mm}^2$)

e. Công dụng

Gang biến tính chủ yếu dùng để chế tạo chi tiết chịu tải trọng nhỏ như:

- Trong cơ khí chế tạo: Dùng làm thân máy, ổ gá dao, mâm cặp máy tiện.

- Trong ngành mỏ: Dùng chế tạo bánh xe có răng cỡ lớn làm việc ngoài trời với vận tốc chậm, giá của máy cần trục, tấm nghiền của máy nghiền quặng...;

- Trong công nghiệp chế tạo ô tô, máy nổ: Dùng làm thùng hãm, ống lót, xi lanh, xéc măng, thiết bị chứa khí của máy hơi nước...

3.2.4. Gang dẻo

a. Tổ chức

Gang dẻo có cacbon ở trạng thái tự do graphit kết thành cụm, bông (graphit được tạo thành do ủ nên còn gọi là cacbon ủ). Mặt gãy màu xám.

Gang dẻo cũng được phân loại theo tổ chức của nền kim loại gồm có các tổ chức như sau (Hình 4.2).

b. Thành phần và cách chế tạo

* Thành phần

Để đạt được vật đúc ở dạng gang trắng, đồng thời khi ủ xêmentit phân hóa

thành graphit, trong gang phải có ít thành phần cacbon và silic rồi làm nguội nhanh.

Lượng cacbon trong gang giảm độ dẻo càng cao. Nhưng cacbon quá ít sẽ khó nấu chảy.

Lượng silic trong gang cần vừa đủ để không gây ra graphit khi đúc. Nhưng nếu silic quá ít sẽ không thúc đẩy được graphit khi ủ.

Thành phần hóa học của gang dẻo khi đúc như sau:

$$\begin{array}{lll} C = (2,2 \div 2,8)\%; & Si = (0,8 \div 1,4)\%; & Mn \leq 1\%; \\ P \leq 0,2\%; & S \leq 0,1\%. & \end{array}$$

* Cách chế tạo

c. Tính chất

Do graphit tập trung đều, gọn hơn nên gang dẻo có độ bền, độ dẻo cao hơn gang xám. Giới hạn bền kéo $\sigma_{BK} = (30 \div 60) \text{ kG/mm}^2$; độ giãn dài tương đối $= (2 \div 12)\%$; độ cứng HB = (160 ÷ 260).

d. Ký hiệu

* Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1659 - 75

GZ và 2 cặp số tiếp theo chỉ giới hạn bền kéo σ_{BK} tính ra (kG/mm^2) và độ giãn dài tương đối tính ra (%). *Bảng 4.6* trình bày các số hiệu gang dẻo và cơ tính quy định của chúng.

Ví dụ: GZ30 - 6 - Gang dẻo có $\sigma_{BK} = 30 \text{ kG/mm}^2$; $= 6\%$.

* Theo tiêu chuẩn Nga

Kч và 2 cặp số tiếp theo giống TCVN.

Ví dụ: Kч30 - 6 của Nga, là GZ30 - 6 của Việt Nam.

* Theo tiêu chuẩn Trung Quốc

KT và 2 cặp số tiếp theo cũng giống Nga và Việt Nam.

Ví dụ: KT 30 - 6 của Trung Quốc, là Kч30 - 6 của Nga, là GZ 30 - 6 của Việt Nam .

Bảng 4.6 Cơ tính của các số hiệu gang dẻo

Số hiệu gang	Giới hạn bền kéo N/mm ²	Độ giãn dài (%)	Độ cứng HB, kG/mm ²	Tổ chức tế vi
	không nhỏ hơn	không lớn hơn		
Gang dẻo ferit				
GZ 30 - 6	300	6	163	Ferit +
GZ 33 - 8	330	8	163	(3 - 10)%
GZ 35 - 10	350	10	163	Peclit +
GZ 37 - 12	370	12	163	Graphit dạng cụm.
Gang dẻo peclit				
GZ 45 - 6	450	6	241	Peclit +
GZ 50 - 4	500	4	241	(0 - 20)%
GZ 56 - 4	560	4	269	Ferit + Graphit
GZ 60 - 3	600	3	269	dạng cụm.
GZ 63 - 2	630	2	269	

e. Công dụng

Gang dẻo có cơ tính tổng hợp tốt hơn gang xám nhưng đắt do quá trình nấu luyện, chế tạo lâu, tốn nhiệt và thời gian ủ nên gang dẻo chủ yếu được dùng làm

chi tiết máy đồng thời thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Hình dáng phức tạp;
- Tiết diện mỏng;
- Chịu va đập.

Gang dẻo được dùng nhiều làm các chi tiết trong các máy nông nghiệp, trong ô tô, máy kéo, máy dệt.

3.2.5. Gang cầu

a. Tổ chức

Tổ chức tế vi của gang cầu cũng giống gang xám, song chỉ khác là graphit có dạng thu gọn nhất hình cầu. Muốn được gang cầu phải biến tính gang xám

bằng chất biến tính đặc biệt.

Gang cầu cũng được phân loại theo tổ chức của nền kim loại gồm có các tổ chức như sau (Hình 4.3).

b. Thành phần và cách chế tạo

* Thành phần

Gang cầu có thành phần hóa học giống gang xám, song chỉ khác ở gang cầu phải có thành phần chất biến tính đặc biệt là magiê (Mg) và xêri (Ce) với lượng rất nhỏ. Trong 2 nguyên tố Ce có tác dụng cầu hóa graphit mạnh hơn so với Mg nhưng lại là nguyên tố hiếm nên chưa được dùng rộng rãi.

Thành phần hóa học của gang cầu sau khi biến tính như sau:

$C = (3 \div 3,6)\%$; $Si = (1,8 \div 3)\%$; $Mn = (0,5 \div 1,2)\%$;
 $P \leq 0,1\%$; $S \leq 0,04\%$; $Mg = (0,04 \div 0,08)\%$.

Nếu: $Mg < 0,04\%$ không đủ để cầu hóa graphit

$Mg > 0,08\%$ làm biến trắng gang.

* Cách chế tạo

$(0,04 \div 0,08)\%$ Mg hoặc Ce

Gang lỏng trước khi rót vào khuôn được đựng trong thùng kín, cho một lượng Mg thích hợp vào gang để Mg không làm biến trắng gang, đồng thời làm tốc độ phát triển của các tinh thể theo các phương đều nhau rồi cho ferôsilic loại có 70%Si vào gang. Do đó sau khi kết tinh xong vật đúc sẽ có tổ chức graphit hình cầu.

c. Tính chất

Gang có graphit hình cầu dạng thu gọn nhất vết nứt làm gián đoạn giữa nền kim loại và graphit trong gang xuất hiện ít hơn, chịu ứng suất tập trung ít hơn. Vì vậy gang cầu có một số tính chất đặc trưng như sau:

- Có độ dẻo dai và cấu trúc bền chặt (vì nền kim loại ít bị chia cắt).
- Có cơ tính tổng hợp cao gần bằng thép.
- Gang cầu vừa có tính chất của gang, vừa có tính chất của thép.
- Có thể làm việc và bền vững ở nhiệt độ 400⁰C

$$\sigma_{BK} = (40 \div 120) \text{ kG/mm}^2 ; \quad = (2 \div 17)\%.$$

d. Ký hiệu

* Theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 1659 - 75

GC với 2 số tiếp theo chỉ giới hạn bền kéo σ_{BK} tính ra (kG/ mm²) và độ giãn dài tương đối tính ra (%). *Bảng 4.7* trình bày các số hiệu gang cầu và cơ tính quy định của chúng.

* Theo tiêu chuẩn Nga

B_ч và 2 số tiếp theo giống TCVN.

Ví dụ: B_ч45 - 5 của Nga là GC 45 - 5 Việt Nam.

* Theo tiêu chuẩn Trung Quốc

QT và 2 số tiếp theo cũng giống Nga và Việt Nam.

Ví dụ: QT 45 - 5 của Trung Quốc, là B_ч45 - 5 của Nga, là GC 45 - 5 của Việt Nam .

Bảng 4.7 cơ tính của các số hiệu gang cầu.

Số hiệu gang	Giới hạn bền kéo N/mm ²	Giới hạn chảy N/mm ²	Độ giãn dài (%)	Độ dai va đập ^{a_k} , KJ/m ²	Độ cứng HB
	không nhỏ hơn				
GC 38 - 17	380	240	17	600	140 - 170
GC42 - 12	420	280	12	400	140 - 200
GC 45 - 5	450	330	5	300	160 - 220
GC 50 - 2	500	380	2	200	180 - 260
GC 60 - 2	600	400	2	200	200 - 280
GC 70 - 3	700	400	3	300	229 - 275
GC 80 - 3	800	500	3	300	220 - 300

GC 100 - 4	1000	700	4	300	302 - 369
GC 120 - 4	1200	900	4	300	302 - 369

e. Công dụng

Gang cầu là loại gang có cơ tính cao nhất so với các loại gang, gần bằng thép, nhưng có tính đúc tốt hơn thép. Gang cầu được dùng thay cho thép để chế

tạo các chi tiết máy quan trọng như: Trục cán, thân tuôcbin, trục khuỷu...

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

1. Phân loại thép cacbon
2. Thép cacbon thường
3. Thép cacbon kết cấu
4. Thép cac bon dụng cụ
5. Phân loại thép hợp kim
6. Thép hợp kim kết cấu
7. Thép hợp kim dụng cụ

8. Gang trắng

9. Gang xám

10. Gang biến tính

11. Gang dẻo

12. Gang cầu

Các bước thực hiện công việc

1. Trình bày các phương pháp phân loại thép cacbon.
2. Trình bày thành phần, tính chất, công dụng của thép cacbon thường, thép cacbon kết cấu, thép cacbon dụng cụ.
3. Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:
CT5; BCT42n; St34; 10340; BMCTO; C30S; 08F; 1008; S15C;
12030; Y7A; SK7; CD130; T10; A12. XC10; XC110; En3; CK70.
4. Nêu thành phần hóa học và phương pháp phân loại thép hợp kim.
5. Trình bày các quy ước ký hiệu thép hợp kim theo tiêu chuẩn của Nga, Việt Nam.
6. Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:

5115; 18CrMnTi; E50100; 9255; SCM22; 13261; E45A; 14331;
20CD4; 100Cr6.

P16K5Φ2; Z80W18; 3Cr2W8; 140W9V2; SK8; 19716; SKH6;
Z200C12; B18; 90SiCr5.

7. Trình bày tổ chức, thành phần, tính chất, công dụng của gang trắng, gang xám, gang dẻo, gang cầu, gang biến tính.

8. Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:

GX 12 - 28; C₄21 - 40; HT 21 - 40; πBTД7; MK3; B₄70 - 3;

M C₄21 - 40; K₄37 - 12; GZ 60 - 2; KT 35 - 10; B₄70 - 3;

Yêu cầu đánh giá kết quả học tập

1. Trình bày các phương pháp phân loại thép cacbon.

- Phân loại theo tổ chức của thép ở trạng thái ủ
- Phân loại theo phương pháp luyện
- Phân loại theo mức độ khử oxy
- Phân loại theo hàm lượng cacbon
- Phân loại theo chất lượng
- Phân loại theo công dụng

2. Trình bày thành phần, tính chất, công dụng của thép cacbon thường, thép cacbon kết cấu, thép cacbon dụng cụ.

a. Thép cacbon thường

- Thành phần
- Tính chất
- Công dụng

b. Thép cacbon kết cấu

- Thành phần
- Tính chất
- Công dụng

c. Thép cacbon dụng cụ

- Thành phần
- Tính chất
- Công dụng

3. Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:

CT5; BCT42n; St34; 10340; BMCTO; C30S; 08F; 1008; S15C;
12030; Y7A; SK7; CD130; T10; A12. XC10; XC110; En3; CK70.

- Nêu tên thép, tên nhóm thép (nếu có)
- Ký hiệu theo tiêu chuẩn nước nào
- Thành phần hóa học của thép
- Ý nghĩa của các ký tự (n, s, F)
- Nêu công dụng

4. *Nêu thành phần hóa học và phương pháp phân loại thép hợp kim.*

a. Thành phần hóa học

b. Các phương pháp phân loại

- Phân theo tổ chức của thép sau khi thường hóa
- Phân theo nguyên tố hợp kim
- Phân theo tổng lượng của các nguyên tố hợp kim
- Phân theo công dụng

5. *Trình bày các quy ước ký hiệu thép hợp kim theo tiêu chuẩn của Nga, Việt Nam.*

a. Ký hiệu thép hợp kim theo tiêu chuẩn của Nga

- Quy ước
- Ký hiệu của một số nhóm thép chuyên dùng

b. Ký hiệu thép hợp kim theo tiêu chuẩn của Việt Nam

- Quy ước
- Ký hiệu của một số nhóm thép chuyên dùng

6. *Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:*

*5115; 18CrMnTi; E50100; 9255; SCM22; 13261; E45A; 14331;
20CD4; 100Cr6.*

*P16K5Φ2; Z80W18; 3Cr2W8; 140W9V2; SK8; 19716; SKH6;
Z200C12; B18; 90SiCr5.*

- Nêu rõ tên thép
- Thép được ký hiệu theo tiêu chuẩn của nước nào
- Nêu thành phần hóa học của thép

7. *Trình bày tổ chức, thành phần, tính chất, công dụng của gang trắng, gang xám, gang dẻo, gang cầu, gang biến tính.*

a. Gang trắng

- Tổ chức
- Thành phần

- Tính chất
- Công dụng
- b. Gang xám
 - Tổ chức
 - Thành phần
 - Tính chất
 - Công dụng
- c. Gang biến tính
 - Tổ chức
 - Thành phần
 - Tính chất
 - Công dụng
- d. Gang dẻo
 - Tổ chức
 - Thành phần
 - Tính chất
 - Công dụng
- e. Gang cầu
 - Tổ chức
 - Thành phần
 - Tính chất
 - Công dụng

8. *Nhận biết, giải thích, nêu công dụng cho các ký hiệu sau:*

*GX 12 - 28; Cu21 - 40; HT 21 - 40; πBTK7; MK3; Bv70 - 3;
M Cu21 - 40; K_v37 - 12; GZ 60 - 2; KT 35 - 10; Bv70 - 3;*

- Nêu tên gang
- Ký hiệu của nước nào
- Ý nghĩa của các số trên ký hiệu

Chương 5

HỢP KIM MÀU VÀ PHI KIM

Mã chương: MH 12.5

Giới thiệu chương

Ngoài sắt và hợp kim của sắt (thép, gang), trong chế tạo cơ khí cũng như các ngành chế tạo khác còn phải sử dụng đến một số kim loại màu, hợp kim màu và phi kim, bởi chúng có những tính chất đặc biệt phù hợp với một số ngành công nghiệp như công nghiệp điện, mà không có vật liệu thay thế được. Để sử dụng một số kim loại màu, hợp kim màu và vật liệu phi kim có hiệu quả thì người sử dụng chúng phải có những kiến thức cơ bản về chúng. Nội dung của chương 5 sẽ giới thiệu cho độc giả về một số kim loại màu, hợp kim màu như: đồng, nhôm, ni ken, kẽm, hợp kim cứng và một số vật liệu phi kim như: chất dẻo, gỗ, dầu mỡ bôi trơn, dung dịch trơn nguội, vật liệu com pozit.

Nội dung

1. Hợp kim màu
 - 1.1. Nhôm và hợp kim nhôm
 - 1.2. Đồng và hợp kim đồng
 - 1.3. Niken và hợp kim Niken
 - 1.4. Kẽm và hợp kim kẽm
2. Hợp kim cứng
 - 2.1 Khái niệm và định nghĩa
 - 2.1 tính chất và công dụng
 - 2.3 Phân loại và ký hiệu
3. Gỗ
 - 3.1. Khái niệm về gỗ
 - 3.2. Tính chất cơ lý của gỗ
 - 3.3. Các biện pháp bảo quản gỗ
 - 3.4. Một số loại gỗ thông dụng ở rừng Việt nam
- . Chất dẻo
 - 4.1. Khái niệm chung
 - 4.2. Tính chất cơ lý nhiệt của chất dẻo
 - 4.3. Các phương pháp chế biến sản phẩm từ chất dẻo
- 5 Vật liệu Composit

- 5.1. Khái niệm và tính chất chung
- 5.2. Phân loại vật liệu Compozit
- 5.3. Một số vật liệu Compozit thông dụng
- 6. Dung dịch trơn nguội và dầu mỡ bôi trơn
- 6.1 Dung dịch trơn nguội
- 6.2 Dầu mỡ bôi trơn

Mục tiêu:

- Trình bày được các tính chất của một số kim loại màu và hợp kim màu thông dụng như: đồng, nhôm, niken, kẽm;
- Trình bày được đặc điểm, tính chất và phạm vi ứng dụng của một số chất dẻo, vật liệu composit, gỗ, dung dịch trơn nguội và dầu mỡ bôi trơn thông thường;
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động, tích cực sáng tạo trong học tập.

1.Hợp kim màu

Mục tiêu

- Trình bày được các tính chất của một số kim loại màu và hợp kim màu thông dụng như: đồng, nhôm, niken, kẽm;
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động, tích cực sáng tạo trong học tập.

1.1. Nhôm và hợp kim nhôm

1.1.1. Nhôm nguyên chất

a. Các đặc tính của nhôm nguyên chất

- Kiểu cấu trúc mạng là lập phương diện tâm, với thông số mạng $a = 4,04\text{Å}$, đường kính nguyên tử $2,86\text{Å}$, không có chuyển biến thù hình ;
- Khối lượng riêng $2,7\text{g}/\text{cm}^3$;
- Nhiệt độ nóng chảy 658°C ;
- Tính chống ăn mòn cao, do có ái lực mạnh với oxy nên bề mặt nó luôn luôn có lớp màng oxit Al_2O_3 mỏng và rất xít chặt, có tính bảo vệ cao, đặc biệt là trong môi trường không khí, nước ngọt, axit nitric, nhưng lại bị phá hủy trong môi trường muối và môi trường kiềm. Độ sạch của nhôm càng thấp, tính chống ăn mòn càng kém.
- Tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao (độ dẫn điện của nhôm = 60% độ dẫn điện của đồng ;
- Nhiệt độ nóng chảy thấp (600°C) làm dễ dàng cho quá trình nấu luyện, song nhôm không làm việc được ở nhiệt độ cao. Ấn nhiệt kết tinh và

nóng chảy của nhôm lớn, do vậy các vật đúc nhôm nguội chậm ở trạng thái lỏng tạo điều kiện cho quá trình biến tính tinh luyện. Tuy nhiên tính đúc của nhôm không cao do độ co ngót lớn (tới 6%);

- Độ bền tương đối thấp

Nhôm có độ sạch cao sau khi cán và ủ có: $\sigma_b = 80 \div 100 \text{ MN/m}^2$; $\sigma_{0,2} = 20 \text{ N/mm}^2$; $\text{HB} = 25 \text{ KG/mm}^2$, vì vậy không dùng nhôm nguyên chất làm các chi tiết máy;

- Tính dẻo cao: nhôm nguyên chất rất dẻo: $\Psi = 85\%$; $\delta = 40\%$, nên rất dễ

biến dạng dẻo ở trạng thái nguội. Tính gia công cắt gọt của nhôm thấp.

1.1.2. Phân loại nhôm

Nga phân nhôm nguyên chất thành ba nhóm:

- Nhôm có độ sạch đặc biệt
- Nhôm có độ sạch cao
- Nhôm có độ sạch kỹ thuật

Cơ tính của nhôm phụ thuộc vào độ sạch và trạng thái (bảng 5.1). Độ sạch càng cao nhôm càng dẻo. Biến dạng nguội làm tăng đáng kể độ bền của nhôm.

Số hiệu	Lượng tạp chất %	Trạng thái	Cơ tính			
			σ_b N/mm ²	$\sigma_{0,2}$ N/mm ²	$\delta\%$	HB
A995	0,005	Đúc	50	-	45	15
A5	0,50	Đúc	75	-	20	20
A0	1,00	Đúc	90	-	25	25
A0	1,00	Biến dạng và ủ	90	30	30	25
A0	1,00	Biến dạng	140	100	12	32

b. Ký hiệu

Nga ký hiệu nhôm nguyên chất là A kèm theo số biểu thị độ sạch của nhôm, ví dụ: A95 trong đó hàm lượng nhôm là 99,95%, tạp chất là 0,05%

- Nhôm sạch đặc biệt có một số hiệu A999.
- Nhôm có độ sạch cao gồm có các số hiệu A995; A99; A97; A95.
- Nhôm có độ sạch kỹ thuật gồm có các số hiệu A85; A8; A7; A6; A5; A0.

Việt Nam ký hiệu nhôm nguyên chất là Al kèm theo số biểu thị độ sạch của nhôm, ví dụ: Al 99 trong đó hàm lượng nhôm là 99,00 %, tạp chất là 1 %.

c. Công dụng

- Trong ngành điện nhôm dùng làm dây dẫn, tụ điện, chỉnh lưu
- Nhôm nguyên chất kỹ thuật được dùng làm các chi tiết và kết cấu không chịu tải như khung, cửa, ống dẫn, xitec vận chuyển dầu mỏ, thùng chứa.

1.1.2. Hợp kim nhôm

a. Phân loại hợp kim nhôm

Theo công nghệ chế tạo người ta chia các hợp kim nhôm thành ba loại: đúc, biến dạng, thiêu kết.

- Hợp kim nhôm đúc: Hợp kim nhôm đúc được chế tạo bằng phương pháp nấu chảy, thành phần của hợp kim nhôm đúc chứa lượng nguyên tố hợp kim cao, có tính đúc tốt;

Hợp kim nhôm biến dạng: Hợp kim nhôm biến dạng được chế tạo bằng phương pháp nấu chảy, để biến dạng (cán, rèn, dập) theo ý muốn. Hợp kim nhôm biến dạng lại chia làm hai nhóm:

- + Hoá bền bằng nhiệt luyện;
- + Không hoá bền bằng nhiệt luyện;

- Hợp kim nhôm thiêu kết: Hợp kim nhôm thiêu kết là loại hợp kim nhôm được chế tạo từ nguyên liệu ban đầu là bột ép và thiêu kết.

b. Các loại hợp kim nhôm

* Hợp kim nhôm biến dạng

Hợp kim nhôm biến dạng được sản xuất ra bằng các phương pháp biến dạng (cán, ép, kéo, vuốt) ở dạng sợi, thanh, tấm, lá;

- Hợp kim nhôm biến dạng không hoá bền bằng nhiệt luyện: loại hợp kim nhôm này nói chung chỉ được hợp kim hoá bởi một hoặc hai nguyên tố hợp kim và có khối lượng ít (ví dụ 0,12%Cu; 1,25Mn; < 2,5%Mg), có tổ chức một pha là dung dịch rắn. Các hợp kim này chỉ có thể hóa bền bằng phương pháp biến dạng;

- Hợp kim nhôm biến dạng hoá bền bằng nhiệt luyện (đưa ra): hợp kim nhôm này có thể làm tăng bền bằng phương pháp tôi và hoá già;

Nung hợp kim ở nhiệt độ khoảng 520°C rồi làm nguội nhanh trong nước. Sau khi tôi độ bền của hợp kim nhôm tăng lên không đáng kể (6b ở trạng thái ủ 200N/mm², ở trạng thái sau khi tôi 250N/mm²), nhưng sau khi hoá già tự nhiên, độ bền tăng rất mạnh (ví dụ sau khi tôi, bảo quản ở nhiệt độ thường (5÷7) ngày 6b đạt tới 400 N/mm². Khi hoá già nhân tạo ở các nhiệt độ càng cao hơn nhiệt độ thường (ví dụ ở 100°C, 150°C, 200°C) thời gian quá trình càng ngắn lại, xong độ bền đạt giá trị không cao bằng khi hoá già tự nhiên, hơn nữa vượt quá thời gian nhất định độ bền lại giảm đi. Khi hoá già ở nhiệt độ quá thấp, quá trình hóa bền xảy ra rất chậm (ví dụ ở -5°C) hoặc hầu như không xảy ra (ví dụ ở nhiệt độ -50°C).

+ Thành phần: Al – Cu – Mg – Mn

trong đó Cu = (2 ÷ 6)%; Mg = 0,4 ÷ 2,8)%; Mn = (0,4 ÷ 1)%.

+ Tính chất

- Trọng lượng riêng là 2,8g/Cm³

- Sau khi tôi 6b = (450 ÷ 470) MN/m²; δ = 15%

- Tính chống ăn mòn kém. Do đưa có tổ chức gồm dung dịch rắn và hợp chất hoá học, giữa chúng có điện thế điện cực rất khác nhau, nên bị ăn mòn điện hoá học mạnh.

+ Ký hiệu

Theo tiêu chuẩn Việt Nam: Đứng đầu ký hiệu là chữ Al, tiếp theo là các số và chữ biểu thị tên và phần trăm của các nguyên tố hợp kim cơ bản, nếu trước số có số 0 biểu thị số thập phân, sau cùng mác hợp kim là chữ Z nghĩa là có độ dẻo cao, dễ dập sâu và kéo sợi; Ví dụ: AlCu2,5Mg1,5Mn0,6Z.

Hoặc ký hiệu D kèm theo số và chữ Z, ví dụ: D18Z.

+ Công dụng: dùng nhiều trong công nghiệp dân dụng cũng như ngành công nghiệp chế tạo máy, đặc biệt là công nghệ chế tạo máy bay.

Bảng 5.2: Cơ tính của đưa.

Số hiệu	ñ	Tôi + hoá già tự nhiên							
		6b (N/mm ²)	6 _{0,2} (N/mm ²)	δ (%)	HB	6b (N/mm ²)	6 _{0,2} (N/mm ²)	δ (%)	HB
D ₁		210	110	18	45	420	240	15	95
D ₆		220	110	15	50	460	300	15	105

D_{16}	220	110	18	50	470	320	17	105
D_{18}	116	60	21	38	300	170	21	70

b. Hợp kim nhôm đúc (sulumin)

+ Thành phần

Thành phần chính là nhôm và silic, ngoài ra còn một số nguyên tố hợp kim: đồng, magiê, kẽm, trong đó silic chiếm khoảng (5÷13)%, đồng chiếm (1÷4)%, magiê chiếm (3÷1)%.

+ Tính chất

- Giới hạn bền: $\sigma_b = (200 \div 400) \text{ MN/m}^2$
- Tính dẻo thấp
- Tính đúc cao, các sản phẩm sau khi đúc có thể hoá già tự nhiên hoặc nhân tạo

- Hệ số giãn nở vì nhiệt nhỏ

- Tính chống mài mòn cao.

+ Ký hiệu

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 1859 – 75) hợp kim nhôm được ký hiệu bằng hệ thống chữ và số sau: Chữ A ℓ đặt đầu tiên, ký hiệu hoá học tiếp theo chỉ nguyên tố hợp kim chính, rồi đến hợp kim phụ. Số đứng sau mỗi chữ chỉ hàm lượng phần trăm của nguyên tố tương ứng. Chữ Đ sau cùng chỉ hợp kim đúc ;

Ví dụ: A ℓ Si6Cu4,5Đ

- Theo tiêu chuẩn của Nga (liên Xô cũ): Bắt đầu ký hiệu bằng chữ AJ, tiếp theo là số biểu thị số thứ tự của sulumin, Ví dụ: AJ5

Ký hiệu của các nước Mỹ, Canada sử dụng hệ thống ký hiệu hợp kim nhôm bằng bốn con số, chữ số đầu tiên chỉ nguyên tố hợp kim chính (bảng 5.3)

Bảng 5.3

Vật liệu	Ký hiệu
Nhôm sạch kỹ thuật	1XXX
Hợp kim nhôm đồng	2XXX

Hợp kim nhôm mangan	3XXX
Hợp kim nhôm silic	4XXX
Hợp kim nhôm magiê	5XXX
Hợp kim nhôm magiê, silic.	6XXX

Ví dụ: 2024 là hợp kim Al- Cu - Mg tương ứng với mác hợp kim AlCu4,5Mg1,5Mn0,6 Z của Việt Nam. Để chỉ rõ trạng thái gia công người ta dùng chữ cái bổ xung (H, O, F, T) trong đó:

- F: Không quy định mức độ biến dạng và cơ tính phiêu thô
- O: Ủ kết tinh lại
- H: Hoá già biến dạng
- T: Hoá bền nhiệt luyện

Để phân biệt rõ hơn phương pháp hoá bền, còn dùng số tiếp theo sau chữ H hoặc sau chữ T để chỉ mức độ cụ thể. (bảng 5.4), ví dụ: 1100- H14 (bảng 5.4)

+ Công dụng: Đúc một số chi tiết máy quan trọng, chế tạo những chi tiết chịu tải trọng nặng như piston.

Bảng 5.4

Phương pháp hoá bền biến dạng	Phương pháp hoá bền bằng nhiệt luyện
H1- Chỉ hoá bền biến dạng	T1- Tôi xong hoá già tự nhiên.
H11- Biến dạng mức độ nhỏ	T3- Tôi, biến dạng nguội, hoá già tự nhiên.
H12- Biến dạng mức độ 25%	T4- Tôi, hoá già tự nhiên đến ổn định .
H14 -Biến dạng mức độ 50%	T5- Tôi, hoá già nhân tạo .
H16- Biến dạng mức độ 75%	T6- Tôi hoá già nhân tạo.
H18- Biến dạng mức độ 100%	T7- Tôi, Ổn định hoá.

H2- Biến dạng có kết hợp ủ	T8- Tôi, biến dạng nguội, hoá già nhân tạo.
(H22- H24-H26-H28)	
H3- Biến dạng tiếp theo ổn định hoá	
(H32- H34- H36 - H38)	

c. Một số hợp kim nhôm quan trọng

*** Hợp kim nhôm không hóa bền bằng nhiệt luyện**

Gồm ba nhóm quan trọng 1xxx; 3xxx; 5xxx. Đây là nhóm hợp kim nhôm có khả năng biến dạng rất tốt nhờ tổ chức của chúng chỉ có một pha dung dịch rắn. Biện pháp nâng cao độ bền của chúng là biến dạng nguội hoặc hợp kim hóa bền dung dịch rắn.

Các hợp kim thuộc họ 1xxx có chứa tối thiểu 99%Al (tạp chất chính là sắt và silic). Nguyên tố hợp kim chính là đồng với lượng nhỏ 0,12%. Ví dụ hợp kim 1100 có độ bền kéo khoảng 90MPa, chuyên dùng chế tạo các sản phẩm ở dạng tấm.

Các hợp kim thuộc họ 3xxx thuộc hệ hợp kim Al – Mn, các hợp kim điển hình là 3003, có chứa khoảng 1,25%Mn, có thể hoá bền biến dạng nguội đạt độ bền 110MPa, được sử dụng chế tạo các sản phẩm bằng cả biến dạng nóng và nguội.

Các hợp kim thuộc họ 5xxx hệ hợp kim Al – Mg. Nhôm có thể hòa tan khá nhiều magiê, nên hợp kim này có thể chứa tới 5% Mg. Các hợp kim điển hình của loại này là 5052, trong thành phần chứa 2,5% Mg, 0,2% Cr, có thể đạt tới giới hạn bền 190 MPa, chuyên dùng để chế tạo các sản phẩm tấm phục vụ cho công nghiệp ô tô, tàu thủy...

*** Hợp kim nhôm hoá bền bằng nhiệt luyện**

Đây là nhóm vật liệu kết cấu quan trọng được nghiên cứu ngày một nhiều và phát triển mạnh. Đặc điểm chung của nhóm hợp kim là bằng phương pháp nhiệt luyện tôi và hoá già, có thể nâng cao độ bền khá hiệu quả. Hãy xét một số hệ hợp kim điển hình:

Các hợp kim họ 2xxx, thuộc hệ hợp kim Al- Cu –Mg (đôi khi có thể hợp kim hóa thêm một số nguyên tố khác như Mn, Zn...) được sử dụng khá phổ biến ở nhiều nước Nga, Mỹ, Anh, Pháp... với thành phần khoảng 4,5% Cu, 1,5% Mg, 0,6% Mn. Người Nga gọi hợp kim này là đuyra, người Mỹ ký hiệu 2024. Pha hoá bền chủ yếu là Al_2CuMg . Sau khi tôi hoá già hợp kim 2024 có thể đạt giá trị bền khá cao khoảng 442MPa, nó được dùng làm các loại khung, dầm, ống trong công nghiệp hàng không, vận tải và xây dựng;

Các hợp kim họ 6xxx, thuộc hệ hợp kim Al – Mg – Si. Hợp kim điển hình 6061 với thành phần khoảng 1%Mg, 0,6%Si, 0,3% Cu, 0,2%Cr, có pha hóa bền Mg₂Si, nhiệt luyện theo chế độ T6 có thể đạt giới hạn bền 290MPa. Chuyên dùng làm kết cấu khung giàn;

Các hợp kim họ 7xxx thuộc hệ hợp kim phức tạp Al – Zn – Mg – Cu, có độ bền thuộc loại cao nhất. Pha hoá bền chính là MgZn₂. Mác hợp kim điển hình 7075, có thành phần khoảng 5,6% Zn, 2,5% Mg, 1,6% Cu, 0,25%Cr, hoá bền theo chế độ T6 đạt độ bền tới khoảng 509MPa, gần tương đương với hợp kim B95 của Liên Xô cũ. Đây là nguyên liệu chủ yếu trong công nghiệp hàng không.

*** Hợp kim nhôm đúc**

Thành phần chủ yếu gồm các nguyên tố Si =(5 ÷ 12)%, Mg = (0,3 ÷ 1)%; Cu =(1 ÷ 4)%, đôi khi còn bổ xung thêm một lượng nhất định Zn, Ti...

Hợp kim nhôm có thể đúc trong khuôn cát, khuôn kim loại. Các sản phẩm sau khi đúc có thể hóa già tự nhiên hoặc nhân tạo.

Hợp kim nhôm AlSi12CuMgMn0,6NiĐ có tính đúc tốt, giãn nở nhiệt thấp, chống mài mòn cao được dùng đúc piston trong động cơ đốt trong.

1.2. Đồng và hợp kim đồng

1.2.1. Đồng nguyên chất

a.. Các đặc tính của đồng nguyên chất

- Đồng là một trong những nguyên tố đầu tiên mà con người biết sử dụng. Trữ lượng đồng không lớn, khoảng 0,1% trọng lượng vỏ quả đất;

- Đồng là kim loại có màu đỏ, do đó đồng nguyên chất trong kỹ thuật còn được gọi là đồng đỏ;

- Đồng là kim loại không chuyển biến thù hình, chỉ có một kiểu cấu trúc mạng tinh thể là lập phương diện tâm với thông số mạng $a = 3,608\text{Å}$, đường kính nguyên tử là $2,56\text{Å}$;

- Khối lượng riêng $\gamma = 8,94\text{g}/\text{cm}^3$;

- Nhiệt độ nóng chảy 1083°C ;

- Tính dẫn điện và dẫn nhiệt rất cao. Nếu lấy độ dẫn điện và dẫn nhiệt của đồng làm chuẩn (100%) thì của các kim loại khác nhau như sau;

	Cu	Ag	Al	Mg	Zn	Ni	Fe
Độ dẫn điện%	100	106	62	39	29	25	17
Độ dẫn nhiệt%	100	108	56	41	29	15	17

- Tính chống ăn mòn tốt. Đồng có tính Ổn định hoá học cao trong nước thường, nước biển, khí quyển và cả các môi trường hóa học: axit hữu cơ, kiềm... nó phản ứng với amôniac, hoà tan trong axit sunfuric ở trạng thái nóng, trong axit nitric, axit clohydric;

- Độ bền không cao nhưng tăng lên mạnh khi biến dạng nguội. Ở trạng thái đúc: $\sigma_b = 160\text{N/mm}^2$, $HB = 40$, $\sigma_{0,2} = 35\text{N/mm}^2$, ở trạng thái biến dạng nguội: $\sigma_b = 450\text{N/mm}^2$, $HB = 125$, $\sigma_{0,2} = 400\text{N/mm}^2$;

- Độ dẻo cao: $\delta = 45\%$, dễ cán, kéo thành những tấm mỏng và sợi rất nhỏ, rất tiện dùng trong kỹ thuật;

- Có thể nhiệt luyện bằng cách ủ kết tinh lại.

b. Ký hiệu đồng nguyên chất

Nga (Liên Xô cũ): ký hiệu đồng nguyên chất là chữ M và số tiếp theo chỉ mức độ tạp chất: M00 (99,99%Cu); M0 (99,95%Cu); M1 (99,90%Cu); M2 (99,70%Cu); M3 (99,50%Cu); M4 (99,00%Cu).

Việt Nam: Theo TCVN 1959 – 75 quy định đồng nguyên chất được ký hiệu bằng Cu và số tiếp theo biểu thị độ sạch của đồng, ví dụ Cu 99,99, có tổng lượng tạp chất là 0,01%

c. Công dụng của đồng.

- Đồng nguyên chất kỹ thuật làm vật dẫn điện

- Chế tạo hợp kim đồng.

1.2.2. Hợp kim đồng

a. Phân loại

Cách phân loại truyền thống khá phổ biến ở nhiều nước: Nga, Pháp, các nước Đông Âu, Trung Quốc... là phân loại theo thành phần hóa học. Theo cách này hợp kim đồng chia làm hai nhóm chính:

* Đồng thau (la tông) đồng thau lại được chia làm hai loại:

+ Đồng thau nhị nguyên (la tông đơn giản)

+ Đồng thau đa nguyên (La tông phức tạp)

* Đồng thanh (Brông)

b. Các loại hợp kim đồng

* Đồng thau (Latông)

+ Thành phần

- Đồng thau nhị nguyên (la tông đơn giản): chỉ có hai nguyên tố tham gia đồng và kẽm;

- Đồng thau đa nguyên (la tông phức tạp): ngoài đồng và kẽm còn chứa một số nguyên tố đặc biệt khác: Pb; Sn; Al; Ni.

Pb đưa vào latông để tăng tính cắt gọt, Sn đưa vào latông để tăng tính chống ăn mòn nước biển, Al; Ni đưa vào latông để tăng cơ tính. Lượng kẽm trong la tông 45%.

+ Tính chất

Tính chất của đồng thau phụ thuộc hoàn toàn vào lượng kẽm: lượng Zn < 39% đồng thau có cấu trúc một pha α là dung dịch rắn thay thế của kẽm ở trong đồng. Ở nhiệt độ thường, độ hòa tan của kẽm là 39% giá trị này hầu như không thay đổi cho đến nhiệt độ 454°C. Ở nhiệt độ cao 902°C chỉ còn 32%. Dung dịch rắn α là pha cơ bản trong tổ chức của mọi hợp kim la tông, có độ dẻo cao, độ bền tốt.

Lượng kẽm = (39 ÷ 45)%, la tông có cấu trúc hai pha ($\alpha + \beta$), pha β thuộc loại pha trung gian nên có độ cứng và độ giòn cao.

Lượng kẽm > 45% trong hợp kim đồng kẽm sẽ xuất hiện các pha: γ (pha điện tử Cu_5Zn_8), ϵ (pha điện tử $CuZn_3$), δ (pha chưa xác định), η (dung dịch rắn xen kẽ của Cu trong Zn). Tính chất của các pha (ϵ, δ, γ) giống tính chất của hợp chất hoá học nên giòn, độ bền và độ dai giảm.

+ Ký hiệu

Bảng 5.5: thành phần hoá học và cơ tính của các latông đơn giản

(ГОСТ15527 -70 và 17711 – 72)

Số hiệu	Cu%	$\bar{\sigma}_b$ N/mm ²	$\bar{\sigma}_{0,2}$ N/mm ²	$\delta\%$	HB
L90	88÷91	260	120	45	53
L80	79÷81	320	120	52	55
L70	69÷72	320	90	55	55
L60	59÷62	380	160	25	77

Việt Nam hợp kim Cu và Zn có tên gọi là latông được ký hiệu bằng chữ L, lần lượt là các chữ Cu, Zn (LCuZn).

- Latông đơn giản: sau LCuZn là số chỉ phần trăm Zn, ví dụ LCuZn30;

- La tông phức tạp: sau LCuZn là số chỉ phần trăm Zn, tiếp theo là các nguyên tố hợp kim và các số. Số đứng sau mỗi chữ chỉ hàm lượng % trung bình mỗi nguyên tố tương ứng, ví dụ LCuZn40Pb2;

Nga (Liên xô cũ) hợp kim Cu và kẽm có tên gọi là đồng thau được ký hiệu

bằng chữ Л;

- Đồng thau nhị nguyên: sau Л là số chỉ phần trăm Cu, ví dụ Л68;

- Đồng thau đa nguyên: sau Л là các chữ cái và số chỉ phần trăm Cu và các nguyên tố hợp kim, ví dụ ЛКC 80 - 3- 2.

+ Công dụng

- Đồng thau nhị nguyên (latông đơn giản):

Loại một pha có tính dẻo cao thường được cán nguội thành các bán thành phẩm: tấm, băng, ống... do chứa Zn là nguyên tố rẻ lại có cơ tính tốt, các tính chất vật lý không khác đồng bao nhiêu, nên nó được dùng để thay thế cho đồng. Ngoài ra người ta còn dùng loại một pha có số hiệu Л68, Л70 có cơ tính tổng hợp tốt nhất trong latông để dập vỏ đạn, làm ống dẫn và các chi tiết dập sâu;

Loại hai pha có độ bền cao hơn nhưng lại kém dẻo nên thường được cán nóng các dạng tấm, băng, ống, dây để làm các chi tiết dập yêu cầu độ bền cao.

- Đồng thau đa nguyên (Latông phức tạp): chế tạo các chi tiết chống ăn mòn và chống mài mòn dùng cho các trang bị tàu thủy, chế tạo ổ trục, bánh răng.

*Đồng thanh (Brông)

+ Thành phần và phân loại

Đồng thanh là hợp kim của đồng với một số nguyên tố khác trừ kẽm.

Người ta phân biệt các loại đồng thanh khác nhau theo nguyên tố hợp kim chủ yếu đưa vào: đồng thanh thiếc là hợp kim của Cu-Sn, đồng thanh nhôm là hợp kim của Cu-Al, đồng thanh chì là hợp kim của Cu-Pb, đồng thanh silic là hợp kim của Cu-Si, đồng thanh berini là hợp kim của Cu-Be.

+ Tính chất

- Độ cứng, độ bền cao, hệ số ma sát nhỏ, không từ tính

- Dễ hàn, dễ cắt gọt, tính đúc tốt

- Chống ăn mòn tốt

- Ngoài ra cơ tính của đồng thanh còn phụ thuộc vào từng loại nguyên tố hợp kim chính.

+ Ký hiệu

Theo tiêu chuẩn Việt Nam: ở Việt Nam hợp kim đồng này được gọi là Brông, ký hiệu bắt đầu bằng chữ BCu tiếp theo là các chữ và số chỉ phần trăm của các nguyên tố hợp kim, còn lại là phần trăm của đồng, nguyên tố

hợp kim chính đứng sau chữ BCu và gọi cho tên của Brông, chữ Đ biểu thị tính đúc tốt;

Ví dụ: BCuSn10P2,5Đ ký hiệu này biểu thị Brông thiếc có tính đúc tốt, Sn = 10%, P = 2,5%, Cu = 87,5%.

Theo tiêu chuẩn Nga (Liên Xô cũ): ở Nga hợp kim đồng này được gọi là đồng thanh, ký hiệu bắt đầu bằng chữ BP tiếp theo là các chữ và số chỉ phần trăm của các nguyên tố hợp kim, còn lại là phần trăm của đồng, nguyên tố hợp kim chính đứng sau chữ BP và gọi cho tên của đồng thanh;

Ví dụ: BP0Φ10- 1, ký hiệu này biểu thị đồng thiếc, Sn = 10%, P = 2,5%, Cu = 87,5%.

+ công dụng

- Brông thiếc: Brông thiếc thiếc là hợp kim của đồng với nguyên tố hợp kim chủ yếu là thiếc. Thường sử dụng hợp kim không quá 10% thiếc, nếu thiếc >10% thì sẽ giòn. Brông thiếc rất ổn định trong không khí ẩm, hơi nước và nước biển, trong hơi nước quá nhiệt ở áp suất cao;

BCuSn8Zn4; BCuSn4Zn4Pb4 được dùng làm khung, bệ trong khí quyển hơi nước hay trong nước đặc biệt, làm bạc lót;

BCuSn10P2 chế tạo các chi tiết có độ bền cao (200 ÷ 250) MN/m², chịu áp suất và tải trọng nặng;

BCuSn10P1 chế tạo các chi tiết có độ bền cao (250 ÷ 350) MN/m² hệ số ma sát nhỏ như ổ đỡ, trục bánh vít.

- Brông nhôm: Brông nhôm là hợp kim của đồng với nguyên tố hợp kim chủ yếu là nhôm, thường được dùng với các thành phần (5 ÷ 10) là nhôm. Đồng thanh nhôm có ưu điểm là độ bền cao, tính chống ăn mòn và mài mòn tốt, có thể nhiệt luyện;

BCuAl10Fe4Ni4; BCuAl10Fe3Mn1,5; BCuAl9Fe4 chế tạo ổ trượt, bánh răng, bạc lót, bệ trượt, xupapxả...

- Brông Berini: là hợp kim của đồng với nguyên tố hợp kim chủ yếu là Berini, thường được dùng với các thành phần (1,5 ÷ 2)% là Berini. Brông Berini có giới hạn bền và giới hạn đàn hồi cao, độ cứng và tính chống mài mòn cao, độ bền mỏi tốt.

- Brông chì: là loại hợp kim đồng với nguyên tố chủ yếu là Pb (25 ÷ 30)%. Đồng thanh chì có tính chịu mài mòn cao;

Số hiệu: BCuPb30 dùng làm các ổ trượt trong chế tạo máy;

- Brông silic: là hợp kim của đồng với nguyên tố hợp kim chủ yếu là silic, thường được dùng với thành phần Si = 3% . Brông silic có giá thành rẻ. Sau khi ủ có giới hạn bền kéo (200 ÷ 400)MN/m², độ giãn dài tương đối (10 ÷ 20)%

Các số hiệu: BCuSi3Mn1; BCuSi3Pb1 Chế tạo các chi tiết thay thế cho đồng thanh thiếc.

Ở Mỹ thường dùng cách phân loại hợp kim đồng của CDA (copper Development Association), theo đó hợp đồng gồm hai nhóm: Hợp kim đồng biến dạng và hợp kim đồng đúc. Mỗi mác hợp kim được bắt đầu bằng chữ C và 5 số tiếp theo, trong đó số đầu tiên chỉ nguyên tố hợp kim chính, (xem bảng 5.6)

Bảng 5.6

Hợp kim đồng biến dạng					
	Thành phần	Mác hợp kim	Trạng thái	σ_b (MPa)	Ứng dụng
C1xxxx	99,3%Cu	C10100	ủ	220	Ống dẫn, cáp nối, tấm bản cực Tấm che, chi tiết dẫn điện trong radio
		C11000	Biến dạng nguội	345	
			ủ	220	
			ủ	345	
C2xxxx	Hợp kim Cu-Zn	C26000	ủ biến dạng	325 520	Vỏ radiato, bình chứa
C3xxxx	Hợp kim Cu-Zn-Pb				
Hợp kim đồng đúc					
C8xxxx	Cu-Si;	C87200	Đúc	255	Ổ trượt, vỏ bơm van, vỏ bơm nước
	Cu-Zn-Sn-Pb	C8300	Đúc		
C9xxxx	Cu-Fe-Al;	C9540	Đúc	586	Ổ trượt, bánh răng ổ trượt, bánh răng van, thân bơm
	Cu-Sn-Zn;	C90300	Đúc	310	
	Cu-Ni-Fe...	C96400	Đúc	469	

1.3. Ni ken và hợp kim của niken

1.3.1. Ni ken nguyên chất

Niken là kim loại mà con người đã biết và sử dụng rất lâu, do có nhiều đặc tính quý báu, niken được sử dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp như điện, điện tử, hóa học...

Niken là kim loại có cơ tính cao ($\sigma_b = 40 \div 50$) KG/ mm², $\delta = 50\%$). Trong công nghiệp luyện kim, niken là một nguyên tố rất quý, vì khi đưa thêm niken với một lượng thích hợp vào thép nó làm tăng đồng thời cả độ bền lẫn độ dẻo dai cho thép.

Những tính chất vật lý đáng lưu tâm của ni ken:

- Khối lượng riêng 8,9 g/cm³
- Nhiệt độ nóng chảy 1455⁰C
- Điện trở suất 6,84MΩ/cm
- Độ dẫn nhiệt $1,428.10^{-4}$ cal/cm.s⁰C ở (0 ÷ 100)⁰C

Niken có tính ổn định hóa học, tính chống ăn mòn tốt trong nhiều môi trường. Niken không độc, không gây phân hủy vitamin, nên được dùng rộng rãi, làm dụng cụ, thiết bị trong công nghiệp thực phẩm.

1.3.2. Hợp kim của niken

Hợp kim của niken thường chứa các nguyên tố hợp kim như: Cu, Mn, Mg, Cr, Si...dưới đây giới thiệu những nhóm hợp kim niken quan trọng nhất (bảng 5.7)

Bảng 5.7

Tên hợp kim	Thành phần %			
	Mn	Cu	Cr	Ni + Co
Constantan	1,5	Còn lại	-	-
Cromen 1HX9 – 5	-	Còn lại	9 ÷ 10	43
Cromen 2HX9	-	-	8,5 ÷ 9,5	Còn lại

Các hợp kim của niken có nhiều công dụng khác nhau:

- Hợp kim niken dùng trong kỹ thuật điện: chế tạo cặp nhiệt, dây bù, điện trở, dây nung.
- Hợp kim niken dùng làm vật liệu từ: chế tạo nam châm điện, lõi biến thế.
- Hợp kim niken có hệ số giãn nở đặc biệt dùng làm dụng cụ đo. Thuộc nhóm này gồm các vật liệu: Inva, Elnivar, kovar, đặc điểm của chúng là có hệ số giãn nở nhiệt gần như bằng không.
- Hợp kim bền và ổn định nóng, dung trong công nghiệp hóa chất và kỹ thuật quân sự.

1.4. Kẽm và hợp kim của kẽm

1.4.1. Kẽm nguyên chất

Kẽm là kim loại có màu trắng xanh với tỷ trọng là $7,133\text{g/cm}^3$ ở 20°C . Nhiệt độ nóng chảy của kẽm $419,45^\circ\text{C}$. Nhiệt độ sôi ở 760mmHg là 906°C . Tỷ trọng của kẽm ở nhiệt độ nóng chảy $6,6\text{g/cm}^3$. Khi kết tinh tạo mạng tinh thể lục giác xếp chặt.

Kẽm ở nhiệt độ thường rất giòn nhưng khá dẻo ở nhiệt độ ($100 \div 150$) $^\circ\text{C}$. Trên 150°C kẽm trở lên giòn và ở 200°C để tạo thành bột. Giới hạn bền của kẽm ($\sigma_b = 20 \div 25$) KG/mm^2 , $\delta = (40 \div 50)\%$, độ cứng đạt ($30 \div 60$)HB. Sắt cho vào làm tăng độ cứng của kẽm, nhưng làm giảm độ dai và đập. Kẽm là nguyên tố có tính ổn định chống ăn mòn tốt trong khí quyển, do vậy nó được phủ bảo vệ. Bằng thực nghiệm người ta thấy, tốc độ ăn mòn của kẽm thay đổi ($1 \div 1,6$) $\mu\text{m/năm}$.

Kẽm được dùng khá nhiều ở dạng nguyên chất lẫn hợp kim. Ở dạng nguyên chất kẽm được dùng như nguyên liệu trong công nghệ mạ kẽm, hàn kẽm hoặc nguyên tố hợp kim trong công nghệ sản xuất hợp kim nhôm, đồng, ma giê.

1.4.2. Hợp kim của kẽm

Hợp kim của kẽm được chia thành hai loại: hợp kim kẽm đúc và hợp kim kẽm biến dạng.

a. Hợp kim kẽm đúc: thường dùng các nguyên tố hợp kim chủ yếu: Cu, Al, Mg. Công dụng chủ yếu của loại hợp kim này để tạo các chi tiết chịu ma sát như ổ trục. Các mác vật liệu thường dùng là AM 10 – 5 (gồm 10% Al, 5% Cu, còn lại là kẽm).

b. Hợp kim kẽm biến dạng: ít được sử dụng hơn hợp kim kẽm đúc.

2. Vật liệu phi kim

Mục tiêu

- Trình bày được đặc điểm, tính chất và phạm vi ứng dụng của một số chất dẻo, vật liệu composit, gỗ, dung dịch trơ nguội và dầu mỡ bôi trơn thông thường;

- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động, tích cực sáng tạo trong học tập.

2.1. Gỗ

2.1.1. Khái niệm về gỗ

a. Thành phần

Gỗ là một loại sản phẩm hữu cơ tự nhiên, có cấu trúc phức tạp. Thành phần chính của nó bao gồm: xenlulo và các lignin. Những phân tử tinh thể xenlulo tạo nên $45 \div 50\%$ vật chất rắn của gỗ. Xenlulo có trong gỗ là loại

pôlime mạch thẳng có chứa những đơn vị gluco với độ trùng hợp 5.000 đến 10.000. Sơ đồ công thức cấu tạo phân tử xenlulo (hình 5.1)

b. Phân loại cây gỗ

Trên cơ sở thực vật học, người ta phân cây gỗ thành hai loại:

- Cây lá kim là loại những cây có hạt trần và những loại cây hạt có vỏ bọc cho gỗ mềm. Loại cây gỗ mềm thường lá xanh quanh năm.
- Cây lá rộng là những cây lá rụng theo mùa, cho gỗ cứng. Loại này rất đa dạng và phong phú, ví dụ: các loại cây sồi trướng, cây lim xanh, lim xẹt, cây đinh.

2.1.2. Tính chất cơ lý của gỗ

a..Cơ tính

Cơ tính của gỗ khác nhau theo các hướng khác nhau, đó là tính dị hướng. Theo thớ ngang (R hoặc T) độ bền kém hơn theo thớ dọc(L). Cơ tính phụ thuộc nhiều vào trọng lượng riêng của gỗ, gỗ càng nặng càng bền. Cũng như kim loại người ta kiểm tra độ bền, kéo, nén, uốn, xoắn của gỗ để sử dụng trong các điều kiện chịu tải thích hợp.

Ngoài độ bền còn quan tâm đến độ cứng, tính chống mài mòn của gỗ. Theo độ cứng gỗ được chia làm ba loại: Gỗ cứng, gỗ ít cứng và gỗ mềm.

Giữa độ cứng và tỷ trọng của gỗ có mối quan hệ: tỷ trọng tăng, độ cứng tăng.

b. Tính hút ẩm

Gỗ có tính hút ẩm mạnh, trừ trường gỗ đã được sấy khô, hàm lượng nước thấp, nói chung lượng nước chứa trong gỗ rất cao. Để tính lượng nước trong gỗ người ta sử dụng mối quan hệ:

Hàm lượng nước của gỗ (H₂O)% = H₂O trong mẫu / H₂O trong gỗ khô x100%.

Hàm lượng nước trung bình trong lớp nhựa của gỗ tươi khoảng 150%. Tùy theo lượng nước trung bình trong gỗ mà phân loại chúng theo độ khô như sau:

Gỗ tươi – gỗ có độ ẩm phụ thuộc khí hậu và có thể đạt tới 200%.

Gỗ ướt – gỗ ngâm dưới nước thời gian dài, có độ ẩm cao hơn gỗ tươi.

Gỗ phơi khô – gỗ được hong phơi trong không khí đến lúc nước không bốc hơi ra ngoài nữa. Độ ẩm đạt mức trung bình 15%.

Gỗ sấy khô là gỗ được sấy trong buồng sấy để độ ẩm dưới 12%

c. Độ co ngót

Gỗ tươi khi mất nước sẽ biến dạng và gây co ngót khá mạnh. Mức độ co theo hướng R và T lớn hơn 10 ÷ 15%. Theo hướng dọc L tỷ lệ co khoảng 0,1%. Khi gỗ được sấy khô, mật độ của gỗ tăng lên.

Gỗ chưa qua chế biến vẫn tồn tại những nhược điểm lớn:

- Cấu tạo và tính chất cơ lí không đồng nhất, thường thay đổi theo từng loại gỗ, từng cây và từng phần trên thân cây;
- Dễ hút và nhả 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.

2.1.3. Các biện pháp bảo quản gỗ

Ngày nay với kĩ 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.

a. 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 khi thả trôi bè mảng trên sông suối.

Các hóa chất dùng để ngâm tẩm là những chất gây độc cho nấm và côn trùng, bền vững, không hút ẩm và không bị nước rửa trôi. Nhưng chúng phải không độc với người và gia súc, không ăn mòn gỗ và kim loại, dễ ngấm vào gỗ, có mùi dễ chịu.

Chất chống mục, một, có loại tan trong nước (thuốc mồi), có loại không tan trong nước (thuốc dầu) và loại bột nhão.

* Các loại chất tan trong nước hay dùng như NaF , Na_2SiF_6 , CuSO_4 .

* Các loại chất không tan trong nước hay dùng như : Creozot than đá và than bùn, dầu antraxen, dầu phiến thạch.

* Bột nhão chủ yếu là các loại bitum

b. Phòng chống hà

Để phòng chống hà, người ta thường dùng các biện pháp sau: dùng gỗ cứng (thiết mộc), gỗ dẻo quánh (tếch), gỗ có nhựa (bạch đàn) v.v... Những gỗ cứng, dẻo quánh hà khó đục, hoặc nhựa ngăn cản hà không bám vào;

- Để nguyên lớp vỏ cây làm lớp vỏ bảo quản;

- Bọc ngoài gỗ một lớp vỏ kim loại;
- Bọc kết cấu gỗ bằng ống ximăng, ống sành.
- Dùng crêcczot, CuSO_4 v.v...

Ở nước ta còn dùng phương pháp cổ truyền là thui cho gỗ cháy xém một lớp mỏng bên ngoài, phương pháp này sau 3 năm phải thui lại.

2.1.4. Một số loại gỗ thông dụng ở rừng Việt Nam

Bảng 5.8 Một số gỗ thông dụng ở Việt Nam

TT	Tên	Tính chất
1	Bạch đàn	Gỗ mịn, nặng, cứng, ít nứt, dễ vênh, dễ mục, khó bị mối ăn
2	Chò chỉ	Gỗ nặng, dễ nứt, khá bền
3	Đinh	Gỗ nặng vừa, ít co nứt, rất bền
4	Gụ	Gỗ nặng vừa, tương đối mềm
5	Lát hoa	Gỗ nặng vừa, ít co dãn, nứt nẻ
6	Lim xanh	Gỗ rất nặng, cứng, bền, chắc, nhưng hơi giòn
7	Tếch	Gỗ nặng trung bình, bền, chắc, dẻo
8	Mỡ	Gỗ tương đối nhẹ, mềm, ít co dãn nứt nẻ
9	Mun	Gỗ rất cứng, bền
10	Thông	Thớ thẳng hơi khô, ít biến dạng
11	Xoan đào	Gỗ nặng vừa, tương đối dễ nứt, hay cong vênh
12	Mít mật	Gỗ nặng vừa, ít co nứt, rất bền, khá giòn

2.2. Chất dẻo

2.2.1. Khái niệm chung

Chất dẻo là một trong những sản phẩm quan trọng và có ứng dụng rộng rãi nhất của vật liệu polyme. Nhiều tài liệu khoa học đưa ra khái niệm một cách tổng quát: chất dẻo là vật liệu có thể biến dạng mà không bị phá

hủy và có thể định hình với áp lực thấp nhất hoặc có thể đúc. Tuy nhiên có thể hiểu một cách đơn giản: chất dẻo là sản phẩm thu được bằng cách trộn polyme với các chất phụ gia (chất độn), chất hóa dẻo, chất tạo màu...

*Chất độn, cho vào chủ yếu nhằm giảm giá thành sản phẩm vì chúng thường là rất rẻ. Các chất độn hay dùng như mùn cưa, đất sét, bột nhẹ...

*Chất hóa dẻo là những chất cho thêm vào, nhằm làm tăng tính dẻo, làm giảm độ cứng của polyme. Các chất hóa dẻo thường ở trạng thái lỏng, ví dụ hóa dẻo hay dùng cho polime ở nhiệt độ thường là độ PVC, nhựa epoxy, các loại este, phtalat...

*Chất nhuộm màu, tạo cho chất dẻo có màu sắc nhất định. Đó thường là các loại thuốc nhuộm hoặc bột màu. Chất nhuộm thường hòa tan và trở thành một thành phần trong cấu trúc của polyme. Chất bột màu thường ở dạng bột và không tan, chỉ nằm xen kẽ trong cấu trúc của polyme. Ví dụ bột TiO_2 , ZnO – màu trắng, CdS – màu vàng...

Để hiểu bản chất các tính chất của chất dẻo, cần hiểu về Polyme. Theo tiếng Hy Lạp Polyme có nghĩa nhiều thành phần. Polyme có thể coi là một hợp chất gồm các phân tử được hình thành do sự lặp lại nhiều lần một hay nhiều loại nguyên tử, hay một nhóm nguyên tử liên kết với nhau với một số lượng khá lớn, để tạo nên một số tính chất mà những tính chất này thay đổi không đáng kể khi lấy đi hoặc thêm vào một vài đơn vị cấu tạo. Mỗi đơn vị cấu tạo đó là một “me” và đơn vị cấu tạo đơn giản nhất gọi là mônôme.

2.2.2 Tính chất cơ-lý-nhiệt của chất dẻo

Chất dẻo được sử dụng khá phổ biến và ngày càng chiếm vị trí quan trọng, trong nền kinh tế quốc dân vì nó đồng thời có nhiều đặc tính quý báu mà các vật liệu khác không thể đạt tới và giá thành lại hạ. Các tính chất chủ yếu của nó gồm:

- Cơ tính (σ_b , E , δ), của chất dẻo nói chung và có loại đạt gần tương đương kim loại.

- Tính cách điện: chất dẻo là một trong những vật liệu cách điện tuyệt vời. Có tới khoảng 75% tổng số vật liệu cách điện trên toàn thế giới được chế tạo từ vật liệu dẻo.

- Tính cách nhiệt: chất dẻo ở dạng bột, mút... dùng làm chất cách nhiệt rất tốt.

- Tính chất quang, một số chất dẻo có tính quang học quý báu, được sử dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp.

- Tính chất hóa học, có những loại vật liệu dẻo không bị tác dụng trong các môi trường axit, kiềm... được sử dụng nhiều trong công nghiệp mạ điện, hóa học...

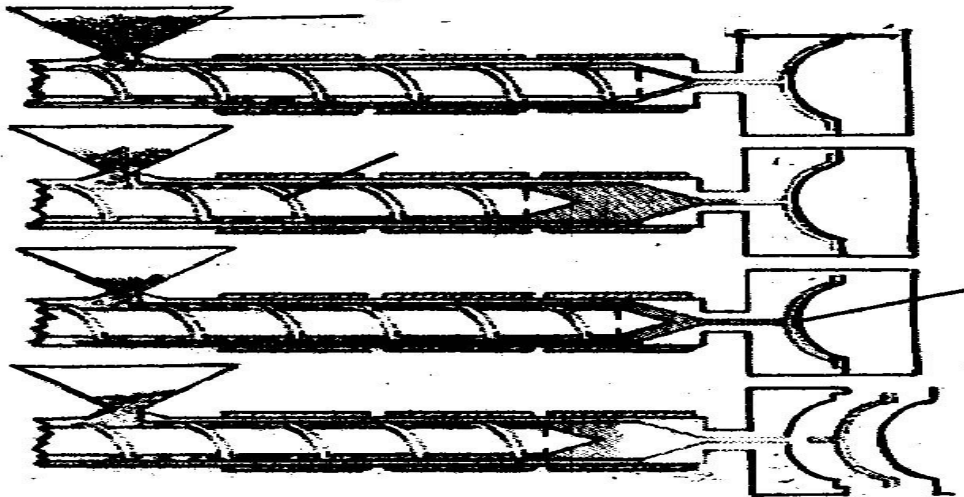
Tương tự như polyme, chất dẻo cũng gồm 2 loại : chất dẻo nhiệt dẻo và chất dẻo nhiệt rắn

2.2.3. Các phương pháp chế biến sản phẩm từ chất dẻo

Có khá nhiều phương pháp được dùng trong gia công chất dẻo. Cơ sở quan trọng để chọn lựa phương pháp gia công là loại nguyên liệu sử dụng (polyme nhiệt rắn hay nhiệt dẻo).

Trong các phương pháp gia công chất dẻo, đúc là phương pháp phổ biến nhất. Đúc có thể tiến hành với các phương án khác nhau, bao gồm: đúc áp lực, đúc thổi, đúc trao đổi, ép phun và ép đùn. Trong tất cả các phương pháp này, dưới tác dụng của nhiệt và áp suất polyme được dùng ở dạng bột hoặc hạt sẽ nóng chảy, được nén đẩy vào khuôn và sẽ nhận hình dạng của khuôn.

a. Phương pháp đúc phun-bơm



Đây là phương pháp gia công được dùng rộng rãi nhất cho polyme nhiệt dẻo. Sơ đồ đơn giản của máy phun bơm được mô tả ở hình 5.2. Lượng nguyên liệu được cung cấp từ phễu nhập liệu 3 vào máy (hình 5.2a), vít me 1 đẩy vật liệu vào buồng nung đến trạng thái nhớt (hình 5.2b). Sau đó chất dẻo nóng chảy được đẩy qua khe vào khuôn 4 (hình 5.2c), áp lực được duy trì cho đến khi sản phẩm rắn lại. Cuối cùng, mở khuôn, lấy sản phẩm ra (hình 5.2d), đóng khuôn lại và toàn bộ chu kỳ lại bắt đầu.

a. Ưu điểm của phương pháp

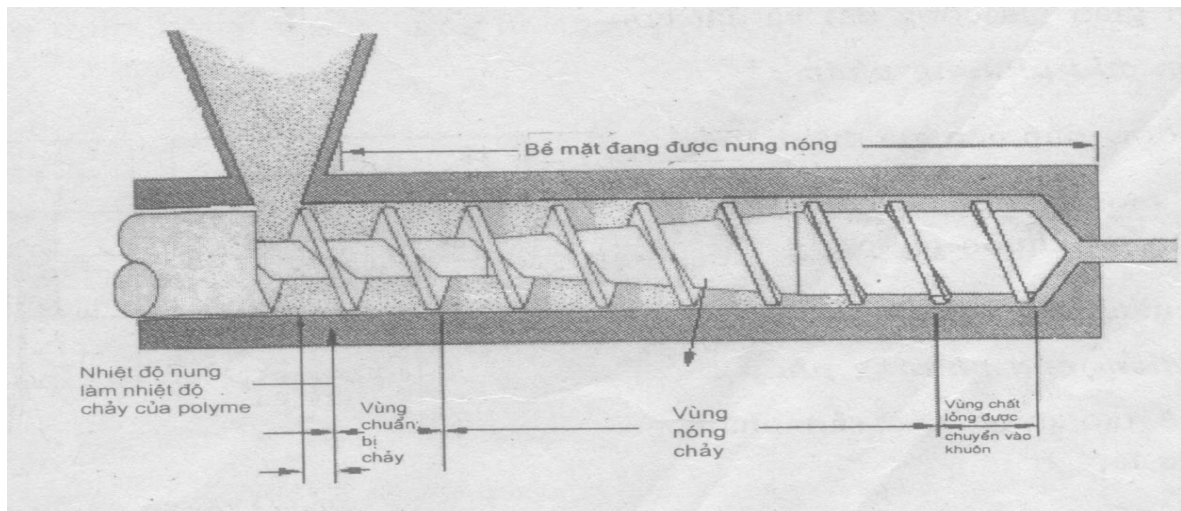
- Năng suất và chất lượng sản phẩm cao
- Điều kiện lao động nhẹ nhàng
- Có thể tự động hóa quá trình dễ dàng
- Có thể sản xuất được những dạng sản phẩm phức tạp.

b. Nhược điểm của phương pháp

- Giá thiết bị cao.
- Cần thường xuyên kiểm tra để đảm bảo chất lượng sản phẩm cao.

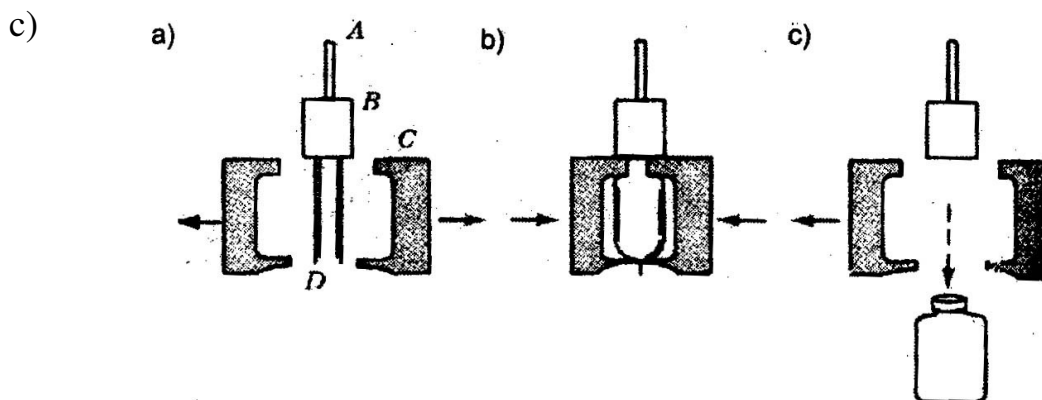
b. Đúc đùn

Sơ đồ đúc đùn được mô tả trên hình 5.3. TRực vít đẩy vật liệu bột làm cho nó nén lại, sau đó nóng chảy liên tục tạo nên chất lỏng nhớt. Chất này được đùn qua các lỗ của khuôn. Phương pháp đùn chủ yếu để sản xuất các sản phẩm như ống, thanh, tấm và nhiều loại hình dạng khác. Máy đúc đùn cũng có thể dùng để chế tạo chất dẻo tổng hợp (compound) hoặc tái sinh các nguyên liệu nhiệt dẻo ở dạng viên. Quá trình hóa rắn của sản phẩm đùn được thực hiện bằng cách làm lạnh với luồng không khí hoặc nước sao cho kích thước thu được là ổn định.



c. Đúc thổi

Là phương pháp chế tạo polyme nhiệt dẻo thành sản phẩm dạng bình chứa (tựa như chai lọ). Sơ đồ nguyên lí được trình bày trên hình 5.4. Đầu tiên một ống polyme được đùn ra, ngay khi đang ở dạng nửa nóng chảy (hình 5.4 a), đoạn ống này được đưa vào một khuôn gồm hai phần. Hơi nước hoặc không khí dưới áp lực nhất định được thổi vào đoạn ống làm cho thành của nó có hình dạng của khuôn (hình 5.4b). Đương nhiên, nhiệt độ, độ nhớt của đoạn ống phải được điều chỉnh chính xác. Sau đó ống được tháo ra (hình 5.4



d. Ép đúc (compression molding)

Nhiều loại polyme nhiệt rắn như Phenol fomadehyt, ure – fomadehyt ... được hình thành sản phẩm rắn bằng cách ép đúc.

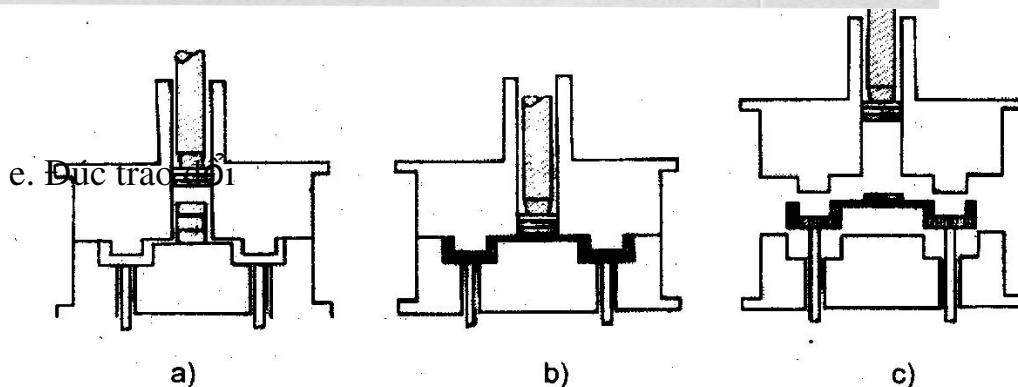
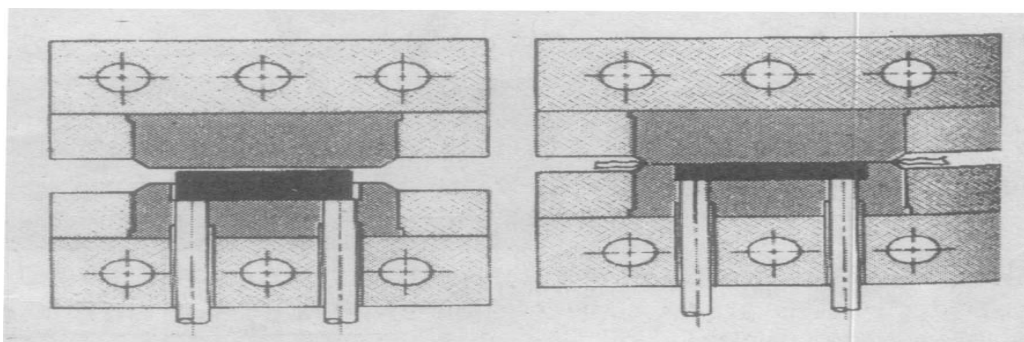
Trong phương pháp ép đúc nhựa nhiệt rắn, phụ gia được pha trộn theo tỷ lệ và nạp vào lòng khuôn dưới như hình 5.5. Cả hai nửa khuôn đều được nung nóng, tuy nhiên chỉ một nửa khuôn di động. Đóng khuôn, nung nóng và ép, vật liệu sẽ nóng chảy và điền kín lòng khuôn. Trước khi đúc, nguyên liệu có thể trộn rồi ép nguội thành một chiếc đĩa gọi là ép sơ bộ. Nung nóng trước các đĩa ép sơ bộ này sẽ giảm thời gian gia công, giảm áp suất đúc và làm sản phẩm đồng đều hơn. Phương pháp này dùng cho cả nhựa nhiệt dẻo và nhiệt rắn. Tuy nhiên đối với nhiệt dẻo, thời gian gia công dài và đắt hơn.

* Ưu điểm của phương pháp:

- Khuôn đơn giản nên giá thành thấp;
- Ít làm mòn khuôn, do thời gian chảy vật liệu trong khuôn ngắn;
- Có khả năng chế tạo sản phẩm lớn.

* Nhược điểm của phương pháp:

Không chế tạo chế được các sản phẩm có hình dạng phức tạp



Đúc trao đổi là một phương án của đúc ép, dùng để gia công vật liệu nhiệt rắn như phenolurea, melamine và các loại nhựa nhiệt rắn khác. Sự khác nhau giữa phương án đúc trao đổi và đúc ép là cách đưa vật liệu vào lòng khuôn. Trong đúc trao đổi, vật liệu không cấp trực tiếp vào lòng khuôn, trước tiên được làm nóng chảy trong buồng trao đổi nhiệt (hình 5.6 a) sau đó phun vào lòng khuôn do đó áp suất được phân bố đều hơn trên toàn bề mặt khuôn (hình 5.6 b). Sản phẩm được giữ đủ thời gian đông cứng để tạo nên cấu trúc mạng không gian, mới lấy ra khỏi khuôn (hình 5.6c). Phương pháp này được dùng cho nhựa nhiệt rắn và cho sản phẩm có hình dạng phức tạp.

2.4. Vật liệu composit

2.4.1. Khái niệm và tính chất chung

a. Khái niệm

Vật liệu composit là vật liệu nhiều pha, được tạo thành từ những phân tử rất khác nhau về tính chất, không hòa tan hoặc ít hòa tan vào nhau, có phân giới rõ rệt.

Trong thực tế, tồn tại phổ biến composit hai pha. Pha liên tục trong toàn khối vật liệu gọi là pha nền. Pha phân bố gián đoạn được nền bao bọc gọi là pha cốt.

Ví dụ: Bê tông là một loại composit, trong thành phần của nó gồm các hạt

đá, sỏi (cốt) được liên kết bởi chất dính kết xi măng (nền)

b. Cấu tạo

Cấu tạo của composit gồm hai thành phần chính: nền, cốt

- Nền là kim loại hoặc hợp kim (vật liệu composit nền kim loại), các polyme, sợi cacbon hoặc gốm (vật liệu composit nền polyme)

- Cốt: Có thể là kim loại (thép không gỉ, vofram, molipden...), các chất vô cơ (cacbon, thủy tinh, gốm...) và đôi khi cả chất hữu cơ như các polyamit thơm.

c. Đặc điểm và tính chất

Vật liệu composit nói chung có độ bền ở nhiệt độ thường và ở nhiệt độ cao, độ cứng vững, khả năng chống phá hủy môi và các tính chất khác hầu như cao hơn cả hợp kim kết cấu phổ biến. Ngày nay người ta có thể dự kiến trước tính chất để chế tạo composit theo ý muốn.

Một đặc điểm đáng chú ý của composit là sự kết hợp các thành phần luôn tuân theo quy luật sao cho thể hiện nổi bật những ưu điểm của từng cấu tử thành phần, còn nhược điểm bị loại bỏ. Ngoài ra vật liệu composit có tính chất mà từng thành phần riêng lẻ không thể có.

Sự hình thành composit dựa trên nguyên tắc phỏng sinh học. Những ví dụ về vật liệu composit trong thiên nhiên như cây, xương người và động vật, trong đó các sợi muối phốt phát mảnh, bền gắn với nhau bằng phần dẻo collagen.

2.4.2. Phân loại

Có nhiều cách phân loại. Dưới đây là hai cách phân loại thông dụng

a. Phân theo hình dạng cốt

* Vật liệu composit cốt sợi

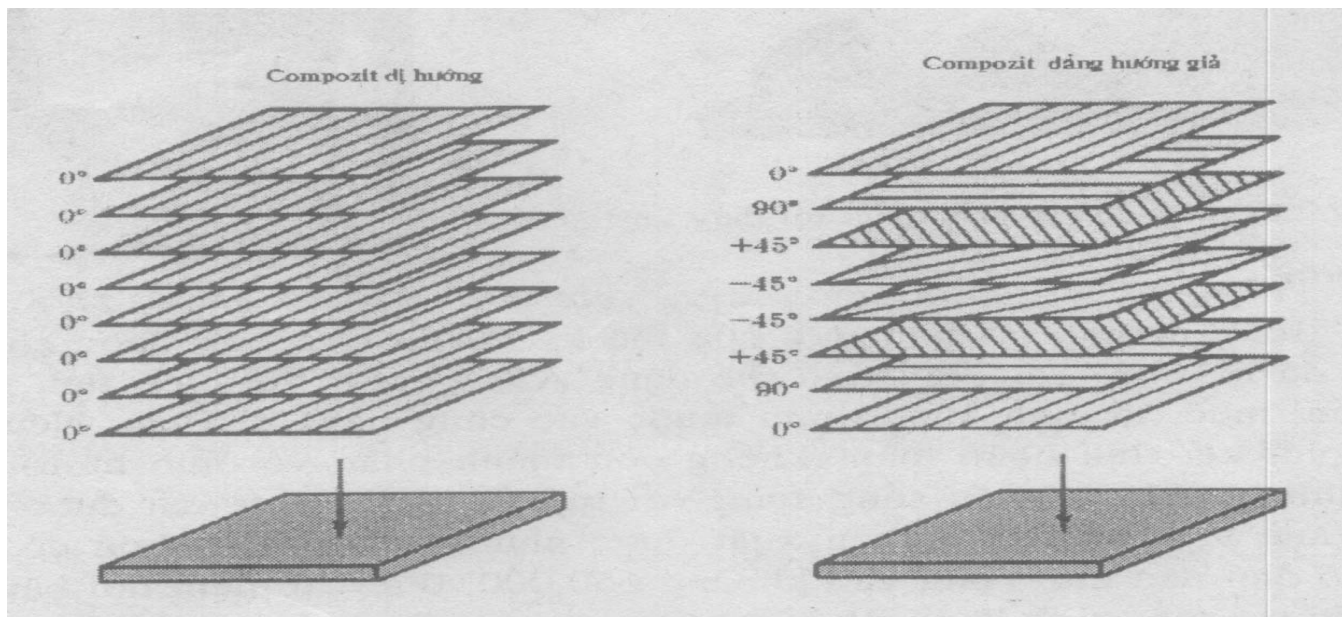
Đó là vật liệu composit có cốt là các loại sợi. Sợi được sử dụng ở dạng liên tục, gián đoạn. Ta có thể điều khiển sự phân bố phương của sợi để tạo tính chất có hướng thích hợp của composit. Vật liệu composit cốt sợi có vai trò quan trọng trong công nghiệp. Các loại sợi thường dùng hiện nay như: sợi thủy tinh, sợi cacbon, sợi aramit, sợi gốm, sợi tổng hợp cơ tính cao.

* Vật liệu composit cốt hạt

Đó là vật liệu composit có cốt ở dạng hạt. Cốt hạt khác cốt sợi ở chỗ nó không có kích thước ưu tiên. Hạt thường dùng như ôxit, nitrit, borit, cacbit ... Để cải thiện một số tính chất nào đó của nền, kết hợp làm giảm giá thành, ví dụ: Hợp kim ổ trượt đồng chì là một loại composit cốt hạt, trong đó các hạt chì phân tán đều trên nền đồng, có tác dụng tăng tính cắt gọt cho hợp kim gia công, tăng tính chống mài mòn khi sử dụng.

* Vật liệu composit cấu trúc (hình 5.7)

Thực chất đây là khái niệm chỉ tên bán thành phẩm của các loại vật liệu được cấu hình từ các composit khác nhau. Composit cấu trúc thông dụng nhất là dạng lớp và dạng tấm ba lớp.



b. Phân theo bản chất vật liệu thành phần

Tùy thuộc bản chất vật liệu thành phần nền, composit được phân làm ba loại chính: Composit nền hữu cơ, composit nền kim loại, composit nền gốm..

2.4.3. Một số vật liệu composit thông dụng

a. Sợi thủy tinh

Hiện nay sợi thủy tinh là một trong 3 loại sợi quan trọng được làm bằng vật liệu cốt cho composit. Sợi thủy tinh có những đặc điểm sau: Độ bền riêng cao (σ/p) cao, Ổn định kích thước, chịu nhiệt, chịu lạnh, chịu ẩm tốt, tính chống ăn mòn cao, tính cách điện cao, dễ sản xuất, giá thành hạ. Mỹ là nước sản xuất sợi thủy tinh mạnh nhất thế giới. Hiện nay có hai loại sợi thủy tinh quan trọng dùng cho vật liệu composit; Sợi thủy tinh E (electrical) và loại S (high- strength).

Sợi thủy tinh loại E là sợi thủy tinh có nhiều công dụng nhất. Thành phần chủ yếu của nó gồm: $(52 \div 56)\% \text{SiO}_2$, $(12 \div 16)\% \text{Al}_2\text{O}_3$, $(16 \div 25)\% \text{CaO}$; $(8 \div 13)\% \text{B}_2\text{O}_3$, độ bền kéo của sợi E khoảng 3.440Gpa và mô đun đàn hồi đạt tới 4.480Mpa.

Sợi thủy tinh loại S là sợi thủy tinh có độ bền và giá thành cao hơn sợi loại E, loại vật liệu này được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp hàng không vũ trụ và các mục đích quân sự khác. Thành phần hóa học gồm: 65% SiO_2 , 25% Al_2O_3 , 10% MgO . Độ bền kéo có thể đạt tới 4.480 Mpa, mô đun đàn hồi đạt tới 85.4Gpa.

Người ta sản xuất sợi thủy tinh bằng cách kéo những sợi thủy tinh riêng rẽ từ thủy tinh lỏng, sau đó ghép chúng lại thành sợi.

b. Sợi cacbon

Đây là một trong những vật liệu mới của thế kỷ 20. Sợi cacbon được chế tạo từ Graphit tinh khiết. Như đã biết, do cấu trúc tinh thể ở dạng A_3 , Graphit thể hiện tính dị hướng mạnh. Trong sợi cacbon, mức độ dị hướng phụ thuộc vào công nghệ chế tạo. Nếu bằng cách nào đó làm cho graphit kết tinh hoàn toàn (không còn thành phần vô định hình) và các tinh thể Graphit có sự định hướng chủ yếu song song với trục cốt thì sợi sẽ đạt chỉ tiêu cơ tính rất cao. Trong thực tế người ta đã sản xuất được loại sợi cacbon có độ bền kéo tới 4000 MPa, mô đun đàn hồi trong khoảng 650.000 MPa. Ưu điểm nổi bật của sợi cacbon cũng như sợi thủy tinh là có độ bền riêng rất cao.

Đáng tiếc giá thành sợi cacbon khá cao do vậy phạm vi sử dụng chúng còn hạn chế.

Nguồn nguyên liệu chính để chế tạo sợi cacbon dùng cho vật liệu composit là polyacri – lonitrile (PAN). Công nghệ sản xuất sợi cacbon gồm 3 giai đoạn chính:

*. *Giai đoạn Ổn định hóa*

Sợi PAN được kéo thẳng sao cho các trục của chúng đều song song với nhau, tiếp theo tiến hành oxy hóa ở khoảng $(200 \div 220)^\circ\text{C}$, trong khi sợi vẫn giữ ở trạng thái bị kéo. Trong giai đoạn này O, H, N trong cấu trúc sợi bị loại bỏ, sợi PAN về cơ bản vẫn chuyển thành sợi cacbon.

*. *Giai đoạn cacbon hóa*

Sau ổn định hóa sợi PAN được tiếp tục nung nóng trong khí quyển bảo vệ (khí trơ) đến $(1000 \div 1500)^\circ\text{C}$, trong giai đoạn này liên kết rỗng giữa các lớp Graphit được hình thành, làm tăng độ bền của vật liệu một cách đáng kể.

*. *Giai đoạn graphit hóa*

Tiếp tục nung đến nhiệt độ 1800°C sẽ tạo điều kiện định hướng các liên kết trong tinh thể Graphit song song với trục sợi.

c. Sợi hữu cơ Aramit

Sợi aramit có nguồn gốc từ sợi polyamit thơm. Có công thức cấu tạo như hình. Sợi aramit do công ty thương mại Dupont giới thiệu trên thị trường vào năm 1972 với tên thương mại là Kevlar, có 2 loại Kevlar 29 và Kevlar 49.

- Kevlar 29 có mật độ thấp, độ bền cao, được sử dụng làm vỏ bảo vệ, ống nối, cáp ...

- Kevlar 49 có mật độ, độ bền cao, được sử dụng làm cốt sợi cho vật liệu composit, dùng trong chế tạo hàng không, tàu thủy, ô tô và nhiều ngành công nghiệp khác.

Sợi Kevlar được chế tạo bằng phương pháp tổng hợp ở -10°C , sau đó được kéo thành sợi trong dung dịch. Tiếp theo sợi được xử lý nhiệt để tăng mô đun đàn hồi.

Giá thành của sợi Kevlar thấp hơn sợi cacbon từ 3 đến 5 lần, song việc sử dụng chúng để chế tạo vật liệu composit còn bị hạn chế do:

Độ bền nén và uốn dọc thấp. Rất nhạy với biến dạng cắt giữa các lớp. Nhược điểm này gây ra bởi liên kết sợi – nhựa không chắc.

2.5. Dung dịch trơn nguội và dầu mỡ bôi trơn

2.5.1. Dung dịch trơn nguội

a. Tác dụng của dung dịch trơn nguội

Các dung dịch trơn nguội được sử dụng trong khi cắt gọt kim loại để tưới lên dao cắt và vật gia công với những tác dụng như sau:

- Làm nguội dao cắt và vật gia công, nhờ đó làm tăng tuổi thọ của dao và góp phần làm tăng độ chính xác của chi tiết;
- Làm cho sự biến dạng dẻo của kim loại khi cắt gọt được dễ dàng hơn, nhờ đó làm giảm công tiêu hao của máy để cắt gọt;
- Bôi trơn làm giảm ma sát giữa dao và phôi, nhờ đó làm giảm được sự mài mòn dao trong quá trình gia công;
- Đẩy phôi kim loại ra khỏi vùng cắt gọt;

b. Các dung dịch trơn nguội thường dùng

Các dung dịch trơn nguội thường dùng là: nước xà phòng, sunfuaphendon, natricacbonnat, êmuxi, dầu nhờn... trong đó êmuxi được dùng nhiều nhất vì rẻ tiền và hiệu quả làm trơn nguội khá tốt. Êmuxi là hỗn hợp của nước, dầu khoáng vật, xà phòng, natricacbonnat. Việc lựa chọn dung dịch trơn nguội phụ thuộc vào phương pháp công nghệ cắt gọt kim loại, loại dụng cụ cắt gọt kim loại và vật liệu gia công...

Ví dụ khi tiện thép cacbon có thể dùng êmuxi hoặc dầu lửa. Khi tiện hợp kim đồng có thể dùng êmuxi hoặc không tưới mà tiện khô hoàn toàn.

2.5.2. Dầu mỡ bôi trơn

a. Tác dụng của dầu mỡ

- Làm giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc của các chi tiết máy, đó làm giảm sự mài mòn chi tiết và hạn chế được tiêu hao năng lượng vì ma sát;
- Làm mát các chi tiết trong quá trình máy làm việc, nhất là dầu vì dầu có tác dụng truyền dẫn nhiệt ra ngoài nhờ hệ thống dẫn dầu chuyển động liên tục;
- Làm sạch bề mặt các chi tiết máy, nhờ đó làm hạn chế sự mài mòn của các chi tiết.

Ví dụ: Trong động cơ đốt trong, màng dầu mỏng trên vách xi lanh ngoài tác dụng bôi trơn còn có tác dụng làm kín khe hở giữa xecmăng và pitton đảm bảo cho hỗn hợp khí cháy không bị rò ra ngoài;

- Tạo ra lớp bảo vệ chống ăn mòn kim loại.

b. Dầu nhờn

Dầu nhờn được chế biến từ dầu mỏ, có màu đen, màu lục, màu nâu. Dầu nhờn được phân làm các nhóm chủ yếu sau:

- Dầu nhờn động cơ (bôi trơn cho động cơ máy bay, các cầu ô tô, máy kéo...)
- Dầu truyền động (dùng để bôi trơn các loại hộp số, các cầu ô tô, các hộp truyền lực, hộp giảm tốc ...)
- Dầu công nghiệp
- Dầu đặc biệt (dầu tuabin, dầu biến thế...)

c. Mỡ

Mỡ là chất bôi trơn thể đặc, có màu vàng nhạt, nâu sẫm hoặc đen.

Mỡ dùng để bảo quản các dụng cụ, chi tiết máy trong lúc vận chuyển hoặc chờ sử dụng. Mỡ được sử dụng để bôi trơn các bộ phận khó giữ dầu, hoặc lâu mới phải thay chất bôi trơn. Có nhiều loại mỡ, khi sử dụng cần phải chú ý chọn đúng.

Ví dụ:

- Mỡ để bảo quản kim loại, chi tiết máy, dụng cụ thường dùng loại C - 11, C - 12, YCT - 1.
- Mỡ bôi trơn bánh răng cầu trục, bánh răng tốc độ chậm, thường dùng mỡ Grafit (YCA).
- Mỡ bôi trơn trục động cơ điện, máy phát điện, trục cán máy, thường dùng mỡ côngtalin (ITB -1- 13).

Kiến thức cần thiết để thực hiện công việc

1. Nhôm và hợp kim nhôm
2. Đồng và hợp kim đồng
3. Hợp kim cứng
 - Tính chất và công dụng
 - Phân loại và ký hiệu
3. Gỗ
 - Tính chất cơ lý của gỗ

- Các biện pháp bảo quản gỗ

4. Chất dẻo

- Tính chất cơ lý nhiệt của chất dẻo

- Các phương pháp chế biến sản phẩm từ chất dẻo

5. Vật liệu Compozit

- Khái niệm và tính chất chung

- Một số vật liệu Compozit thông dụng

6. Dung dịch trơn nguội và dầu mỡ bôi trơn

6.1 Dung dịch trơn nguội

6.2 Dầu mỡ bôi trơn

Các bước thực hiện công việc

1. Trình bày tính chất, ký hiệu, công dụng của các loại hợp kim nhôm?

2. Trình bày tính chất, ký hiệu, công dụng của các loại hợp kim đồng?

3. Nêu thành phần của gỗ? Trình bày tính chất của gỗ và cách bảo quản gỗ?

4. Nêu tính chất của chất dẻo? trình bày các phương pháp chế tạo sản phẩm từ chất dẻo?

5. Trình bày thành phần, tính chất của một số vật liệu composit thông dụng.

6. Nêu tính chất chung của gỗ? Trình bày các biện pháp bảo quản gỗ.

7. Nêu công dụng và kể tên các loại dung dịch trơn nguội.

8. Nêu công dụng và kể tên các loại dầu mỡ bôi trơn thường dùng.

Yêu cầu đánh giá kết quả học tập

1. Trình bày tính chất, ký hiệu, công dụng của các loại hợp kim nhôm?

a. Hợp kim nhôm biến dạng (đura)

- Thành phần

- Tính chất

- Ký hiệu

- Công dụng

b. Hợp kim nhôm đúc (sulumin)

- Thành phần

- Tính chất

- Ký hiệu

- Công dụng

2. Trình bày tính chất, ký hiệu, công dụng của các loại hợp kim đồng?

a. La tông (đồng thau nhị nguyên)

- Phân loại và thành phần
- Tính chất
- Ký hiệu
- Công dụng

b. Brông (đồng thanh)

- Thành phần
- Tính chất
- Ký hiệu
- Công dụng

3. *Nêu thành phần của gỗ? Trình bày tính chất của gỗ và cách bảo quản gỗ?*

- Thành phần của gỗ
- Tính chất chung của gỗ
- Cách bảo quản gỗ

4. *Nêu tính chất của chất dẻo? trình bày các phương pháp chế tạo sản phẩm từ chất dẻo?*

- Tính chất chung của chất dẻo
- Các phương pháp chế tạo chất dẻo
 - + Phương pháp đúc phun - bơm
 - + Phương pháp đúc đùn
 - + Phương pháp đúc thổi
 - + Phương pháp đúc ép
 - + Phương pháp đúc trao đổi

5. *Trình bày thành phần, tính chất của một số vật liệu composit thông dụng.*

a. Composit sợi thủy tinh

- Loại E (electrical)
 - + Thành phần
 - + Tính chất
- Loại S (high – strength)
 - + Thành phần
 - + Tính chất

b. Composit sợi cacbon

- Thành phần

- Tính chất

6. *Nêu tính chất chung của gỗ? Trình bày các biện pháp bảo quản gỗ.*

- Tính chất chung của gỗ

- Các biện pháp bảo quản gỗ

+ Phòng chống nấm và côn trùng

+ Phòng chống hà

7. *Nêu công dụng và kể tên các loại dung dịch trơn nguội*

- Công dụng của dung dịch trơn nguội

- Các loại dung dịch trơn nguội

8. *Nêu công dụng và kể tên các loại dầu mỡ bôi trơn thường dùng.*

- Công dụng của dầu mỡ bôi trơn

- Các loại dầu mỡ bôi trơn thường dùng

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hoàn Sơn. Vật liệu cơ khí . NXB Giáo dục - 2000
2. Phạm Thị Minh Phương. Tạ Văn Thất. Công Nghệ nhiệt luyện .
NXB Giáo dục - 2000
3. Nghiêm Hùng. Kim loại học và nhiệt luyện. Nhà xuất bản đại học
và
trung học chuyên nghiệp Hà Nội - 1979
4. Giáo trình vật liệu học đại cương