GIÁO TRÌNH
VẬT LIỆU CƠ KHÍ

Chương 1
CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU

1.1.CẤU TRÚC VÀ LIÊN KẾT NGUYÊN TỬ

Trong thiên nhiên tồn tại hai dạng vật rắn khác nhau về tính chất là tinh thể và vô định hình .

Các vật tinh thể ở trạng thái rắn, khi nung đến nhiệt độ nhất định thì chúng biến thành trạng thái lỏng. Khi nguội xảy ra quá trình ngược lại. Việc chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác xảy ra ở một nhiệt độ nhất định gọi là nhiệt độ nóng chảy.

Các vật vô định hình khi nung nóng bị mềm ra trong một khoảng nhiệt độ và sau đó chuyển thành trạng thái lỏng tức là không có điểm nhiệt độ nóng chảy.

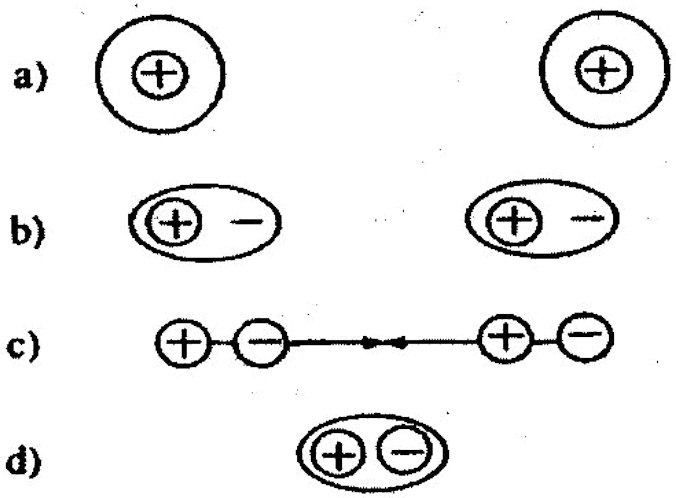
Trạng thái tinh thể của chất rắn ổn định hơn trạng thái vô định hình.

Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn:

Bảng 1.1

Tinh thể	Ar	CH4	Kim cương	SiC	LiF	NaCl	Fe	Na
Năng lượng kJ/mol	7,5	10	750	1180	1000	750	390	110
Kiểu liên kết	Phân tử		Đồng hoá trị		ion		kimloại	

1.1.1. Tinh thể phân tử (liên kết Van der Waals).



Hình 1.1. Mô hình liên kết Van der Waals

Liên kết Van der Waals sinh ra giữa sự tương tác điện tử ngoài cùng của các nguyên tử trên khoảng cách lớn khi các mây điện tử chưa tiếp xúc với nhau. Nó xuất hiện ở bất kỳ phần tử nào (các ion, nguyên tử, phân tử).

Năng lượng liên kết của Van der Waasl không lớn vì các tinh thể phân tử có nhiệt độ nóng chảy và bay hơi thấp.

1.1.2. Liên kết đồng hoá trị

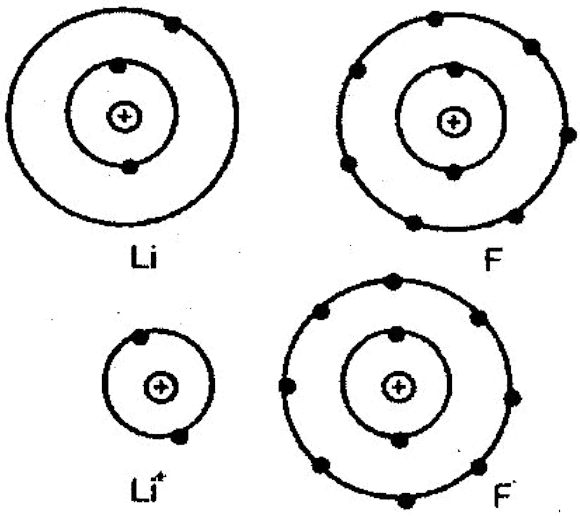
Liên kết này tạo ra khi hai hoặc nhiều nguyên tử góp chung nhau một số điện tử để đủ 8 điện tử ở lớp ngoài cùng (điện tử hoá trị). Được tạo thành trong các phân tử thuộc nhóm IV, V, VI VII phân nhóm B.

Các nguyên tử của nguyên tố hoá học nhóm VIIB có lớp điện tử ngoài cùng là 7. Để có đủ 8 điện tử cần kết hợp hai nguyên tử lại bằng cách góp chung hai điện tử lớp ngoài cùng. Ví dụ: liên kết đồng hoá trị giữa hai nguyên tử clo(Cl) trong phân tử CI_2.

Sự liên kết đồng hoá trị xảy ra giữa các nguyên tử cùng loại (cùng một nguyên tố hoá học) gọi là liên kết đồng hoá trị **đồng cực** ví dụ: CI_2, Kim cương, silic...

Sự liên kết đồng hoá trị xảy ra giữa các nguyên tử khác loại (các nguyên tố hoá học nhóm IIIA với VA hoặc IIA với VIA) gọi là liên kết đồng hoá trị **dị cực** .

1.1.3. Liên kết ion



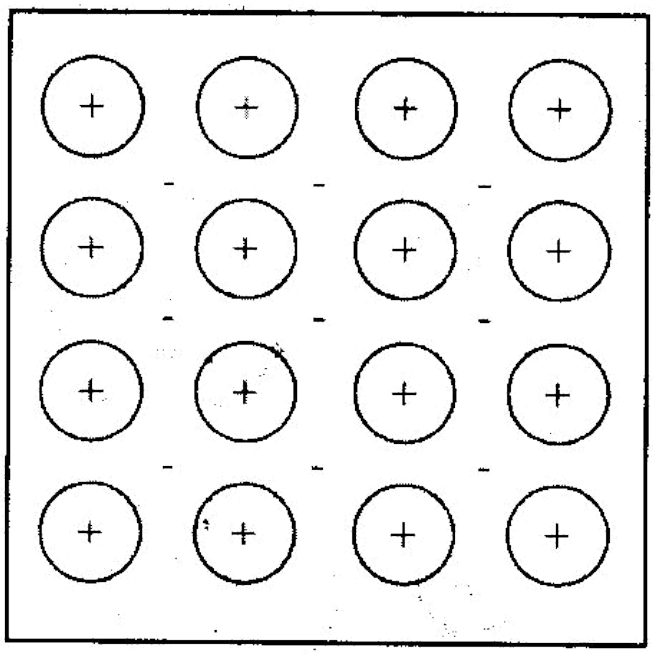
Hình 1.2. Liên kết ion của LiF

Đây là liên kết mạng các nguyên tử cho bớt điện tử lớp ngoài cùng để trở thành ion dương(cation) hoặc nhận thêm điện tử để điền đầy lớp ngoài cùng và trở thành ion âm (anion).

Ví dụ: liên kết ion giữa Li và F để tạo thành LiF, Li cho một điện tử để trở thành Li^+ và F nhận một điện tử để trở thành F^-, kết quả là tạo thành hợp chất LiF.

Liên kết ion được tạo thành giữa các nguyên tố có (nhóm VIB, VIIB) với các nguyên tố (nhóm IB, IIB), các ôxít kim loại(Al_2O_3 MgO, CaO, Fe_3O_4, NiO...)

1.1.4. Liên kết kim loại



Hình 1.3. Liên kết kim loại

Các ion dương, tạo thành một mạng xác định, đặt trong không gian điện tử tự do "chung". Đó là hình ảnh liên kết kim loại. Năng lượng liên kết là tổng hợp lực đẩy và hút tĩnh điện giữa các ion dương và mây điện tử tự do (H1.3).

Liên kết kim loại thường được tạo nên từ những nguyên tử có ít điện tử hoá trị. Các nguyên tử ở nhóm IA, với một điện tử hoá trị, có tính kim loại điển hình.

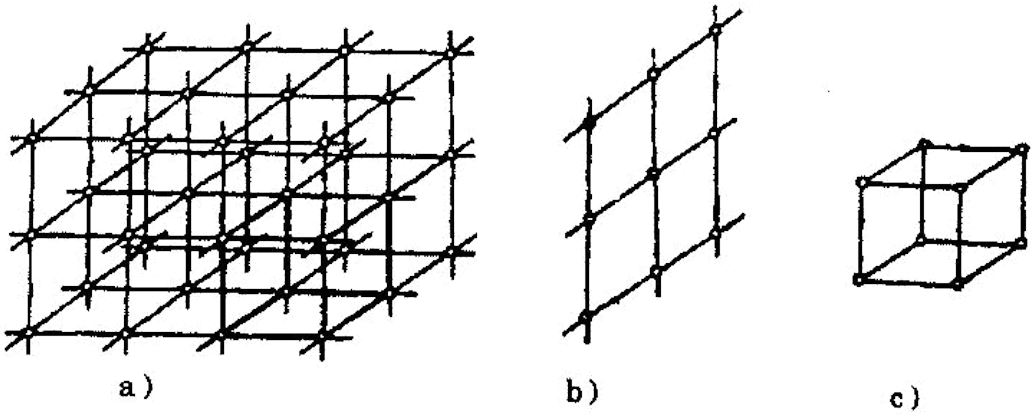
1.2 MẠNG TINH THỂ LÝ TƯỞNG

1.2.1. Khái niệm cơ bản

Mạng tinh thể là mô hình không gian để nghiên cứu các quy luật sắp xếp các chất điểm trong vật tinh thể.

Mặt tinh thể: các mặt đi qua các chất điểm, các mặt này song song cách đều nhau

Phương tinh thể: tập hợp các chất điểm cùng nằm trên một đường thẳng.



Hình 1.4. a) Mạng tinh thể b) Mặt tinh thể c) Khối cơ bản

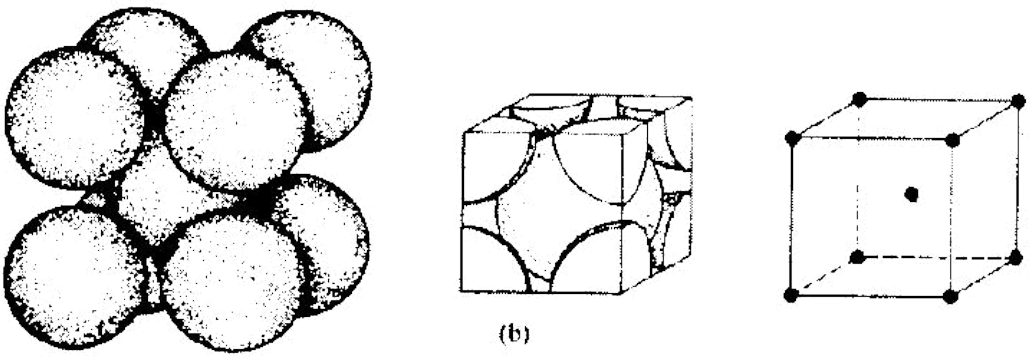
Khối cơ bản:khối nhỏ nhất có cách sắp xếp chất điểm đại diện chung cho mạng tinh thể

Mạng tinh thể:sự sắp xếp liên tục các khối cơ bản sẽ tạo thành mạng tinh thể.

Để mô tả khối cơ bản của mạng tinh thể người ta dùng sáu đại lượng: ba đoạn thẳng bằng khoảng cách các hạt gần nhất theo cac trục toạ độ a, b, c và ba góc giữa các đoạn thẳng này α, β, γ.

1.2.2. Mạng lập phương thể tâm (LPTT)

Các nguyên tử nằm ở các đỉnh và giữa (tâm) các khối của hình lập phương.



Hình 1.5. Mạng LPTT

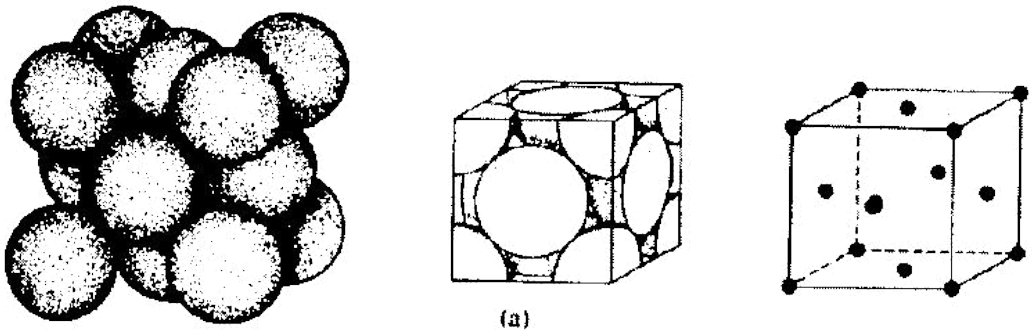
Số nguyên tử n của khối cơ bản được tính như sau: mỗi nguyên tử ở đỉnh đồng thời là khối cơ bản nếu thuộc về một ô chỉ có 1/8 nguyên tử, nguyên tử ở tâm hoàn toàn thuộc về ô cơ bản, vậy:

Số nguyên tử $n = \frac{1}{8} \times 8$ đỉnh + 1 (giữa) = 2

Mật độ nguyên tử Mv = 86%

Các kim loại Fe_α, Cr, W,Mo ... có kiểu mạng này

1.2.3. Mạng lập phương diện tâm (LPDT)



Hình 1.6 Mạng LPDT

Các nguyên tử (ion) nằm ở các đỉnh và giữa (tâm) các mặt của hình lập phương.

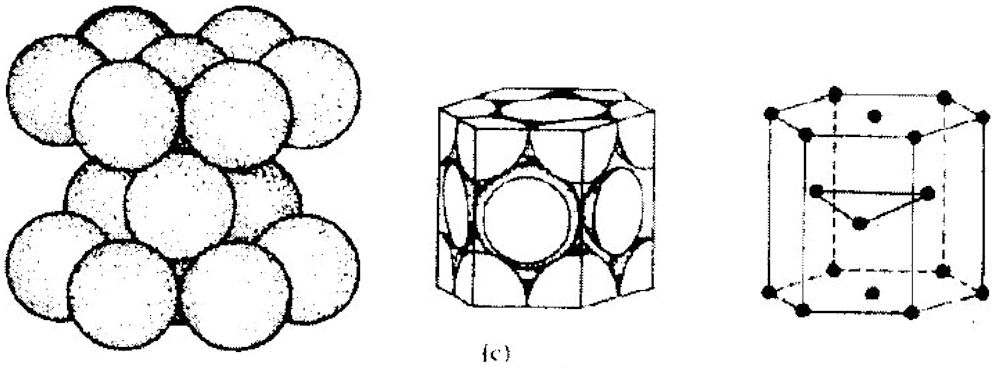
H1.7 là ô cơ bản kiểu mạng này. Bốn nguyên tử ở trên các đỉnh của mỗi mặt bên không tiếp xúc với nhau nhưng lại tiếp xúc với các nguyên tử nằm giữa các mặt.

Số nguyên tử: $n = \frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$

mật độ nguyên tử: $M_v = 74\%$

Các kim loại Fe_γ, Cu, Ni, Al, Pb... có mạng này

1.1.4. Mạng lục giác xếp chặt(LGXC)



(c)

Hình 1.7.Mạng lục giác xếp chặt

Các nguyên tử nằm ở 12 đỉnh, tâm hai mặt đáy và tâm của ba khối lăng trụ tam giác đều cách nhau.

Ô cơ bản của mạng lục giác xếp chặt là khối lăng trụ lục giác với thông số mạng là a và.

Số nguyên tử n là: n = 1/6 x 12 + 1/2 x 2 +3 = 6.

Mật độ nguyên tử Mv = 74%.

Các nguyên tố Be, Mg, Ca ... có kiểu mạng này.

1.3.MẠNG TINH THỂ ĐIỂN HÌNH

1.3.1.Dạng thù hình

Đây là sự tồn tại hai hay nhiều cấu trúc mạng tinh thể khác nhau của cùng một nguyên tố hay một hợp chất hoá học. Các dạng thù hình được ký hiệu bằng chữ cái Hy Lạp α ,β, γ.

Sự tồn tại các dạng thù hình phụ thuộc vào hai yếu tố 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 xuất cao.

Sắt là kim loại có tính thù hình. Ở dưới 9118C có mạng lập phương thể tâm, từ 911413928C có mạng lập phương diện tâm. Khi chuyển từ mạng LPTT sang mạng LPDT (Mv = 68% sang Mv = 74%) thể

tích giảm đi đột ngột. Khi làm nguội có quá trình ngược lại.

1.3.2.Tính dị hướng

Tính dị hướng là sự khác nhau về tính chất (cơ, lý, hoá) theo các phương khác nhau.

Trong tinh thể, khoảng cách giữa các nguyên tử khác nhau theo những phương khác nhau và do đó tính chất cũng khác nhau.

Tính dị hướng tính chất của tinh thể chỉ đúng với đơn tinh thể . Trong điều kiện tự nhiên các vật tinh thể là đa tinh thể nghĩa là tập hợp các tinh thể nhỏ định hướng khác nhau. Trong trường hợp này tính dị hướng mất đi vì khoảng cách thống kê trung bình giữa các nguyên tử theo tất cả các phương đều gần như nhau. Như vậy đa tinh thể được gọi là giả đẳng hướng.

1.3.3. Đa tinh thể

Nếu khối kim loại đem dùng có mạng thống nhất và phương không đổi trong toàn bộ thể tích thì được gọi là đơn tinh thể, tức là chỉ có một tinh thể. Trong thực tế rất hiếm gặp mà người ta phải chế tạo bằng phương pháp nhân tạo. Các vật kim loại đem dùng, dù là rất nhỏ, cũng bao gồm rất nhiều tinh thể (trong một mm^3 có tới hàng chục, hàng nghìn, hàng vạn), cấu tạo nhỏ như vậy gọi là đa tinh thể. Một số tính chất của đa tinh thể:

- Sự định hướng mạng tinh thể của mỗi hạt là ngẫu nhiên, nên phương giữa các hạt lệch nhau một góc nào đó thường từ vài độ đến chục độ.
- Không có tính dị hướng, có tính đẳng hướng giả, tức là theo các phương tính chất đều giống nhau.
- Ở vùng biên giới các hạt nguyên tử sắp xếp không trật tự gọi là vùng tinh thể bị xô lệch.

Chương 2

GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ

2.1. Khái niệm về giản đồ trạng thái

Sự biến đổi trạng thái và tổ chức bằng hệ hợp kim chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần, để biểu thị mối quan hệ đó đối với mỗi hệ, người ta dùng giản đồ trạng thái.

2.1.1.Công dụng của từng giản đồ trạng thái

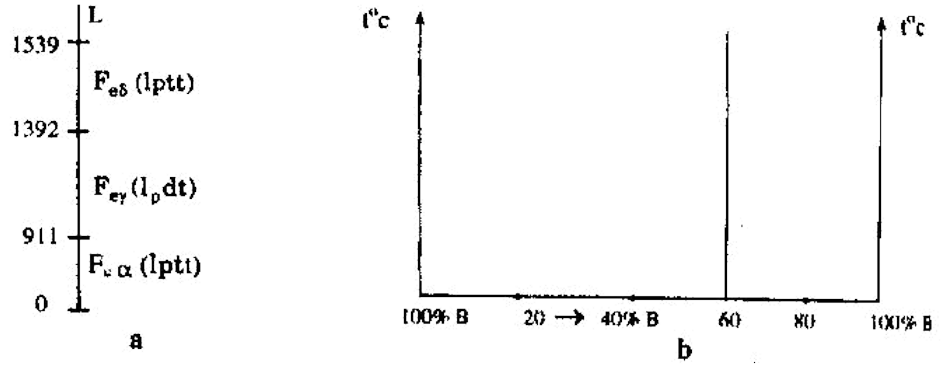
Từ giản đồ trạng thái có thể xác định được:

- Nhiệt độ chảy, chuyển biến pha của các hợp kim trong hệ khi nung nóng và làm nguội, nhờ đó xác định được dễ dàng các chế độ đúc, luyện, rèn, cán, hàn, nhiệt luyện.
- Trạng thái pha (pha nào, thành phần và tỷ lệ giữa các pha) của các hợp kim trong hệ, do đó suy đoán được các đặt tính cơ bản và công dụng.

Giản đồ trạng thái được xây dựng trong điều kiện nung nóng và làm nguội vô cùng chậm tức là ở trạng thái cân bằng

2.1.2. Cấu tạo của giản đồ trạng thái hai cấu tử

Kim loại nguyên chất có kiểu giản đồ trạng thái đơn giản, chỉ có một trục nhiệt độ trong đó ghi nhiệt độ chảy và biến đổi hình thù.



Hình 2.1 a) Giãn đồ trạng thái một nguyên b) Giãn đồ trạng thái hai nguyên

Ở hợp kim hai cấu tử có thêm sự biến đổi của thành phần hoá học,

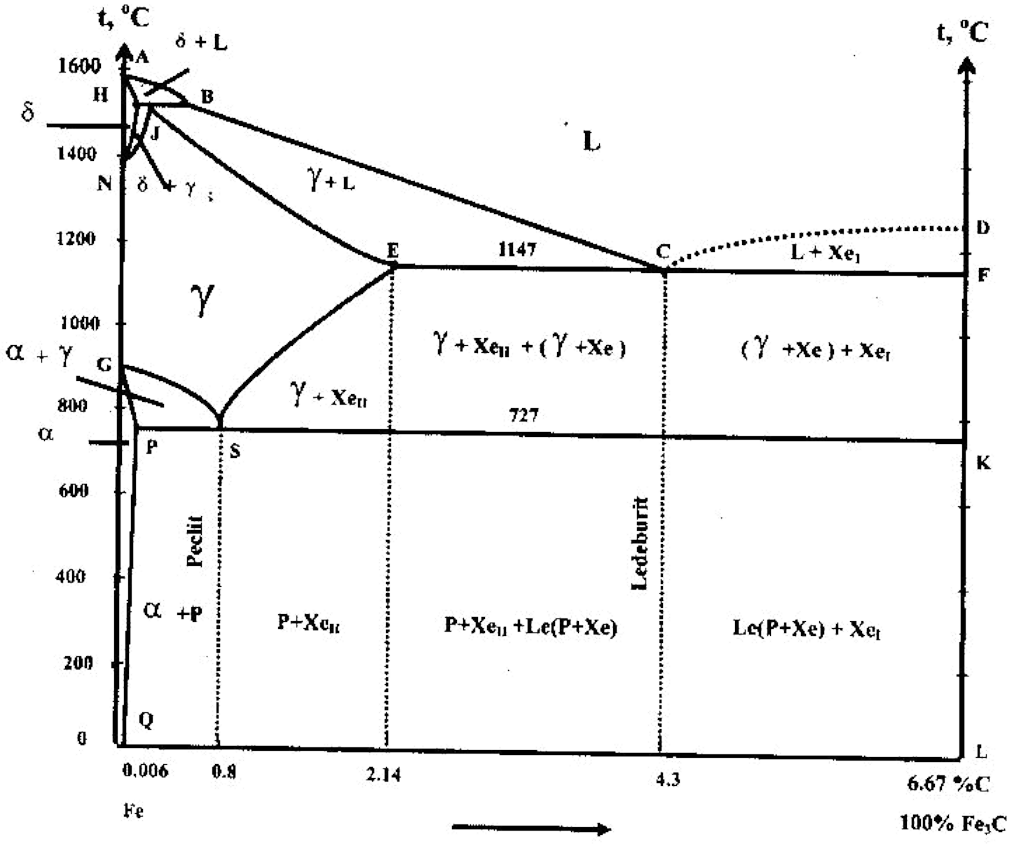
nên ngoài trục tung có thêm trục hoành biểu thị sự biến đổi của thành phần. Mỗi điểm trên đó biểu thị một hợp kim có thành phần nhất định, còn hai mút ứng với hai cấu tử nguyên chất. (100%A + 0%B và 100%B + 0%A). Đường thẳng bất kỳ ứng với sự biến đổi nhiệt độ của một hợp kim tương ứng (trên hình vẽ là hợp kim 40%A + 60%B).

2.2. Giản đồ trạng thái sắt - cacbon

Cơ sở nghiên cứu nhiệt luyện thép và tìm hiểu các tính chất của thép, gang là giản đồ trạng thái Fe-C. Có thể nói hiểu và nắm vững (bao gồm nhớ, phân tích các chuyển biến) giản đồ trạng thái Fe-C là cơ sở quan trọng nhất để nghiên cứu các nội dung tiếp theo.

Do tầm quan trọng như vậy nên việc xác lập và hoàn thiện các giản đồ trạng thái Fe-C vẫn là nhiệm vụ quan trọng của kim loại học.

Dạng của giản đồ



Hình 2.2 : Giản đồ trạng thái Fe-C

Đáng lẽ theo như tên gọi, giản đồ trạng thái Fe-C, phải được trình bày 100% Fe đến 100%C, song do không dùng các hợp kim Fe-C với lượng cacbon nhiều hơn 5% nên chỉ trình bày đến 6,67% C tức ứng với hợp chất hoá học xementit như phần giản đồ với lượng cacbon lớn hơn 6,67% khá phức tạp và cho đến nay vẫn chưa xác định được chính xác.

Trên giản đồ, đường ABCD là đường lỏng, AHJECF là đường đặc.

Hợp kim lỏng (L) của cacbon trong sắt, tồn tại ở phía trên đường lỏng ABCD.

Các toạ độ (nhiệt độ và thành phần cacbon) được trình bày ở bảng 2.1.

Điểm	Nhiệt độ °C	%C	Điểm	Nhiệt độ °C	%C	Điểm	Nhiệt độ °C	%C
A	1539	0,00	E	1147	2,14	P	727	0,020
B	1499	0,51	C	1147	4,30	S	727	0,800
H	1499	0,10	F	1147	6,67	K	727	6,670
J	1499	0,16	D	1220	6,67	Q	0	0,006
N	1392	0,00	G	911	0,00	L	0	6,67

2.3. Cấu trúc và tính chất các pha trong hợp kim

2.3.1. Các tổ chức một pha

a.Xementit (Xe hay Fe_3C)

Là hợp chất hoá học của sắt-cacbon Fe_3C, ứng với đường thẳng đứng DFKL. Trong giản đồ cần phân biệt ba dạng của Xementit.

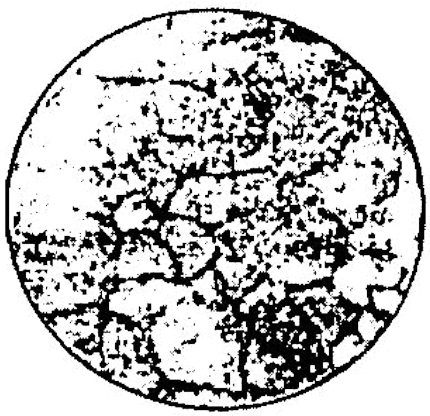
Xementit một (Xe_I) là loại kết tinh từ hợp kim lỏng, nó được tạo thành trong các hợp kim chứa nhiều hơn 4,3%C và trong khoảng nhiệt độ 1600 -1147 °C (theo đường DC). Do tạo nên từ pha lỏng và nhiệt độ cao nên xementit có tổ chức rất thô to.

Xementit hai Xe_{II} được tiết ra từ dung dịch rắn Ostenit ở khoảng nhiệt độ 1147 - 727 °C (theo đường ES) khi đ hoà tan giới hạn của cacbon ở trong pha này giảm từ 2,14 xuống còn 0,8%. Xe_{II} có trong hợp kim với C > 0,8%. Do tạo từ pha rắn ở nhiệt độ không cao lắm nên Xementit II có

tổ chức nhỏ hơn, cũng do tiết ra từ Ostenit ở vùng nhiệt độ thấp Xe_{II} có dạng lưới hoặc hạt nhỏ.

Xementit ba (Xe_{III}) là loại được tiết ra từ dung dịch rắn ferit ở trong khoảng nhiệt độ thấp hơn 727 °C (theo đường PQ) khi độ hoà tan giới hạn của cacbon trong ferit giảm từ 0,02 xuống 0,006%. Xe_{III} có ở trong mọi hợp kim có C > 0,006% nhưng với lượng rất ít và không lúc nào cũng phát hiện được trên tổ chức tế vi. Có thể thấy được Xe_{III} ở trong hợp kim có ít hơn 0,1% C. Do tạo nên từ pha rắn và nhiệt độ thấp, khả năng khuếch tán của nguyên tử rất kém nên Xe_{III} thường ở dạng mạng hay hạt rất nhỏ bên cạnh ferit. Do quá ít nên có thể bỏ qua lượng Xe_{III} trong tổ chức của các hợp kim Fe-C.

Các mạng Xementit trên không khác nhau về bản chất pha, chỉ khác nhau về kích thước và sự phân bố do điều kiện tạo thành khác nhau.



Hình 2.7. Tổ chức tế vi của ferit

b.Ferit (ký hiệu F hay α)

Ferit là dung dịch rắn xen kẽ của cacbon trong Fe_α, có mạng tinh thể LPTT. Vì lý do đó, khả năng hoà tan của cacbon trong Fe_α không đáng kể, lớn nhất ở 727 °C với 0,02% C (điểm P) và nhỏ nhất ở nhiệt độ thường với 0,006% C (điểm Q) – nên có thể coi ferit trong hợp kim Fe-C là sắt nguyên chất kỹ thuật.

Tuy nhiên, trong hợp kim Fe-C thực tế ferit có thể hoà tan bằng cách thay thế nhiều nguyên tố khác như Si, Cr, W, Mn.

Trên giản đồ trạng thái Fe-C, ferit nằm ở giữa trong khu vực GPQ. Tổ chức tế vi của ferit giống sắt nguyên chất, có dạng hạt đa cạnh như ở H.2.7.

Ferit rất dẻo và dai, nhưng khi các nguyên tố khác (đặt biệt là Si, Mn) hoà tan vào nó thì độ cứng tăng lên và độ dẻo, độ dai giảm đi đáng kể. Nó có tên gọi là ferit, chữ la tinh là ferrum (sắt)



Hình 2.8. Tổ chức tế vi Ostenit

c. Ostenit (ký hiệu Os hay γ)

Là dung dịch rắn xen kẽ của cacbon ở trong Feγ (chui vào lỗ hổng trong khối tám mặt), có mạng tinh thể lập phương diện tâm. Khả năng hoà tan cacbon của Feγ khá lớn, lớn nhất ở 1.147 °C với 2,14% (điểm E) và nhỏ nhất ở 727 °C với 0,8% C (điểm S). Trong hợp kim Fe-C thông thường Ôstenit có thể hoà tan Si và các nguyên tố kim loại Cr, Ni, Mn, W ... bằng cách thay thế.

Ostenit nằm ở khu vực NJESG, nó không tồn tại ở nhiệt độ thường. Tổ chức tế vi của nó gồm những hạt đa cạnh có song tinh (Hình 2.8). Ôstenit rất dẻo và dai.

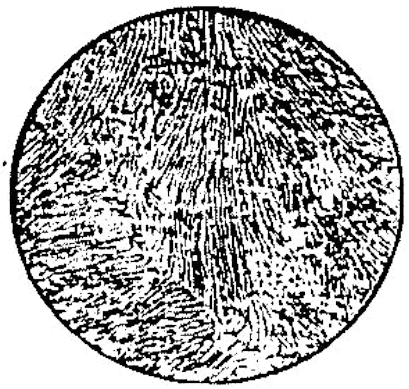
2.3.2.Các tổ chức hai pha

a. Peclit (ký hiệu P [F + Xe])

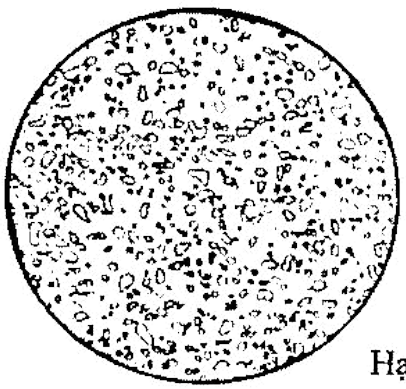
Peclit là hỗn hợp cơ học cùng tích của ferit và xementit [F + Xe} tạo thành ở 727 °C từ dung dịch rắn Ostenit chứa 0,8%C. Trong peclit có 88% ferit và 12% xementit.

Trong quá trình làm nguội, thành phần cacbon của Ostenit biến đổi và khi đến 727 °C có 0,8%C, (các hợp kim với lượng C < 0,8% thành phần cacbon của Ôstenit biến đổi theo đường GS tiết ra ferit làm tăng cacbon, các hợp kim với lượng C > 0,8% thành phần cacbon của Ôstenit biến đổi theo đường ES, tiết ra xementit làm giảm cacbon, cả hai trường hợp đều đưa đến lượng cacbon trong Ostenit là 0,8%C (ở 727 °C điểm S). Lúc đó Ostenit có 0,8%C sẽ chuyển biến thành hỗn hợp cùng tích của ferit và xementit.

Tuỳ theo dạng xementit, chia làm hai loại peclit tấm và peclit hạt.



Tấm

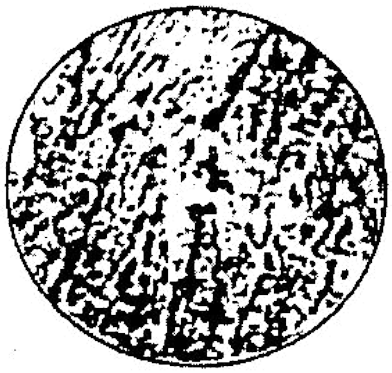


Hạt

Hình 2.9. Tổ chức tế vi của peclit tấm và peclit hạt

Trong peclit tấm, xementit ở dạng tấm, phiến (mà ở trên tổ chức tế vi thấy trong dạng các đường tối) nổi lên nền ferit sáng. Trong ferit hạt, xementit ở dạng hạt sáng nổi lên trên nền ferit cũng có màu sáng với các đường ranh giới giữa chúng màu tối. Peclit thường gặp là peclit tấm.

Peclit là hỗn hợp cơ học nên tính chất của chúng là trung gian, kết hợp giữa tính dẻo, dai của ferit và cứng, giòn của xementit. Nói chung tổ chức này có độ cứng, độ bền cao, tính dẻo dai thấp. Tuy nhiên cơ tính của peclit có thể thay đổi theo phạm vi khá rộng phụ thuộc vào dạng peclit và độ nhỏ mịn của xementit ở trong nó.



Hình 2.10. Tế vi Ledeburit

+ Peclit tấm cứng, bền nhưng kém dẻo so với peclit hạt. Ví dụ: độ cứng của peclit tấm khoảng 200–220 HB, peclit hạt 180–200 HB. Do vậy, đối với thép cacbon cao để cải thiện tính gia công cắt phải nhiệt luyện (ủ) biến đổi peclit tấm thành peclit hạt.

+ Trong từng loại peclit, xementit càng nhỏ mịn độ cứng, độ bền càng cao, độ dẻo, đai càng thấp.

b. Leđeburit [ký hiệu Lê (γ + Xe) hay (P + Xe)].

Leđeburit là hỗn hợp cơ học cùng tinh, kết tinh từ pha lỏng có nồng độ 4,3%C ở 1147 °C.

Lúc đầu mới tạo thành (ở trên 727 °C) nó gồm Ostenit và xementit (γ + Xe) trong khoảng 1147-727 °C Ostenit chuyển biến thành peclit do vậy leđeburit là hỗn hợp cơ học của peclit và xementit (P + Xe).

Trên tổ chức tế vi thấy những hạt peclit nhỏ màu tối nổi đều trên nền sáng là xementit. Như vậy, cuối cùng leđeburit có hai loại pha là ferit và xementit, trong đó xementit chiếm tỷ lệ gần 2/3. Do chứa nhiều xementit, leđeburit rất cứng (khoảng 600HB) và giòn.

2.4. Quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất vật liệu

2.4.1. Sơ lược về thép và gang

Thép là hợp kim Fe-C có C < 2,14%, là vật liệu dẻo, có thể gia công bằng cách biến dạng nguội, nóng. Trong công nghiệp, thép được cung cấp ở dưới dạng các bán thành phẩm cán như tấm, ống, thanh tròn và các loại thép hình khác nhau rất tiện lợi cho sử dụng.

Gang là loại hợp kim Fe-C với cacbon > 2,14%, là vật liệu giòn và tạo hình sản phẩm bằng cách đúc. Trong công nghiệp, gang được cung cấp ở dưới dạng các thỏi để nấu chảy lại và đúc thành các sản phẩm.

Vậy 2,14%C (điểm E) là giới hạn chủ yếu để phân biệt thép và gang, thực tế có thể thay đổi, hơn nữa vùng hợp kim có thành phần dưới 2,14%C (khoảng 2,0 – 2,2%C) có tính chất trung gian, khó phân loại. Do đó, có những trường hợp cá biệt với thành phần cacbon trong khoảng đó có mác được gọi là gang, có mác lại được gọi là thép.

Theo tổ chức tế vi và hàm lượng C có ba loại thép:Thép trước cùng tích, có C < 0,8%, với tổ chức ferit và peclit. Thép cùng tích, có C= 0,8%, với tổ chức peclit. Thép sau cùng tích, có C > 0,8% với tổ chức peclit và xementit II.

Gang có tổ chức ứng với giản đồ Fe-C được gọi là gang trắng.Gang trắng trước cùng tinh có C < 4,3%, với tổ chức peclit + xementit II + leđeburit. Gang trắng cùng tinh có C= 4,3% với tổ chức

Leđeburit.Gang trắng sau cùng tinh có C >4,3%, với tổ chức Leđeburit + xementit I.

2.4.2. Các điểm tới hạn của thép

Các điểm chuyển biến ở trạng thái rắn của hợp kim Fe-C được gọi là các điểm tới hạn và được ký hiệu bằng chữ A với các số tiếp theo chỉ thứ tự: 0, 1, 2...

A1: (727 °C) là điểm(tức nhiệt độ) chuyển biến cùng tích (đường PSK) Ôs- [F + Xe] khi làm nguội và [F+ Xe] - Ôs khi nung nóng.

A3: (727 - 911 °C) là điểm (tức nhiệt độ) chuyển biến, bắt đầu tiết ra ferit từ Ôstenit khi làm nguội, kết thúc hoà tan ferit vào Ostenit khi nung nóng, với đường GS.

Am: (727- 1147 °C) là điểm (tức nhiệt độ) chuyển biến, bắt đầu tiết ra xementit II từ Ostenit khi làm nguội, kết thúc hoà tan xêmentit II vào Ostenit khi nung nóng, ứng với đường ES. Ký hiệu là "cm" ở đây là xementit (Cementite).

Đối với nhiệt luyện thép chỉ sử dụng đến các điểm tới hạn A_1, A_3 và A_{cm}, trong đó A_1 là nhiệt độ không đổi (727 °C), còn A_3 (thép trước cùng tích), A_{cm} (thép sau cùng tích). Trong nhiệt luyện thép, phải biết các nhiệt độ A_1, A_3 và A_{cm} ứng với thành phần cacbon đã cho.

A_1, A_3, Ac_{cm} tính theo giản đồ Fe-C, chỉ đúng trong khi nung nóng và làm nguội vô cùng chậm. Thực tế khi nung nóng, nhiệt độ chuyển biến bao giờ cũng cao hơn và khi làm nguội bao giờ cũng thấp hơn các giá trị tính theo giản đồ. Vì vậy, người ta phân biệt các điểm tới hạn khi nung nóng Ac_1, Ac_3, Ac_{cm} và các điểm tới hạn khi làm nguội Ar_1, Ar_3, Ar_{cm}.

Chương 3

GANG

3.1 Đặt tính cơ bản của gang

3.1.1. Thành phần hoá học

Theo giản đồ trạng thái Fe-C, gang là hợp kim của sắt-cacbon với lượng cacbon lớn hơn 2,14%. Trong thực tế, lượng cacbon trong gang thường trong khoảng 2 – 4%.

Nhiệt độ nóng chảy của gang thấp hơn thép, nấu chảy gang dễ thực hiện hơn.

Mangan và Silic là hai nguyên tố quan trọng thường gặp trong gang với hàm lượng từ 0,5%42,5% mỗi nguyên tố. Chúng có tác dụng điều chỉnh sự tạo thành graphit, tổ chức và cơ tính của gang.

Photpho và lưu huỳnh là hai tạp chất với lượng thấp (0,05%40,5%), trong đó lưu huỳnh là nguyên tố có hại với gang.

Ngoài ra, trong gang còn có một số nguyên tố khác như Cr, Ni, Mo, Mg, Cu…

3.1.2. Tổ chức tế vi

Theo tổ chức tế vi, có thể phân gang thành các loại: trắng, xám, cầu và dẻo.

Gang trắng là gang tất cả cacbon nằm ở dạng liên kết hoá học Fe_3C. Vì vậy gang trắng luôn chứa hỗn hợp cùng tinh Leđeburit.

Gang xám, cầu, dẻo là các loại gang trong đó phần lớn cacbon ở dạng tự do (graphit) với hình dạng khác nhau: tấm, cầu, cụm.

3.1.3. Cơ tính và công nghệ

Gang là vật liệu có độ bền kéo thấp, độ giòn cao.

Gang trắng có độ bền kéo rất thấp và độ giòn rất cao, do chứa lượng xêmentit,.

Gang xám, dẻo, cầu tổ chức graphit do độ bền bằng không (0) nên coi như là các lỗ hỏng có sẵn trong gang, làm mất tính liên tục của nền

gang, là nơi tập trung ứng suất lớn, làm gang kém bền. Mức độ tập trung ứng suất phụ thuộc vào hình dạng graphit, lớn nhất ở gang xám với graphit dạng tấm và bé nhất ở gang cầu với graphit dạng cầu tròn. Vì vậy gang cầu có độ bền cao nhất trong các loại gang.

Graphit có ảnh hưởng tốt đến cơ tính như tăng khả năng chống mòn do ma sát, làm tắt rung động và dao động cộng hưởng.

Tính công nghệ, gang có tính đúc tốt do nhiệt độ nóng chảy thấp, độ chảy loãng cao và tính gia công cắt gọt tốt (ở gang xám, cầu, dẻo) do graphit trong gang làm phoi dễ gãy vụn.

3.1.4. Công dụng

Các loại gang có graphit được dùng trong chế tạo cơ khí và trong các lĩnh vực khác.

Ví dụ: Trong ô tô các chi tiết bằng gang có thể chiếm tới 50% khối lượng kim loại, trong các thiết bị và máy tĩnh tại, tỉ lệ này là 50 – 80%.

Nói chung, gang được dùng để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh và ít chịu va đập như bệ máy, vỏ, nắp các bộ phận tĩnh tại, các chi tiết chịu mài mòn, ma sát làm việc trong điều kiện khó khăn bôi trơn.

3.2. Các loại gang dùng trong ngành cơ khí

3.2.1.Gang xám

a. Tổ chức tế vi

Gang xám phần lớn cacbon của nó nằm ở dạng tự do (graphit). Rất ít hoặc không có cacbon ở dạng liên kết với sắt (Fe_3C), lượng cacbon liên kết ở khoảng 041,0% C trong tổng lượng cacbon của gang (thường là 3 – 4%).

Do tổ chức chứa nhiều graphit, mặt gang có màu xám, tối (màu của graphit) nên có tên là gang xám.



Hình 3.1.Gang xám

Graphit có dạng tâm cong, chỉ thấy được giao tuyến của các tấm graphit với bề mặt nhẵn làm ta chỉ thấy graphit dưới dạng vảy, vạch, đường cong nhọn hai đầu.

Như vậy, có thể nói tổ chức tế vi của gang xám giống tổ chức tế vi của thép trước cùng tích và cùng tích, song có thêm các tấm graphit. Chính do điều này mà cơ tính của gang khác thép.

b. Thành phần hoá học của gang xám

Cacbon: 2,8 43,5%, cacbon càng nhiều, khả năng tạo thành graphit càng mạnh, nhiệt độ chảy càng thấp, càng dễ đúc. Nhưng gang với cacbon quá cao, sẽ tạo thành nhiều graphit làm giảm cơ tính. Xu hướng hiện đại dùng gang với lượng cacbon càng thấp càng tốt.

Silic: 1,543%, silic là nguyên tố thúc đẩy mạnh sự tạo thành graphit.

Mangan: 0,541%, mangan cản trở sự hình thành graphít. Để bảo đảm yêu cầu tạo thành graphit, giữa Mn và Si cần phải có tỉ lệ tương ứng,

Mn cao thì Si cũng phải cao.

- Photpho: 0,140,2%, không ảnh hưởng đến quá trình tạo thành graphit, một số trường hợp photpho có lợi do làm tăng độ chảy lõang của gang lỏng, tăng tính chống mài mòn. Trường hợp cần nâng cao tính chống mài mòn, P có thể đạt tới 0,5%. Tuy nhiên nâng cao P quá mức sẽ làm gang giòn.

- Lưu huỳnh: <0,08 – 0,12%, làm cảng trở mạnh sự tạo thành graphit trong gang đồng thời làm xấu tính đúc của gang do làm giảm chảy loãng. Vì vậy phải hạn chế lượng lưu huỳnh trong gang.

Trong gang xám hợp kim có thể gặp các nguyên tố như Cr, Mo, Ni, Cu,...

- Tốc độ nguội: càng chậm càng thúc đẩy quá trình tạo graphit. Đúc trong khuôn cát dễ tạo thành gang xám hơn đúc trong khuôn kim loại. Trong cùng vật đúc, chỗ thành mỏng dễ bị biến trắng hơn chỗ thành dày, mặt ngoài vật đúc dễ bị biến trắng hơn trong lõi.

d. Cơ tính gang xám:

Do graphit ở dạng tấm mà gang xám có cơ tính thấp hơn thép nhiều.

Graphit tấm làm giảm mạnh độ bền kéo của gang, không ảnh hưởng đến tính bền nén.

So với thép, gang xám có giới hạn bền nén không thua kém bao nhiêu nhưng giới hạn bền kéo, độ dẻo, độ dai lại thấp hơn nhiều, dễ gia công cắt.

Graphit càng ít, cơ tính của gang xám càng cao. Muốn giảm lượng graphit phải giảm lượng cacbon tổng và nâng cao cacbon liên kết.

Graphit tấm càng dài cơ tính của gang xám càng thấp. Để nâng cao cơ tính của gang xám phải dùng các biện pháp làm graphit nhỏ mịn.

Graphit phân bố trên nền kim loại càng đều thì càng ít ảnh hưởng xấu đến cơ tính.

e. Ký hiệu, các mác gang xám và công dụng

Theo TCVN 1659-75, gang xám được ký hiệu GX với hai cặp số chỉ giới hạn bền kéo và độ bền uốn của gang tính bằng kg/mm2

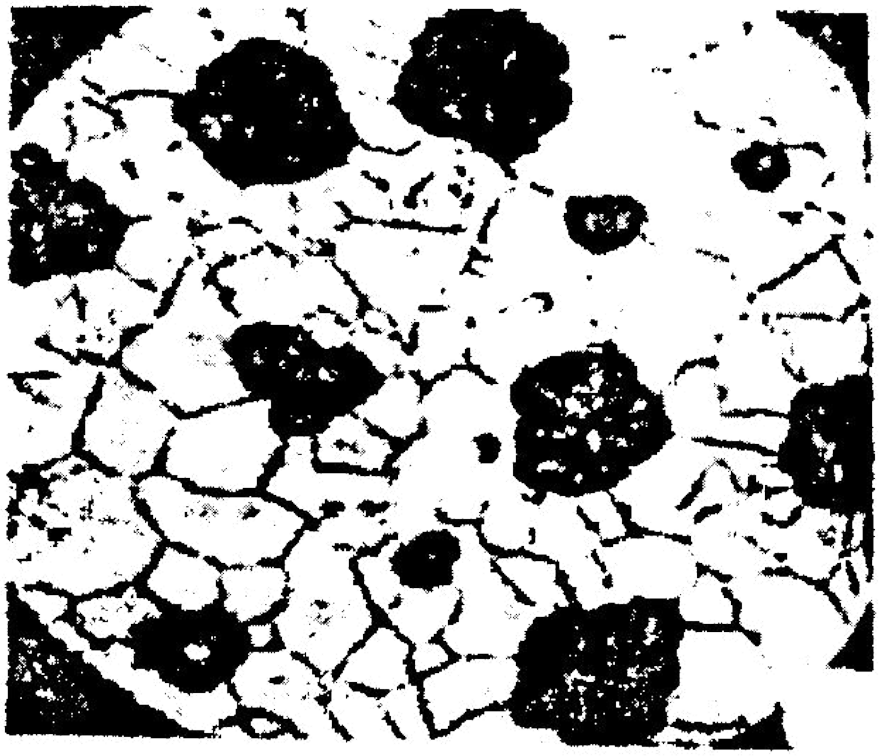
Các mác GX00, GX12-28, GX15-32, chứa tổng lượng C cao. Tổ

chứa tế vi gồm: graphit tấm nhiều, kích thước thô to và nền kim loại là ferit-peclit. Cơ tính của các mác này thấp nên chỉ sử dụng cho các chi tiết không chịu lực nhưng lại chịu va đập nhiệt tốt.

Các mác GX21-40, GX24-44, GX32-52, tổ chức có graphit tấm, số lượng ít, mịn, phân bố đều, nền kim loại là peclit nên cơ tính của gang khá cao. Các mác này được sử dụng cho các chi tiết chịu lực, chụ mài mòn... trong ngành chế tạo máy.

Các mác GX36-56, GX40-60, tổ chức có ít graphit, độ mịn cao, phân bố đều và nền kim loại là peclit rất nhỏ mịn. Các mác này có cơ tính cao, được dùng cho các chi tiết chịu mài mòn, chịu tải trọng nặng.

3.2.2. Gang cầu



Hình 3.2.Gang cầu ferit

a. Tổ chức tế vi

Gang cầu cũng giống gang xám, song chỉ khác là graphit của nó ở dạng thu gọn nhất, dạng quả cầu, chính điều này làm độ bền kéo của gang cầu rất cao so với gang xám.

Theo tổ chức tế vi của nền kim loại cũng có ba loại gang cầu: ferit, ferit- peclit và peclit.

b. Thành phần hoá học và cách chế tạo

Giống gang xám, chỉ khác ở gang cầu có thêm thành phần chất biến tính đặc biệt (gọi là chất biến tính cầu hoá) là Mg, Ce hoặc các nguyên tố đất hiếm với hàm lượng rất nhỏ.

Nhờ các chất biến tính cầu hoá mà gang lỏng trở nên sạch các tạp chất như S và khí, làm tăng độ quá nguội cho gang và tạo cho graphit phát triển chủ yếu theo hướng thẳng góc với bề mặt cơ sở của tinh thể graphit. Do đó, graphit kết tinh thành dạng cầu.

Thành phần hoá học của gang cầu sau biến tính: 3,043,6%C, 2,043,0%Si, 0,541,0%Mn, [0,15%P, [0,03%S, 0,0440,08%Mg

c. Cơ tính

Trong gang cầu, nhờ graphit ở dạng thu gọn nhất, ít chia cắt nền kim loại và ít tập trung ứng suất nhất, nên độ bền của kim loại còn giữ được tới 70490%. Ngoài ra gang cầu còn có độ dài nhất định. Do vậy, gang cầu có cơ tính tổng hợp tương đối cao, gần như thép cácbon.

Cơ tính của gang cầu phụ thuộc chủ yếu vào tổ chức của nền kim loại. Do vậy sau khi đúc, gang cầu thường được nhiệt luyện để đáp ứng các yêu cầu cơ tính khác nhau.

Graphit cầu càng tròn, kích thước càng nhỏ và số lượng càng ít thì cơ tính của gang cầu càng cao.

d. Ký hiệu gang cầu và công dụng

Gang cầu theo TCVN 1659-75 ký hiệu **GC** với hai cặp chỉ số để chỉ giá trị tối thiểu của giới hạn bền kéo (KG/mm2) và độ giãn dài tương đối δ(%) của gang.

Gang cầu ferit mác GC40-10 có σ_b ⟨400Mpa, δ >10% và độ cứng 1564197HB.

Gang cầu peclit mác GC 60-2 có σ_b ⟨600 Mpa, δ⟨2% và độ cứng 1974269HB.

Đặc biệt gang cầu sau khi tôi đẳng nhiệt ra tổ chức bainit, có thể đạt σ_b =100041300 Mpa, δ=448% và độ cứng đạt 3024369HB.

Gang cầu được sử dụng để thay cho thép chế tạo các chi tiết chịu lực lớn và chịu tải trọng va đập, chịu mấi mòn như trục khuỳu ô tô, cam, trục cán, thân tua bin hơi...

3.2.3. Gang dẻo

a. Tổ chức tế vi

Gang dẻo cũng giống gang xám và gang cầu, song khác ở hai điểm:

-Graphit của nó ở dạng cụm

-Graphit cụm tạo ra không phải khi đúc mà do ủ sau đúc

Muốn được gang dẻo phải đúc thành gang trắng có tổ chức trước cùng tinh. Đúng thành phần hoá học, làm nguội nhanh vật đúc. Từ gang trắng mới ủ được thành gang dẻo.

b. Thành phần hóa học

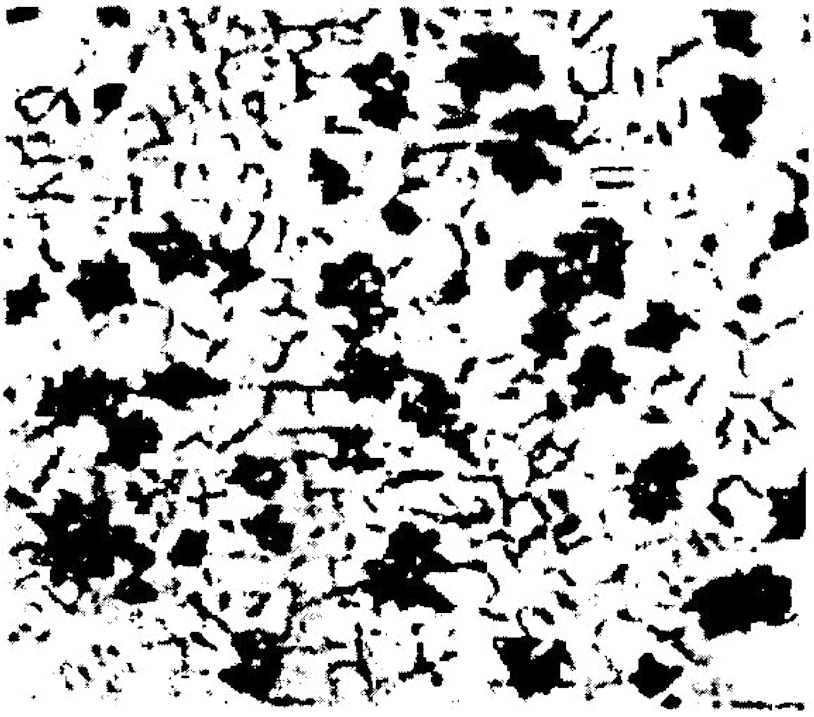
Các gang dẻo thông thường có thành phần khi đúc như sau: 2,242,8% C; 0,841,4% Si; [1% Mn; [0,1% S; [0,2% P.

Tổng lượng C và Si không được quá nhiều để tránh xảy ra graphit hoá khi kết tinh vật đúc nhưng phải đủ để xảy ra graphit hoá khi ủ.

Cacbon trong gang dẻo càng thấp thì tính dẻo của gang sau khi ủ càng cao. Thành phần cacbon của gang trắng để ủ ra gang dẻo thông thường là 2,242,8%.

Si trong gang vừa đủ để tạo thành gang trắng khi đúc, vừa đủ để tạo thành graphit khi ủ, lượng Si trong gang thường khoảng 0,8-1,4%.

Tổng C và Si trong gang dẻo tốt nhất là khoảng 3,5%



Hình 3.6.Gang dẻo ferit

c. Cơ tính gang dẻo

Do graphit ở dạng tương đối tập trung nên gang dẻo có độ bền kéo cao hơn gang xám nhưng kém gang cầu. Giới hạn bền kéo của gang dẻo trong khoản 3004600 N/mm2.

Độ dẻo của gang dẻo khá cao:δ = 5410%, có trường hợp vượt quá độ dẻo của gang cầu.

d. Ký hiệu gang dẻo và công dụng

Theo TCVN 1659-75, ký hiệu GZ với hai cặp chữ số chỉ giá trị tối thiểu của giới hạn bền kéo (KG/mm2) và độ dẻo (%).

Gang dẻo có cơ tính tương đối cao, đặt biệt tính dẻo tốt, nhưng do giá thành chế tạo cao, gang dẻo chỉ được dùng cho các chi tiết có hình dạng phức tạp, thành mỏng, chịu va đập trong công nghiệp máy kéo, ô tô, máy dệt, máy nông nghiệp...

Chương 4
THÉP

4.1. Thép cacbon, thép hợp kim

4.1.1. Thép cacbon

a. Thành phần hoá học:

Thép cacbon chỉ có sắt và cacbon (lượng C<2,14%),và các tạp chất thường có như Mn, Si, P, S, các tạp chất ẩn như H_2, N_2, O_2, các tạp chất ngẫu nhiên như Cr, Ni, Cu, Ti, Mo, ...

+ Các tạp chất thường có : Mangan và Silic là hai tạp chất có lợi, chúng nâng cao cơ tính của thép, Mn<0,8%, Si<0,6%. Photpho và lưu huỳnh là hai nguyên tố đều có hại, do vậy cần tiến hành khử bỏ, mỗi nguyên tố phải < 0,06%.

+ Các tạp chất ngẫu nhiên: Cr, Ni, Cu (<0,2%); M, Mo, Ti, V (<0,1%).

+ Các tạp chất ẩn: Khí nitơ, hydro và ôxy với lượng rất ít, khó xác định, chúng là tạp chất có hại.

b. Ảnh hưởng của các nguyên tố đến tổ chức và tính chất của thép cacbon

+ Cacbon: Theo giản đồ Fe-C, lượng cabon trong thép tăng, lượng xementit cũng tăng lên tương ứng và làm thay đổi tổ chức tế vi.

+ Mangan: khử ôxy và hạn chế sự tác hại của lưu huỳnh. Ảnh hưởng tốt đến cơ tính, khi hoà tan vào ferit nó nâng cao độ bền, độ cứng của pha này, vì vậy làm tăng cơ tính của thép.

+ Silic: được cho vào thép để khử triệt để ôxy, Silic hoà tan vào ferit nâng cao độ bền, độ cứng của pha này, lượng silic < 0,6%.

+ Photpho: làm cho thép bị giòn, đặt biệt ở trạng thái nguội (hiện tượng giòn nguội), do vậy phải hạn chế P, thép cacbon thường P< 0,06%, thép dễ cắt P < 0,15%.

+ Lưu huỳnh: làm cho thép có hiện tượng giòn nóng. Phải hạn chế sự S, thép cacbon thường S < 0,06%, thép dễ cắt S < 0,0840,30%.

c. Phân loại thép cacbon

Theo công dụng:

- Thép cán nóng thông dụng: dùng trong xây dựng và việc tương tự, không nhiệt luyện.

- Thép kết cấu: chủ yếu để làm các chi tiết máy, thường phải qua nhiệt luyện.

- Thép dụng cụ: làm dụng cụ (cắt gọt, biến dạng đo lường...), phải qua nhiệt luyện.

Thép công dụng riêng (thép chuyên dùng).

d.Ký hiệu và công dụng của các nhóm cacbon

d1. Nhóm thép cán nóng cacbon (thép cacbon, chất lượng thường).

Theo TCVN 1765-75, ký hiệu CT (C: cacbon, T: thép) với con số tiếp thép chỉ giới hạn bền kéo tối thiểu (kg/mm²). Ví dụ: CT31, $\sigma_{bk} \leq 31KG/mm^2$. Được cung cấp ở dạng cán nóng (dây, ống, tấm, thanh, thép hình...) chủ yếu làm các kết cấu trong xây dựng (nhà, xưởng, cầu, cốt bêtông...), trong chế tạo máy làm các chi tiết máy không quan trọng. Thép này được chia thành ba phân nhóm nhỏ:

Phân nhóm A: chỉ quy định về cơ tính

Phân nhóm B: chỉ quy định về thành phần hoá học, ký hiệu thêm chữ B ở phía trước. Ví dụ: BCT31, $\sigma_{bk} \leq 31KG/mm^2$

Phân nhóm C: quy định cả về cơ tính và thành phần hoá học, ký hiệu thêm chữ C ở phía trước.Ví dụ: CCT38

d2. Nhóm thép kết cấu cacbon

Theo TCVN 1766-75, ký hiệu bằng C (thép kết cấu cacbon) với con số chỉ lượng cácbon trung bình theo phần vạn. Ví dụ: C45, C thép kết cấu, 0,45%C

Nhóm thép này chủ yếu làm các chi tiết máy, rất tiện cho việc xác định chế độ gia công và tính toán sức bền khi thiết kế.

d3. Nhóm thép dụng cụ cacbon

Theo TCVN 1822-76, ký hiệu CD (C: cacbon, D: dụng cụ) với con số phía sau chỉ lượng C trung bình theo phần vạn. Ví dụ: CD70, CD thép

dụng cụ, 0,7%C

Được sử dụng làm các dụng cụ với năng suất thấp và trung bình.

e. Ưu nhược điểm cơ bản của thép cacbon

Ưu điểm

- Rẻ tiền vì dễ nấu luyện và không dùng các nguyên tố hợp kim đắt tiền.
- Có cơ tính nhất định (chẳng hạn độ cứng sau khi tôi của thép cacbon cao không kém thép hợp kim có lượng cacbon tương tự).
- Có tính công nghệ tốt: dễ đúc, hàn, cán, rèn, rập, gia công cắt gọt, kéo sợi.

Nhược điểm

- Độ bền trạng thái cung cấp (thường hoá) và ủ thấp, giới hạn đàn hồi không cao.
- Độ thấm tôi thấp, muốn đạt độ cứng phải chọn môi trường tôi mạnh, điều này dễ dẫn tới nguy cơ biến dạng và nứt.
- Thép cacbon dù đã tôi cứng nhưng khả năng chống mài mòn vẫn không cao , do trong đó hầu như không có các loại cacbit hợp kim (yếu tố quan trọng góp phần nâng cao độ chống mài mòn của thép).
- Độ chống ăn mòn nói chung thấp.

4.1.2. Thép hợp kim

a. Thành phần hoá học của thép hợp kim

Thép hợp kim, ngoài sắt, cacbon và các tạp chất, người ta cố ý đưa vào các nguyên tố đặt biệt với một lượng nhất định để làm thay đổi tổ chức và tính chất của thép hợp kim với yêu cầu sử dụng.

Các nguyên tố hợp kim thường gặp là: Cr, Ni, Mn, W, V, Mo, Ti, Ta, Cu, B, N... và ranh giới về lượng phân biệt tạp chất và nguyên tố hợp kim là như sau: Mn: 0,8-1,0%; Si: 0,5-0,8%; Cr: 0,2-0,8%; W: 0,1-0,6%; Mo: 0,05-0,2%; Ti, V, Nb, Zr, Cu: 0,1%; B:0,002%.

Ví dụ: thép chứa 0,7% Mn vẫn coi là thép cacbon (nghĩa là Mn vẫn chỉ là tạp chất), trong khi chỉ cần 0,1% V thì V đã được xem là

nguyên tố hợp kim.

b. Đặt điểm của thép hợp kim

Thép hợp kim đắt tiền, nhưng bù lại thép hợp kim có những đặt điểm nổi trội hơn hẳn so với thép cacbon.

+ **Về cơ tính:** thép hợp kim có độ bền cao hơn hẳn so với thép cacbon, thể hiện rõ ràng sau khi tôi và ram.

+ **Về tính công nghệ**: cùng với sự tăng mức độ hợp kim hoá, tính công nghệ của thép sẽ xấu đi.

+ **Về tính chịu nhiệt** (tính cứng nóng và tính bền nóng):Thép hợp kim không giữ được độ cứng, bị biến dạng khi làm việc ở nhiệt độ > 2008.

+ **Về các tính chất vật lý và hoá học đặt biệt**: Nhờ hợp kim hoá, người ta có thể tạo thép không gỉ, thép có tính giãn nở và đàn hồi đặt biệt, thép có từ tính cao, thép không có từ tính...

c. Tác dụng của nguyên tố hợp kim

Mangan: làm tăng độ thấm tôi nhưng có một nhược điểm thúc đẩy hạt tinh thể lớn nhanh khi nung, tăng tính giòn, giảm độ dẻo, độ bền theo hướng vuông góc phương cán.

Niken: làm tăng độ bền và độ dai va đập. Thép trên 5% Ni giữ được độ dai rất tốt ngay cả khi ở nhiệt độ rất thấp. Thép có 9% Ni được dùng chế tạo các bình chứa trong các hệ thống làm lạnh. Ni còn có tác dụng giữ hạt nhỏ cho thép khi thấm cacbon

Silic: tăng độ thấm tôi, tăng tính ổn định ram, nhưng không làm tăng tính giòn ram của thép. Silic làm tăng khả năng chống ôxy hoá của thép ở nhiệt độ cao và tăng độ bền chống dão. Cùng với Mn, Si có tác dụng tăng giới hạn đàn hồi, được ứng dụng để sản xuất lò so, nhíp...

Crôm: tăng độ thấm tôi khá cao, crôm có tác dụng cải thiện tính chống ram và giữ độ bền ở nhiệt độ cao, crôm đóng vai trò hàng đầu đối với độ bền chống mài mòn.

Môlipđen: tăng độ thấm tôi cao. Mo cải thiện tính chống ram do tạo ra độ cứng thứ hai khi ram và làm giảm đ nhạy đối với giòn ram.

Vanadi: làm giảm độ thấm tôi và độ cứng của thép. Vanadi tăng tính chống ram và khả năng chống mài mòn của thép.

d. Phân loại thép hợp kim

* Phân loại theo nguyên tố hợp kim: cách phân loại này dựa vào các nguyên tố hợp kim chính của thép. Với cách phân loại này có các loại thép Cr, thép Cr-Ni-Mo, thép Cr-Mn-Ti...

* Phân loại theo tổng lượng các nguyên tố hợp kim:

- Thép hợp kim thấp: tổng lượng các nguyên tố hợp kim nhỏ hơn 2,5%

- Thép hợp kim trung bình: tổng lượng các nguyên tố hợp kim từ 2,5-10%

- Thép hợp kim cao: tổng lượng các nguyên tố hợp kim cao hơn 10%

*Phân loại theo công dụng: đây là cách phân loại phổ biến nhất.

- **Thép cán nóng thông dụng**: dùng trong xây dựng và việc tương tự, không cần nhiệt luyện khi sử dụng.

Thép kết cấu: chủ yếu để làm chi tiết máy, thường phải qua nhiệt luyện.

Thép dụng cụ: làm dụng cụ cắt, khuôn, ... bắt buộc qua nhiệt luyện.

Thép hợp kim đặt biệt: là nhóm thép có tính chất cơ, lý, hoá đặt biệt. Ví dụ: thép không gỉ, thép chịu nhiệt, thép chống mài mòn cao, thép từ tính, ...

e. Ký hiệu thép hợp kim

Theo TCVN 1659-75, ký hiệu theohệ thống chữ và số: chữ ký hiệu các nguyên tố hợp kim bằng chính ký hiệu hoá học của nó, số đầu chỉ lượng cacbon trung bình theo phần vạn, số đứng sau nguyên tố nào chỉ lượng trung bình của nguyên tố đó theo phần trăm, nếu lượng số nguyên tố hợp kim nào <1% thì không ghi con số sau đó, chữ A cuối cùng chỉ thép chất lượng cao.

Ví dụ: thép 60Si2CrVA chứa 0,56-0,64%C; 1,4-1,8%Si, 0,10-0,20%V, P< 0,25%; S<0,025%.

4.2. Thép cán nóng thông dụng

a. Thành phần và tính chất

Thành phần: Lượng cacbon dưới 0,2%, tổng lượng các nguyên tố hợp kim [2%.

Tính chất:Tính dẻo phải đảm bảo, tính hàn tốt, tính chống ăn mòn trong khí quyển

b. Nhóm thép xây dựng cacbon

Theo TCVN 1765-75, Ký hiệu CT, thực tế thường gặp CT33, CT34, CT38 và CT51.

Các mác CT38s và CT38 thường được sản xuất thép tròn trơn, CT51 thường được cán thành thép vằn dùng làm cốt bêtông.

c. Nhóm thép hợp kim thấp

Thép hợp kim thấp thoả mãn các yêu cầu xây dựng hiện đại do có giới hạn chảy cao, tính chống mòn tốt trong khí quyển và tương đối rẻ. Theo TCVN 3104-79 có các mác sau

Các mác thép 19Mn, 14Mn2 có tính đàn hồi tốt. Mác 19Mn dùng làm các đường ống dẫn dầu và khí đốt áp lực cao; 14Mn2 dùng làm vỏ lò cao, thiết bị thu bụi; mác 17MnSi, 14CrMnSi có cơ tính cao hơn, dược dùng làm các kết cấu chịu lực, dầm ô tô, đóng toa xe, thùng xe ...; các mác 35CrSi, 25Mn2Si được dùng làm cốt bêtông cường độ cao.

Mác 15CrSiNiCu được dùng làm các kết cấu kim loại ở khu công nghiệp, các công trình giao thông vận tải (cầu, dầm ô tô ...) và vùng khí hậu biển.

4.3. Thép kết cấu

4.3.1. Khái niệm, đặc điểm của thép kết cấu

Thép kết cấu chủ yếu dùng để chế tạo các chi tiết máy. So với loại thép cán nóng thông dụng, chúng được sử dụng với khối lượng ít hơn, nhưng thuộc loại chất lượng cao hơn, có nhiều chủng loại hơn và thường phải nhiệt luyện để phát huy hết khả năng làm việc. Việc lựa chọn, sử dụng hợp lý thép kết cấu trong chế tạo cơ khí sẽ mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật cao.

- Tính chất: có tính công nghệ tốt (gia công cắt gọt và gia công áp lực tốt).

Thành phần cacbon: lượng cacbon thấp và trung bình 0,10-0,60%C.

Nguyên tố hợp kim: Các nguyên tố hợp kim Cr, Mn, Si, Ni... trong thép kết cấu được dùng với số lượng không cao, thường <3%, chủ yếu để nâng cao độ thấm tôi nhưng không nhiều quá sẽ làm xấu tính công nghệ và nâng cao giá thành, để nâng cao độ thấm tôi cho thêm một lượng nhỏ B (0,001-0,002%); cho Ti (<0,1%) vào thép chứa Mn để tránh thép chứa hạt lớn; thêm Mo, W vào thép Cr-Ni để tránh giòn ram loại II.

4.3.2. Các loại thép kết cấu

a. Thép thấm cacbon:

Có thành phần cacbon thấp (0,10-0,25%).

Các nguyên tố hợp kim: Cr, Ni, Mn, V, Ti,... làm tăng độ thấm tôi, thúc đẩy quá trình thấm cacbon vào thép và không làm hạt lớn, làm tăng độ dai va đập.

Dùng để chế tạo các chi tiết có độ dai va đập cao, trong lõi dẻo, dai còn bề mặt có độ cứng cao, chịu mài mòn (bánh răng, chốt xích, đĩa ma sát...)

Cơ tính: So với thép cacbon để thấm cacbon, thép hợp kim để thấm cacbon có độ thấm tôi lớn hơn nên độ bền lõi cao hơn, ít biến dạng khi tôi, chế tạo được chi tiết lớn hơn, có thể thấm ở nhiệt độ cao hơn (để giảm thời gian thấm). Sau khi nhiệt luyện, tính chống mài mòn của thép hợp kim cao hơn.

Cơ tính sau khi thấm cacbon, tôi và ram:Cứng bề mặt: 59-63 HRC; lõi: 30-42HRC

+ Các mác thép thấm cacbon và công dụng:

a1. Nhóm thép cacbon

Mác C10, C15, C20, C25 và đôi khi cả CT38.

Làm các chi tiết mỏng hình dạng đơn giản, có yêu cầu chóng mài mòn ở bề mặt mà không yêu cầu cao về độ bền. Không nên thấm ở nhiệt độ > 900°C vì dễ bị hạt lớn, sau khi thấm phải tôi hai lần và môi trường tôi là nước nên độ biến dạng lớn.

Cơ tính sau khi thấm cacbon, tôi và ram: độ cứng bề mặt ⟨ 60HRC.

a2. Nhóm thép crôm

Mác 15Cr, 20Cr, 15CrV, dùng làm các chi tiết nhỏ đường kính dưới 30mm, yêu cầu chống mài mòn bề mặt cao, chịu tải trung bình như cốt piston, trục cam ô tô, trục giữa xe đạp, pêđan, bánh răng có môđun nhỏ ... có thể thấm ở nhiệt độ 900-920°C, tôi trong dầu nên ít biến dạng.

Cơ tím cacbon, tôi và ram thấp:độ cứng bề mặt ⟨ 60HRC.

Nhược điểm là khuynh hướng làm tăng nồng độ cacbon ở lớp bề mặt (crôm là nguyên tố tạo cacbit) tạo nên lưới cacbit làm lớp thấm có độ giòn và nhạy cảm với vết khía.

a3. Nhóm thép crôm-niken

Mác 20CrNi, 12CrNi1A, 12Cr2Ni4A, 18Cr2Ni4WA, 18Cr2Ni4MoA. Trừ các mác đầu, các mác sau đều có lượng Ni cao nên các mác này có độ thấm tôi rất cao. Độ bền và độ dai va đập cao, được dùng làm các chi tiết thấm cacbon có tiết diện lớn, chịu tải cao.

Mác 18Cr2Ni4WA, 18Cr2Ni4MoA được dùng làm các chi tiết đặc biệt quan trọng (bánh răng, trục động cơ máy bay, tàu biển...) và có thể dùng cả ở trạng thái không thấm cacbon (chỉ tôi và ram thấp) để làm các chi tiết chịu tải trọng cao nhưng không yêu cầu chống mài mòn hoặc có thể dùng ở trạng thái hoá tốt để làm các chi tiết chịu tải va đập cao.

Cơ tính sau khi thấm cacbon, tôi và ram thấp: độ cứng bề mặt 60HRC.

a4. Nhóm thép crôm- mangan- titan (hoặc môlipđen)

Mác 18CrMnTi, 25CrMnTi, 30CrMnTi, 25CrMnMo. Trong đó Mn là nguyên tố thay cho Ni để làm tăng độ thấm tôi và giảm tập trung cacbon quá cao ở bề mặt, còn Ti và Mo làm nhỏ hạt (nên có thể thấm cacbon ở 920-950°C và nhờ thế rút ngắn thời gian thấm). Các mác này được dùng để sản xuất các chi tiết của ô tô máy kéo (bánh răng hộp số, bánh răng cầu sau, các trục quan trọng...).

b. Thép hoá tốt

- Thép hoá tốt: cacbon trung bình (0,3-0,5%). Để có cơ tính cao nhất phải qua nhiệt luyện hoá tốt (tôi + ram cao). Với các chi tiết yêu cầu độ cứng bề mặt cao (để chống mài mòn) thì sau nhiệt luyện hoá tốt, phải

qua tôi bề mặt và ram thấp.

Dùng để chế tạo các chi tiết chịu tải trọng tĩnh và va đập cao, yêu cầu về độ bền và độ dai cao. Cơ tính tổng hợp của thép cao nhất đạt được bằng cách nhiệt luyện hoá tốt (tôi và ram cao), nên được gọi là thép hoá tốt.

Các nguyên tố hợp kim: Cr, Ni, Mn, Si, với lượng mỗi nguyên tố trên dưới 1% để tăng độ thấm tôi. Để hạt nhỏ và tránh giòn ram dùng Ti (<0,1%), Mo(<0,3%). Thời gian sau này có khuynh hướng dùng B(<0,005%) kết hợp với Cr, Ni, Mn để tăng độ thấi.

Các mác thép hoá tốt và công dụng:

- Nhóm thép cacbon

Mác C35, C40, C45, C50, thường dùng nhất là C45. Đặt điểm nổi bật của chúng là rẻ tiền, tính công nghệ tốt , song độ thấm tôi thấp, môi trường tôi là nước nên dễ biến dạng, nứt, cơ tính không cao.

Dùng làm các thiết bị chịu tải trọng không cao: trục khuỷu cho động cơ ôtô, trục truyền, thanh truyền, bánh răng tốc độ chậm ...

- Nhóm mác thép crôm

Mác 35Cr, 40Cr, 45Cr, 50Cr, trong đó mác 40Cr được dùng phổ biến hơn cả vì nó có cơ tính tổng hợp tốt nhất.

So với thép cacbon, nhóm thép crôm có độ bền, độ thấm tôi và giá thành cao chút ít, môi trường tôi là nước hoặc dầu.

Dùng làm các chi tiết làm việc trong điều kiện tốc độ cao, áp lực riêng và tải trọng trung bình như trục, bánh răng, hộp số các máy cắt gọt.

- Nhóm thép crôm-mangan, Crôm-mangan-silic

Mác 40CrMn; 40CrMnB; 30CrMnSi; 35CrMnSi; trong đó thường gặp là 30CrMnSi vì nó có cơ tính và tính công nghệ tốt. Tuy hợp kim hoá phức tạp nhưng nhóm thép này tương đối rẻ, lại có cơ tính khá cao nên được dùng nhiều trong chế tạo máy.

Dùng nhiều trong chế tạo ôtô: các trục, các kết cấu chịu lực, các chi tiết bộ phận lái ...

- Nhóm thép crôm-niken hợp kim hoá thấp

Mác 40CrNi, 45CrNi, 50CrNi, 40CrNiMo (cho thêm Mo để tránh giòn ram). Do có Ni, thép có độ dẻo, độ dai cao hơn các nhóm thép trên

đồng thời có độ thấm tôi cao ...

Dùng để chế tạo chi tiết chịu tải trọng động lớn, yêu cầu độ tin cậy cao như trục vít, hệ thống lái ô tô, bánh răng, trục truyền chịu tải cao ...

- Nhóm thép crôm, hợp kim hoá trung bình

Mác 38CrNi3MoA, 38CrNi3MoVA, 18Cr2Ni4MoA, 18Cr2Ni4WA. Đây là nhóm thép hoá tốt nhất. Có độ thấm tôi lớn đến mức có thể đạt được cơ tính đồng nhất ở thiết diện trên 100mm, có thể làm việc ở nhiệt độ âm, tính chống ram tốt (làm việc lâu dài ở 300 - 400°C).

Làm chi tiết lớn, quan trọng: như trục rôto tuabin, các chi tiết chịu tải của máy nén khí ...

c. Thép đàn hồi

- Thép đàn hồi: cacbon tương đối cao (0,540,7%). Để đạt được tổ chức trôsit ram có giới hạn đàn hồi cao nhất, thép phải qua tôi và ram trung bình.

Các nguyên tố hợp kim: Mn và Si với lượng chứa 1 -2 %, chúng nâng cao tính đàn hồi cho thép. Ngoài ra, còn cho thêm các nguyên tố Cr, Ni, V để nâng cao độ thấm tôi và ổn định tính đàn hồi. Dạng cung cấp của thép đàn hồi là tấm, lá, dây.

+ Các mác thép đàn hồi thường dùng.

Mác C65, C70, 60Mn, 70Mn, dùng làm các lò so thường. Chúng được cán, kéo thành các bán thành phẩm tiết diện nhỏ và được cung cấp ở trạng thái đã qua nhiệt luyện (tôi + ram trung bình). Khi sử dụng chỉ cuốn nguội thành lò so, sau đó ủ thấp (250 - 350°C) để khử ứng suất.

Mác 55Si2, 60Si2, 60MnSi có giới hạn đàn hồi cao, độ thấm tôi tốt, dùng để chế tạo lò so, nhíp trong ôtô, máy kéo, xe lửa, tàu biển, dây cót đồng hồ ... do nhiều Si nên khi nung phải bảo vệ để tránh thoát cacbon.

Mác 60Si2CrA, 60Si2Ni2A có độ thấm tôi lớn, dùng để chế tạo lò so, nhíp lớn chịu tải nặng và đặt biệt quan trọng.

Mác 50CrV, 50CrMnV có khả năng chống ram cao , có thể chế tạo các lò so nhỏ, chịu nhiệt tới 300°C như lò so supap xả.

4.3.3.Thép kết cấu có công dụng riêng

a. Thép dễ cắt

Là loại thép chuyên dùng để gia công cắt gọt với năng suất cao trên các máy tự động. Thép có độ cứng vừa phải (159 – 250HB) và nhất là phôi thép phải dễ gãy, không bị bám dính vào dao, bảo đảm tốc độ cắt cao và bề mặt chi tiết nhẵn bóng. Chúng được dùng để chế tạo ra các bulông, ốc, vít, bạc, bánh răng và các chi tiết tương tự khác với sản lượng lớn, yêu cầu chính xác về kích thước và độ bóng bề mặt cao, song không đòi hỏi chịu tải cao.

- Cacbon của thép không quá 0,50%. Để phôi dễ gãy, thép phải chứa S và P cao hơn giới hạn bình thường: S: 0,1 – 0,3%; P: 0,05 – 0,15%. Đồng thời lượng Mn cũng phải đủ cao để giảm tác hại của S.

Để chế tạo thép dễ cắt, ngoài P và S, thường sử dụng các nguyên tố như Pb, Se, Te ... cho vào thép với lượng chứa khoảng 0,1 – 0,3% mỗi nguyên tố. Các nguyên tố này không hoà tan vào trong thép mà nằm xen kẽ giữa các hạt ferit như tạp chất và do có nhiệt độ nóng chảy thấp, cải thiện tính cắt gọt cho phép.

Có nhiều P, S nên cơ tính: độ dẻo, dai giảm, độ bền mỏi và tính chống ăn mòn xấu đi.

+Các mác thép công dụng:

Mác 12S chuyên dùng chế tạo vít, bulông, đai ốc và các chi tiết nhỏ có hình dáng phức tạp trên các máy cắt tự động. Các mác 20S, 30S, 40MnS dùng để làm các chi tiết chịu ứng suất cao hơn.

b. Thép ổ lăn

Thép ổ lăn phải có độ bền mỏi tiếp xúc và chống mài mòn cao, do đó phải có độ cứng cao và đồng nhất.

Cacbon phải cao (khoảng 1%). Để tăng độ thấm tôi, bảo đảm cơ tính đồng đều từ ngoài vào trong lõi, được hợp kim hoá bằng 0,6 – 1,5%Cr, đôi khi cả Mn, Si, Mo. Để đảm bảo không có điểm mềm, lượng P và S phải thấp (< 0,020%S; <0,027%P) và không có rỗ xốp.

- Các mác thép và công dụng:

Theo TCVN, ký hiệu OL với con số chỉ lượng cacbon trung bình theo phần vạn, và lượng nguyên tố hợp kim trung bình theo phần trăm.

Hiện sử dụng phổ biến theo hai mác thép ổ lăn.

Thép OL100Cr2 được dùng chế tạo vòng, bi, đũa có chiều dày đường kính đến 20 mm, còn mác OL100Cr2SiMn đến 30 mm, ngoài ra chúng có thể dùng làm trục cán nguội, tarô, bàn ren, các chi tiết vòi phun cao áp, dụng cụ đo ...

Với các ổ đũa lớn (đường kính ổ từ 0,4 – 2,0 m) người ta dùng thép thấm cacbon loại tốt.

Các ổ lăn làm việc trong môi trường ăn mòn (nước biển, dung dịch H_2SO_4 5-15%, dung dịch kiềm ...) phải dùng thép không gỉ loại 90Cr18 (khoảng 0,9%C; 18%Cr).

Các ổ lăn chịu nóng đến 400 - 500°C (trong động cơ tua bin máy bay) phải dùng thép gió loại 90W9Cr4V2Mo hoặc 85W6Mo5Cr4V2 ...

4.4. Thép dụng cụ

4.4.1. khái niệm

Thép dụng cụ là loại thép dùng để chế tạo dụng cụ gia công kim loại và các vật liệu khác (gỗ, chất dẻo), dụng cụ đo.

Thép dụng cụ thường có yêu cầu cao về chất lượng. Mặc dù thép dụng cụ được dùng với khối lượng không nhiều, nhưng số lượng các mác thép lại khá nhiều, vì mỗi loại chỉ thích hợp với ứng dụng cụ thể nào đó.

Người ta thường chia thép dụng cụ ra làm ba hệ chính: thép dụng cụ làm dao cắt, thép dụng cụ biến dạng và thép dụng cụ đo lường.

4.4.2. Thép dụng cụ làm dao cắt

Trong ngành cơ khí, nguyên công cắt gọt bao gồm tiện, phay, bào, khoan, doa ... có khối lượng rất lớn.

a. Yêu cầu

- Độ cứng, tính chống mài mòn, tính cứng nóng cao.
- Ngoài ra, thép làm dao phải có độ bền uốn, độ bền xoắn cao và độ dai va đập cũng không được quá thấp để tránh mẻ, gãy lưỡi cắt.

b. Thép dao cắt năng suất thấp

Tốc độ cắt chỉ khoảng 5-10 m/phút, chúng là thép cacbon và thép hợp kim thấp.

b1.Thép cacbon

Thường là thép dụng cụ cacbon CD70, CD80 ... CD130 sau khi tôi và ram thấp chúng có độ cứng 60-63HRC, đủ để đảm bảo cắt gọt.

Nhược điểm: có độ thấm tôi thấp, môi trường tôi mạnh nên dễ biến dạng và nứt, tính cứng nóng thấp (dưới 200°C). Dùng làm các dụng cụ cắt có năng suất thấp, tiết diện nhỏ hình dạng đơn giản và các dụng cụ cầm tay

Mác CD70, CD80, CD90, có độ dai khá lớn nên được dùng làm các dụng cụ chịu va đập: gia công gỗ, nguội ..., mác CD100; CD110; CD120, thường dùng làm dũa, mũi khoan, dao tiện, tarô, cưa thép ... mác CD130 được dùng làm dao cạo, dao khắc kim loại.

b2.Thép hợp kim thấp

Các nguyên tố hợp kim: Cr, Mn, Si, W, (khoảng 1%) và Mn (1-2%) làm tăng độ tấm tôi; Si (khoảng 1%) tác dụng cảng trở ram, làm tăng chút ít tính cứng nóng, W(4-5%) làm tăng mạnh độ cứng và tính chống mài mòn.

Mác 130Cr5 có lượng cacbon rất cao, tạo cho thép một lượng cacbit lớn (khoảng 2%), do đó có độ cứng và tính chống mài mòn rất cao (65-66 HRC). Thép này được làm dao cạo các loại (dao cạo nhẵn kim loại, dao cạo râu ...).

Mác 100Cr2 có thành phần hoá học không khác gì thép ổ tăn OL100Cr2, chỉ khác nhau về cấp chất lượng (thép OL100Cr2 thuộc loại chất lượng đặt biệt cao). Thép 100Cr2 có thể đạt được độ cứng 61-64 HRC. Thép này được dùng làm dao tiện năng suất thấp, đục và các dao cắt khác.

Mác 90CrSi được dùng khá phổ biến vì tương đối rẻ, độ thấm tôi tốt, tính cứng nóng tới 250°C, tốc độ cắt có thể đạt 10 – 14m/ph. Thép này dùng để chế tạo mũi khoan, tarô, bàn ren, dao phay.

Mác 140CrW5 do chứa lượng cacbon và Wonfram cao nên tạo một lượng lớn cacbin Wonfram, nhờ đó có độ cứng và tính chống mài mòn rất cao. Do độ cứng rất cao (có thể tới 67- 68HRC), người ta gọi dao cắt làm bằng thép này là dao kim cương, dùng để gia công các vật liệu cứng.

b3. Thép làm dao năng suất cao (thép gió)

Thép gió là thép dụng cụ hợp kim cao, Cacbon 0,7-1,5%, Crôm 4%, Wonfram 9 -18, Vanadi 1-2%, Côban 5-10%, Môlipđen 0,5%

Dùng làm dụng cụ cắăt với năng suất cao. So với thép dụng cụ cacbon và hợp kim thấp, thép gió có tốc độ cắt cao gấp 2 – 4 lần (25 – 35m/ph), tuổi thọ cao gấp 8 – 10 lần, tính cứng nóng đạt 560 - 600°C, độ thấm tôi rất cao.

Chia hai nhóm: nhóm có năng suất cắt bình thường (khoảng 25m/phút) và nhóm thép có năng suất cắt cao ((35 m/phút):

Hiện nay có xu hướng dùng thép gió đúc (không qua biến dạng nóng), do đó tiết kiệm được chi phí sản xuất.

Cơ tính sau khi tôi độ cứng 62 – 63 HRC.

Các mác thép gió có năng suất cắt bình thường (80W18Cr4VMo, 90W9Cr4V2Mo, 85W12Cr3VMo, ...) có tính cứng nóng không quá 630 - 640°C, có thể cắt với tốc độ 35 m/phút, dùng để gia công các thép khó cắt (thép không gỉ, thép bền nóng ...)

Xu hướng hiện nay dùng nhiều các loại thép gió mới, có chứa Mo, V, Co, vì chúng có tính cứng nóng và khả năng chống mài mòn tốt.

4.4.3. Thép làm khuôn rập nguội

Người ta qui ước gọi thép làm các dụng cụ biến dạng dẻo kim loại là thép làm khuôn rập. Loại thép làm khuôn biến dạng dẻo kim loại ở nhiệt độ cao là thép làm khuôn rập nóng, loại thép làm khuôn biến dạng dẻo kim loại ở nhiệt độ thường là thép làm khuôn rập nguội.

+ Điều kiện làm việc và yêu cầu đối với khuôn rập nguội.

Độ cứng cao 56 – 62 HRC, tính chống mài mòn cao, độ bền và độ dai va đập lớn.

+ Các thép làm khuôn rập nguội:

Thành phần cacbon cao (thường xấp xỉ mức 1%), nếu khuôn chịu va đập nhiều thì dùng loại có lượng cacbon thấp hơn (0,4 – 0,6%). Lượng nguyên tố hợp kim được quyết định bởi kích thước khuôn, tính cứng nóng và tính chống mài mòn. Thường dùng các nguyên tố Cr, Mn, Si, W để tăng độ thấm tôi.

- Thép cacbon: mác CD100 4 CD120 để chế tạo các khuôn rập chịu tải trọng nhỏ, hình dạng đơn giản, kích thước bé.

Thép hợp kim thấp:

Mác 100Cr, 100CrMn, 100CrWSiMn (có độ thấm tôi tương đối cao). Để làm các khuôn rập có kích thước trung bình (dày 70 – 100 mm),

Mác 100CrWMn được dùng phổ biến để làm khuôn rập chịu tải trung bình nhưng có hình dạng phức tạp hoặc kích thước trung bình.

Mác 100CrWSiMn ngoài độ thấm tôi lớn, còn giữ được hạt nhỏ khi tôi và có tính cứng nóng tới 250 - 2608C.

Thép Crôm cao (loại 12%Cr): để chế tạo các khuôn rập có kích thước lớn, chịu tải nặng, yêu cầu chống mài mòn cao, người ta dùng các loại thép chứa 12%Cr như mác 210Cr12, 160Cr12Mo, 130Cr12V, nhóm thép này có một số đặt điểm sau đây:

+ Có hàm lượmg cacbon rất cao (1,3-2,1%) nên lượng cacbit dư nhiều, tính chống mài mòn của thép rất cao;

+ Có độ thấm tôi lớn nên có thể dùng làm khuôn có kích thước lớn;

+ Có thể áp dụng nhiều chế độ nhiệt luyện (tôi và ram) để đạt được chỉ tiêu cơ tính cũng như ổn định kích thước của khuôn theo yêu cầu sử dụng.

Thép crôm trung bình (5 – 6%Cr): phổ biến nhất là mác 110Cr6WV, độ thấm tôi trung bình, thường dùng để chế tạo các khuôn lỗ kéo dây, bàn lăn ren ...

Thép hợp kim thấp: có lượng cacbon trung bình, bao gồm các mác 40CrSi, 60CrSi, 40CrWSi, sau khi tôi và ram thích hợp có thể đạt độ cứng 45 – 55 HRC thường dùng để chế tạo các khuôn rập và dụng cụ chịu va đập vừa phải như đục, búahơi ...

4.4.4. Thép làm khuôn rập nóng

a. Điều kiện làm việc và yêu cầu đối với khuôn rập nóng.

Khi làm việc, khuôn rập nóng chịu tải trọng lớn và va đập, khuôn tiếp xúc với phôi có nhiệt độ cao hơn 1000°C, để đảm bảo điều kiện làm việc như vậy, thép dùng để chế tạo khuôn phải đạt được các yêu cầu cơ tính sau:

Độ bền và độ dai cao, tính chống mài mòn cao, tính chịu nhiệt độ cao, tính chịu mỏi nhiệt độ.

Độ thấm tôi cao do khuôn rập nóng thường có kích thước lớn.

+ Các thép làm khuôn rập nóng:

Do độ cứng không cần cao, nên hàm lượng cacbon trung bình (0,4 – 0,6%, đôi khi chỉ cần 0,3%). Các nguyên tố hợp kim thường dùng là Cr, Ni, Mo, W ... để đảm bảo độ thấm tôi, tính bền nóng, tính chống ram.

b. Thép làm khuôn rèn:

Các khuôn rèn thường có kích thước lớn, chịu va đập mạnh, bề mặt chịu nung nóng tới 500 - 550°C, lòng khuôn thường có hình dạng phức tạp, do vậy yêu cầu tính thấm cao, cơ tính cao và đồng nhất trên toàn tiết diện.

Các mác thường dùng là 50CrNiMo, 50CrNiW, 50CrMnMo, trong đó mác 50CrNiMo thường dùng hơn cả vì nó có cơ tính cao và đồng nhất, có thể tôi thấu khuôn lớn (300 x 300 x 400 mm), làm việc lâu dài ở trên 500°C.

c. Thép làm khuôn chồn, ép:

Các khuôn chồn, ép có kích thước bé hơn so với khuôn rèn, nhưng lại chịu nhiệt độ cao hơn (do tiếp xúc lâu với phôi nóng), chịu áp lực cao nhưng tải trọng va đập nhỏ. Do vậy, thép làm khuôn chồn, ép phải được hợp kim hoá phức tạp để nâng cao tính cứng nóng. Thường dùng thép chứa 0,3 – 0,4%C (để đảm bảo độ dai và tính dẫn nhiệt tốt của khuôn) và các nguyên tố hợp kim Cr, W, Mo, V với lượng chứa tương đối cao.

Các mác thép thường dùng là 30Cr2W8V, 40Cr2W5MoV, 40Cr5W2Vsi ..., trong đó phổ biến nhất là mác 30Cr2W8V. Mác thép 30Cr2W8V có độ thấm tôi cao, được dùng trong điều kiện làm việc chịu tải nặng, bề mặt làm việc nung nóng tới 700°C.

Hiện nay có khuynh hướng dùng hợp kim cứng để chế tạo khuôn rập và khuôn kéo cho thép hợp kim. Khuôn rập làm bằng hợp kim cứng có thể rập được hàng trăm ngàn tới một triệu sản phẩm.

4.5. Các loại thép hợp kim đặc biệt và công dụng

4.5.1.Thép không gỉ

Thép không gỉ bao gồm một họ hợp kim trên cơ sở sắt mà tính chất chủ yếu của nó là chống ăn mòn trong các môi trường khác.

Dùng làm đồ trang sức, ốc vít không gỉ, như cánh tuabin hơi, dùng làm lò so không gỉ, dụng cụ đo, chi tiết máy làm việc trong điều kiện chịu ứng suất cao trong môi trường ăn mòn hoặc nhiệt độ cao (tới 450°c), dụng cụ y tế, trong công nghiệp dầu mỏ, trong công nghiệp sản xuất HNO3, hoá thực phẩm....

Nhược điểm: Đắc tiền, khó cắt gọt do thép dẻo, phoi khó gẫy. Dễ ăn mòn theo biên hạt, ăn mòn tập trung, ăn mòn dưới ứng suất và hiệu ứng tích luỹ do ăn mòn và mỏi ...

4.5.2. Thép và hợp kim làm việc ở nhiệt độ cao

a. Thép làm xupap xả:

Trong động cơ đốt trong, xupap xả là chi tiết làm việc trong điều kiện nặng nhất, chịu tải trọng cao, nhiệt độ cao (650-700°C) bị ăn mòn và mài mòn trong dòng sản phẩm cháy.

b. Thép làm nồi hơi:

Nhóm thép nồi hơi áp suất thấp và trung bình (<60atm), nhiệt độ làm việc không quá Các ống dẫn hơi làm việc ở nhiệt độ cao hơn (540-560°C). Để làm cánh tua bin hơi làm việc ở 540-560°C. Các nồi hơi áp suất siêu

Nhóm thép bắt chặt: được dùng để làm các chi tiết bắt chặt trong thiết bị nồi hơi, tuabin như bu lông, vít cấy.... Chúng có tác dụng làm kín các mối hàn, mặt bít.

c. Hợp kim bền nóng:

Thép bền nóng tốt nhất cũng chỉ chịu được nhiệt độ 750-800°C dưới áp suất hàng trăm atmotphe. Hợp kim này có cơ tính thấp nhưng chịu nhiệt độ cao, thường dùng làm dây điện trở, được dùng chế tạo các chi tiết ở nhiệt độ cao trong các động cơ phản lực, tuabin khí.

Chương 5
KIM LOẠI VÀ HỢP KIM MÀU

Kim loại đen chỉ gồm sắt, chủ yếu ở dạng hợp kim của sắt như gang và thép. Tất cả các kim loại còn lại thuộc về nhóm kim loại màu.

Kim loại màu còn được chia thành năm nhóm nhỏ, dựa vào sự khác nhau về tính chất hoá lý, phương pháp luyện, mức độ thông dụng hoặc khan hiếm, ý nghĩa công nghiệp...

Kim loại màu nhẹ: khối lượng riêng 1,7-4,5g/cm^3 như Al, Mg, Ti, K, Ca, Ba, Sr, Na.

Kim loại màu nặng: khối lượng riêng lớn 7,1-11,35g/cm^3 như :Cu, Pb, Ni, Zn, Sn.

Kim loại màu ít: sản xuất và sử dụng ít như: Co, Cd, Mo, W, Sb, As, Hg, Bi.

Kim loại quý: Au, Ag, Pt, và nhóm platin: Os, Ir, Ru, Rb, Pd.

Kim loại hiếm: nhẹ: Li, Be, Rb, Cs; phân tán: Ge, In, Ga, Tl, Re; khó chảy: Zr, Hf, Nb, Ta; đất hiếm: La, và nhóm lantan; phóng xạ: Ra, Ac, Th, Pa, U.

Kim loại và hợp kim màu sử dụng ít hơn nhiều so với kim loại đen và giá cũng cao hơn, đóng vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như: năng lượng, hàng không, điện, điện tử, ...

5.1.Nhôm và hợp kim nhôm

5.1.1. Nhôm nguyên chất

a. Các đặc tính cơ bản của nhôm

Nhôm có màu trắng bạc, mạng lập phương diện tâm, khối lượng riêng 2,7g/cm^3, nhiệt độ chảy 660°C.

Nhôm nhẹ, không gỉ, dễ gia công, dẫn điện và dẫn nhiệt cao, tạo hợp kim với nhiều kim loại khác, độ bền cơ học tương đối trong khi độ dẻo cao và bền chống ăn mòn tương đối cao. Nhôm có nhiều nhất trong trái đất, nhôm được sử dụng hầu hết trong các lĩnh vực.

Tính chống ăn mòn cao: do ôxit nhôm Al_2O_3 bền vững và sít chặt nên lớp màng ôxit có tính chống ăn mòn hoá học và điện hoá cao. Nhôm dùng để chế tạo các thiết bị, bình chứa axit nitrit. Nhôm làm thùng, bình, lon đựng sữa, bia, các chất lỏng khác, cũng như bao bì bảo quản thực phẩm ...

Tính dẫn điện và dẫn nhiệt cao: độ dẫn điện của nhôm sạch khá cao. Trong ngành điện, nhôm được dùng làm dây dẫn và cáp điện, động cơ loại nhỏ, biến thế, thiết bị chiếu sáng. Nhôm được dùng làm thiết bị trao đổi nhiệt khác nhau, các máy lạnh, tủ lạnh, dụng cụ nấu ăn, ...

Nhôm dễ nấu chảy: do có nhiệt độ chảy thấp và nhiệt độ bốc hơn nhôm dễ tạo hình bằng phương pháp đúc, nhất là đúc áp lực. Nhôm có khả năng nguội chậm từ trạng thái lỏng, thuận lợi cho quá trình biến tính và tinh luyện. Tính đúc của nhôm không cao do độ co ngót lớn, khoảng 6%.

Độ bền tương đối, trong khi độ dẻo cao: nhôm nguyên chất có độ bền thấp, không chế tạo chi tiết máy, vì vậy, người ta thường dùng nhôm hợp kim để nâng cao độ bền, mở rộng phạm vi sử dụng của nhôm. Độ dẻo của nhôm nguyên chất cao nên rất dễ biến dạng thành tấm lá mỏng, kéo sợi, ép định hình, ...

b. Tạp chất trong nhôm

Sắt có hại đối với nhôm, gây giòn và tăng nhạy cảm với ăn mòn điện hoá

Silic không có hại, làm tăng tính đúc. Nhưng khi tồn tại cả Silic lẫn sắt, rất giòn, Chúng cũng làm giảm mạnh độ dẻo và tính chống ăn mòn của nhôm.

Ôxit nhôm Al_2O_3 làm giảm độ bền và tăng độ hoà tan khí trong hợp kim. Với hàm lượng lớn, ôxit nhôm làm giảm độ chảy loãng và độ điền đầy khuôn khi đúc.

Các khí hoà tan tạo thành rỗ khí, tăng độ xốp, làm giảm độ bền của hợp kim. Do đường kính nguyên tử nhỏ, áp suất riêng lớn nên hydro dễ khuếch tán và tích tụ lại gây nứt tế vi hợp kim.

c. Một số mác nhôm sạch và ứng dụng

Theo tiêu chuẩn một số nước, nhôm sạch được ký hiêu bằng chữ A

(hoặc Al) và số kèm theo chỉ mức độ sạch. Nhôm sạch đặc biệt lượng tạp chất 0.005 - 0,05%, nhôm nguyên chất kỹ thuật lượng tạp chất 0,15- 1%.

Nhôm nguyên chất kỹ thuật được dùng làm chi tiết không yêu cầu chịu tải, chỉ yêu cầu vật liệu chế tạo phải nhẹ, dẻo, phải có tính hàn và chống ăn mòn cao như các loại bao bì, thùng chứa, khung cửa, ống dẫn,...

5.1.2. Hợp kim nhôm

a. Phân loại và ký hiệu hợp kim nhôm

Người ta chia các hợp kim nhôm ra thành các nhóm: đúc, biến dạng theo công nghệ nấu chảy và thiêu kết theo công nghệ luyện kim bột.

Theo (TCVN 1859 – 75) ký hiệu Al, tiếp theo là các nguyên tố hợp kim chính, sau đó là các nguyên tố hợp kim phụ. Các chữ số đứng sau ký hiệu các nguyên tố hợp kim chỉ hàm lượng nguyên tố đó tính bằng phần trăm. Nếu là hợp kim đúc, ở cuối cùng có chữ Đ.

Ví dụ: AlMn1,2 là hợp kim nhôm biến dạng có hàm lượng trung bình của mangan là 1,2%; ký hiệu AlSi5,5Cu4,5Đ là hợp kim nhôm đúc có hàm lượng trung bình của silic là 5,5%, đồng là 4,5%.

b.Hợp kim nhôm biến dạng

- **Nhóm hợp kim không hoá bền được bằng nhiệt luyện:**

Các hợp kim này có độ bền không cao, độ dẻo cao và tính chống ăn mòn tốt. Các hệ hợp kim chủ yếu là Al-Mn và Al-Mg.

Hệ Al-Mn có Mn khoảng 1-1,6%, để tăng độ bền cho hợp kim này, người ta sử dụng phương pháp biến dạng nguội. Biến dạng dẻo làm tăng độ bền hợp kim gần hai lần. Trong hợp kim Al-Mn, mangan rất dễ bị thiên tích làm xấu cơ tính, nhất là độ dai va đập. Hệ Al-Mn chịu gia công biến dạng nóng và nguội tốt, có tính hàn và chịu ăn mòn trong khí quyển cao hơn nhôm nguyên chất kỹ thuật. Nó được sử dụng rộng rãi thay thế nhôm sạch khi có yêu cầu cao hơn về cơ tính. Nhất là độ dai va đập.

Hệ Al-Mg có tối đa 17,4% Mg, Thực tế, Mg 3-8%, mà phổ biến nhất là khoảng trên dưới 3% Mg nên hiệu quả hoá bền của magiê rất thấp, coi như không hoá bền được bằng nhiệt luyện. Hệ Al-Mg thuộc về hệ hợp kim nhôm nhẹ nhất, có tính đàn hồi tốt, ổ định chống ăn mòn khí quyển, bề mặt gia công đẹp, khả năng giảm chấn mạnh, có độ bền mỏi σ_{-1} cao. Chúng được sử dụng rộng rãi trong ngành chế tạo ôtô, công trình xây dựng.

• Nhóm hợp kim hoá bền được bằng nhiệt luyện

Đuara:

Hợp kim Al-Cu và Al-Cu-Mg, sau biến dạng, tôi và hoá già, chúng có hiệu ứng hoá bền cao. Nhóm hợp kim này còn gọi là đuara (viết tắc từ duralamin).

Tôi ở nhiệt độ cao hơn 520°C, độ bền tăng không đáng kể (σb từ 200N/mm² lên 250 N/mm²), độ dẻo vẫn cao. Đây là ưu điểm so với thép, vì nó cho phép sửa chữa các cong vênh, thậm chí biến dạng cao sau khi tôi.

Hoá già tự nhiên và nhân tạo sau khi tôi, hợp kim tăng mạnh độ bền. Tuỳ thuộc vào nhiệt độ hoá già, có thể đạt được hiệu quả hoá bền khác nhau.

Ưu điểm các hợp kim đuara có độ bền (σ_b / γ) rất cao, nó đặt trưng cho khả năng bị phá huỷ bởi chính khối lượng của vật liệu đó. Đuara là vật liệu không thể thiếu được của ngành hàng không, giao thông vận tải, xây dựng, ...

Nhược điểm đuara có tính chống ăn mòn và tính hàn kém. Để khắc phục, người ta phủ một lớp nhôm nguyên chất mỏng lên bề mặt đuara.

• Hợp kim nhôm bền cao Al-Cu-Mg-Zn:

Ngoài Cu, Mg người ta hợp kim hoá thêm kẽm. Khi hoá già, độ bền đạt 600-700N/mm², gấp hơn hai lần so với đuara. Giới hạn bền và giới hạn chảy tăng lên khi tăng tổng hàm lượng của Zn và Mg. Độ dẻo thấp, tính chống ăn mòn kém, có khuynh hướng bị nứt với tải trọng động, nhạy cảm với sự tập trung ứng suất và dị hướng về tính chất. Hợp kim này được sử dụng làm chi tiết, kết cấu chịu tải nặng, chịu nén trong máy bay như vỏ bọc, khung, dầm dọc...

c. Hợp kim nhôm đúc (Silumin)

Hợp kim nhôm đúc cần có tính đúc cao, dễ tạo hình trong khuôn đúc như: độ chảy loãng, khả năng điền đầy khuôn, hệ số co, xu hướng nứt nóng và rỗ co, thiên tích. Hợp kim nhôm đúc thông dụng nhất là Al-Si hay còn gọi là silumin.

Silumin đơn giản:

Gồm nhôm và silic, các hợp kim sử dụng trong công nghiệp có lượng Si thay đổi từ 5-20% nhưng phổ biến là $\leq 12,7\%$.

Silumin đơn giản có tính đúc tốt, độ chảy loãng cao, khả năng điền đầy khuôn lớn, độ nhẵn bề mặt cao. Vì vậy, nó được dùng để đúc các chi tiết phức tạp. Nhược điểm dễ bị rỗ khí, độ bền thấp và không nhiệt luyện được.

Silumin phức tạp:

Thường dùng silumin với hàm lượng silic từ 4-10% để đảm bảo tính đúc tốt và hợp kim hoá thêm Cu, Mg, Mn, Ti và đôi khi thêm cả Ni, Zn, Cr nhằm tăng hiệu quả khi tôi, hoá già. Các silumin dùng đúc các chi tiết lớn và trung bình như vỏ máy nén, đầu xi lanh, piston.

Các hợp kim nhôm đúc khác

Hợp kim Al-Cu có tính đúc kém. Người ta phải hợp kim hoá thêm Mg, Ni hoặc Mn, Ti. Có thể làm việc ở nhiệt độ cao 250-350°C, tính gia công cắt và tính hàn tốt, giới hạn mỏi cao. Tuy nhiên chúng chịu ăn mòn kém, tính đúc xấu và độ dẻo thấp.

Hợp kim Al-Mg lại có tính chống ăn mòn, độ bền và độ dai cao, tính gia công cắt tốt, song tính đúc kém. Chúng được sử dụng làm các chi tiết chịu tải trọng lớn, làm việc trong điều kiện độ ẩm cao, trong chế tạo tàu biển, máy bay, tên lửa, ...

5.2. Đồng và hợp kim đồng

Đồng có độ dẻo cao, tính hàn tốt, có khả năng chống ăn mòn cao trong nhiều môi trường. Đồng có khả năng tạo nhiều hợp kim với các kim loại màu khác cho nhiều tính chất đa dạng. Đồng có độ dẫn điện và dẫn nhiệt cao, chỉ đứng sau bạc. Từ đồng và hợp kim đồng, người ta sản xuất các bán thành phẩm bằng gia công áp lực như tấm, ống, dây, thanh.

5.2.1.Đồng nguyên chất

Đồng có màu hồng, kiểu mạng lập phương diện tâm, khối lượng riêng 8,94 g/cm^3, nhiệt độ nóng chảy là 1.083°C, nhiệt độ sôi là 2.360°C.

a. Các đặt tính của đồng

- Có tính chống ăn mòn tốt, ổ định hoá học cao trong nước sông,

nước biển, trong khí quyển và một số môi trường hoạt tính như axit hữu cơ, kiềm ...

- Nhiệt độ chảy tương đối cao, hoà tan nhiều khít dễ bị rỗ khí khi đúc. Đặc biệt nguy hiểm khi hoà tan hydro, gây ra bệnh giòn hydro.
- Độ bền không cao, nhưng độ dẻo cao. Đặc biệt độ bền, giới hạn độ chảy tăng mạnh khi biến dạng nguội. Đây là đặc điểm cần lưu ý khi gia công đồng.
- Tính công nghệ tốt, nhất là tính gia công biến dạng dẻo, dễ cán, kéo thành tấm mỏng, thành sợi, thành ống rất tiện sử dụng trong công nghiệp và đời sống. Đồng có tính hàn tốt, có thể áp dụng nhiều công nghệ hàn cho đồng. Khi lượng tạp chất tăng, nhất là hàm lượng ôxy cao thì tính hàn giảm.

b. Ký hiệu đồng sạch:

Phụ thuộc vào độ tinh khiết của đồng mà đồng sạch được chia thành các mác khác nhau.

Theo TCVN 1695-75, ký hiệu bằng chữ Cu kèm theo chỉ số mức độ lẫn tạp chất: Cu 1 (99,9%Cu), Cu 2 (99,7% Cu), Cu 3 (99,5%Cu).

5.2.2.Hợp kim đồng:

Hợp kim đồng cơ tính tương đối cao, tính công nghệ tốt và ít ma sát trong khi vẫn giữ được đặc tính tốt của đồng là độ dẻo, độ dẫn điện, dẫn nhiệt cao, độ ổn định hoá học tốt.

Các nguyên tố hợp kim hoá đồng là Zn, Sn, Al, Be, Mn, Ni... chúng nâng cao độ bền cho đồng, nhưng ít ảnh hưởng (thậm chí còn làm tăng) độ dẻo trong phạm vi nồng độ xác định. Đây là điểm đặt biệt của các hợp kim đồng.

Thông thường hợp kim đồng được phân chia thành hai nhóm chính theo thành phần hoá học, là **latông** – hợp kim của đồng với kẽm, và **brông** – hợp kim của đồng với các nguyên tố còn lại.

a. Latông: (brass- đồng thau)

Theo TCVN 1695-75 ký hiệu bắt đầu bằng chữ L, sau đó là các ký hiệu Cu, Zn và ký hiệu của các nguyên tố hợp kim khác nếu có. Các số đứng sau ký hiệu của các nguyên tố chỉ hàm lượng trung bình phần trăm

của nguyên tố đó.

Ví dụ: ký hiệu LCuZn30 là latông chứa 30%Zn, còn lại là Cu (70%), hoặc ký hiệu LCuZn29Sn1Pb3 là latông chứa 29%Zn, 1%Sn, 3%Pb, còn lại là Cu (67%).

Latông là hợp kim của đồng và nguyên tố chính là kẽm, nó được dùng phổ biến nhất vì kết hợp tốt giữa tính chất cơ học cao và tính công nghệ cao của hợp kim này.

Latông chứa kẽm ít hơn 35% có độ dẻo cao, dễ biến dạng, hàn, mạ, ..., màu đẹp, rất giống vàng, giá thành rẻ. Vì vậy nó dùng phổ biến thay cho đồng.

Latông chứa kẽm trên 35% có độ bền và độ cứng cao, độ dẻo thấp, chỉ có thể biến dạng nóng. Trong môi trường hoạt tính (dung dịch điện ly, hỗn hợp khí NH3...) nó thường dễ nứt và thoát kẽm.

Để cải thiện tính chất của latông theo hướng có lợi nào đó, người ta hợp kim hoá latông và gọi là latông phức tạp. Các nguyên tố hợp kim thường sử dụng là Pb, Sn, Al, Mn, Fe và Ni. Chì [3% làm tăng tính cắt gọt, giảm ma sát nhưng không đem biến dạng dẻo được, chỉ dùng ở trạng thái đúc. Thiếc và nhôm khoảng 1% làm tăng tính chống ăn mòn trong môi trường nước biển. Ngoài ra, nhôm phối hợp với sắt và mangan còn làm tăng cơ tính do tạo hạt nhỏ. Niken làm tăng tính chống ăn mòn, khắc phục hiện tượng nứt và thoát kẽm, tăng cơ tính, tăng khả năng biến dạng dẻo.

b. Brông (bronze- đồng thanh)

Theo TCVN 1695-75 ký hiệu bắt đầu bằng chữ B, sau đó là Cu, tiếp theo là nguyên tố hợp kim chính và sau đó là các nguyên tố hợp kim phụ. Các số đứng sau ký hiệu nguyên tố hợp kim cũng chỉ hàm lượng phần trăm trung bình của nguyên tố đó.

Ví dụ: ký hiệu BCuSn5Zn5Pb5 là brông thiếc, có thành phần hoá học trung bình 5%Sn, Zn5%, 5%Pb và còn lại là Cu (85%).

Brông là hợp kim của đồng với các nguyên tố khác (trừ kẽm) như Sn, Al, Pb... Brông khác nhau bởi các nguyên tố chính đưa vào đồng. Một số brông thông dụng là hợp kim Cu-Sn: brông thiếc, Cu-Al: brông nhôm, Cu-Pb: brông chì...

b1. Brông thiếc:

Chủ yếu gồm Cu-Sn, trong thực thế, chỉ dùng các brông chứa < 15%Sn. Brông thiếc có độ chảy loãng kém, rỗ xốp nhiều, nhưng ít co ngót, có tính cao, chống ăn mòn tốt trong không khí ẩm, hơi nước quá bão hoà, nước sông, nước biển có màu đen bóng đẹp nên được dùng trong chế tạo công tắc điện, màng ngăn, ống thổi, đĩa ly hợp, lò xo, bánh răng, bạc lót, nồi hơi, đúc mỹ nghệ (chuông, tượng), ...

Brông thiếc đơn giản ít được dùng do giá thành cao. Thường brông được hợp kim hoá thêm Zn, Pb, Ni, P. Kẽm đưa vào với lượng 2 – 10% để thay thế Sn vì Zn rẻ hơn, nâng cao cơ tính, làm tăng tính chảy loãng và mật độ vật đúc, tăng khả năng hàn và hàn vảy. P với hàm lượng nhỏ (< 0,1%) dùng để khử ôxy, tăng tính chảy loãng, tăng giới hạn bền, giới hạn mỏi và đàn hồi. Pb tăng tính cắt gọt, giảm hệ số ma sát. Ni làm nhỏ hạt và tăng cơ tính.

Về tính công nghệ, brông chia thành brông biến dạng và brông đúc. Brông biến dạng có độ dẻo, độ bền, độ bền mỏi và độ đàn hồi cao hơn brông đúc, chúng được dùng để chế tạo các lò so, nhíp trong cơ khí chính xác, kỹ thuật điện.

b2. Brông nhôm:.

Brông nhôm vơi thành phần nhôm 5 – 8%Al có độ dẻo cao, sử dụng rộng rãi để chế tạo bộ ngưng tụ hơi, hệ thống trao đổi nhiệt, lò so, tải dòng, chi tiết máy bơm, đồ dùng cho lính thuỷ,...

Brông nhôm chứa 10-13% Al sau khi nhiệt luyện, có độ bền cao, chống ăn mòn và mài mòn tốt. Nhược điểm là độ co ngót lớn, hoà tan nhiều khí, bị ôxy hoá khi nấu luyện, dễ tạo tinh thể thô to, khó hàn vảy.

Để cải thiện tính chất của brông nhôm, người ta hợp kim hoá thêm Fe, Ni và Mn để nâng cao hiệu quả nhiệt luyện, độ bền nóng, tính chống ăn mòn và chống ôxy hoá. Ví dụ: các mác brông bền nóng, tính chống ăn mòn và chống ôxy hoá. Ví dụ: các mác brông nhôm sau khi tôi và ram độ cứng tăng từ 160 HB lên 400 HB, được dùng làm các chi tiết làm việc chịu mài mòn nặng, nhiệt độ cao như các van xả, bạc lót, bệ trượt, mặt bích, bánh răng, ...

b3. Brông berili:

brông berili có nhiều tính chất quý giá như giới hạn bền và đàn hồi rất cao, có tính chống ăn mòn, mài mòn và độ bền nóng cao.

Brông berili thường chứa khoảng 1,5 -2%Be. Brông berili có thể làm việc lâu dài ở 300 - 340°C. nó có tính chống ăn mòn cao, tính hàn tốt, dễ gia công cắt và biến dạng, độ đàn hồi cao, được sử dụng làm các chi tiết đặc biệt như lò so, nhíp, các chi tiết đàn hồi cần độ dẫn điện cao. Một tính chất đáng quý khác là brông berili có độ cứng cao, nhưng khi va đập không phát tia lửa, rất an toàn khi làm các chi tiết kim loại ở nơi dễ bắt lửa như hầm mỏ, kho xăng dầu...

Nhược điểm là đắt tiền, do Be là nguyên tố quý và hiếm. Vì vậy, người ta hợp kim hoá thêm các nguyên tố khác như Al, Si, Ni, Mn để thay thế cho một phần Be mà vẫn giữ cho hợp kim các tính chất quý giá. Các mác thông dụng là BcuA16Ni6Si1Mn2, BcuBe2, BcuBe2.5.

b4. Brông silic:

Brông silic đặc trưng bởi độ bền và tính đàn hồi cao, hệ số ma sát nhỏ, chống ăn mòn cao, rẻ tiền, thay thế cho brông thiếc và beerili.

Có độ dẻo cao, chịu gia công áp lực tôt, có tính hàn và hàn vảy cao, tính gia công cắt gọt đạt yêu cầu. Tính đúc của brông silic kém hơn brông thiếc, brông nhôm và latông.

Hợp kim hoá thêm kẽm cải thiện được tính đúc của brông silic. Thêm Mn và Ni nâng cao độ bền và độ cứng, trong đó Mn nâng cao giới hạn đàn hồi, Ni có thể hoá bền brông silic – niken bằng nhiệt luyện, Chì cải thiện tính bôi trơn và tính gia công cắt gọt. Một số brông silic thường dùng là BCuSi1Ni3, BCuSi3Mn1.

Brông silic được sản xuất dưới dạng tấm, băng, thanh dây mà ít được dùng để tạo hình.

b6. Brông chì:

Chủ yếu gồm Cu-Pb, thích hợp để chế tạo ổ trượt, nhất là loại ổ trượt làm việc trong điều kiện bôi trơn rắn rất tốt, ngay cả khi bị mòn đi, chì tạo ra các lỗ rỗng chứa dầu bôi trơn. Với độ dẫn nhiệt cao, brông chì có thể chịu được tốc độ quay lớn và ít bị quá tải cục bộ. Các brông chì phổ biến là BCuPb30; BCuPb60Ni2,5...

Chương 6
VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI

6.1 Vật liệu vô cơ .

6.1.1.Khái niệm và phân loại

Vật liệu vô cơ là vật liệu kết hợp của các nguyên tố phi kim với các kim loại hoặc giữa các nguyên tố phi kim với nhau. Các nguyên tố chính tạo nên vật liệu vô cơ là kim loại: Si, Bo, N, C, O.

Vật liệu vô cơ được chia 3 loại theo đặc điểm kết hợp:

- Gốm và vật liệu chịu lửa.
- Thủy tinh và gốm thủy tinh.
- Xi măng và bê tông.

6.1.2. Đặc điểm cấu trúc và tính chất vật liệu vô cơ

1.Liên kết nguyên tử trong vật liệu vô cơ

Trong vật liệu vô cơ các nguyên tử liên kết theo 3 dạng:

- Liên kết ion.
- Liên kết đồng hóa trị.
- Liên kết phức hợp ion – đồng hóa trị.

2.Trạng thái tinh thể và vô định hình

Vật liệu vô cơ tồn tại ở ba trạng thái :

- Trạng thái tinh thể (các đơn oxyt, SiC).
- Trạng thái vô định hình (thủy tinh) .
- Trạng thái vừa tinh thể vừa vô định hình (sứ, gốm thủy tinh).

• Trạng thái tinh thể:

Trong vật liệu vô cơ do ảnh hưởng của liên kết đồng hóa trị nên mạng tinh thể ion có sự thay đổi, điều chỉnh lại. Các anion vây quanh một cation kim loại tạo nên một đa diện phối trí. Các đa diện phối trí liên kết với nhau qua đỉnh, cạnh và mặt tạo thành mạng tinh thể. Ở trạng thái này vật liệu vô cơ có điểm nhiệt độ nóng chảy và kết tinh xác định.

• Trạng thái vô định hình:

Các đa diện phối trí sắp xếp không theo một trật tự nhất định. Ở trạng thái này vật liệu vô cơ không có điểm nhiệt độ nóng chảy và kết tinh xác định.

• Trạng thái Đa pha (vừa tinh thể vừa vô định hình)

Trong vật liệu đa pha, pha chính là pha tinh thể liên kết với nhau qua pha vô định hình và các bọt khí.

3.Tính chất của vật liệu vô cơ

Vật liệu vô cơ có một số tính chất đặc trưng:

- Bền hóa học cao.
- Bền nhiệt cao.
- Cách nhiệt tốt.
- Tính dòn cao.
- Chịu nén tốt hơn nhiều so với chịu kéo.
- Cơ tính phụ thuộc rất nhiều vào khuyết tật (vết nứt, lổ xốp) bên trong.

6.1.3.Một số vật liệu vô cơ điển hình

1. Gốm và vật liệu chịu lửa

Gốm và vật liệu chịu lửa là nhóm vật liệu liệu vô cơ đa pha và đa tinh thể gồm một phần tổ chức là các pha tinh thể và một phần vô định hình nằm xa nhau. Hàm lượng pha tinh thể, thành phần hóa học, hàm lượng các lỗ xốp và độ hạt của nó quyết định đến độ bền của gốm.

• **Gốm** :

Được chế tạo trên cơ sở nhiều loại vật liệu khác nhau như :

- Gốm silicat : Được chế tạo từ silicat thiên nhiên gồm đất sét và cao lanh ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$). Ngoài ra còn sử dụng thêm các nguyên liệu như thạch anh SiO_2 và tràng thạch. Gốm silicat dùng làm : gạch ngói, sứ vệ sinh, ấm, chén, đồ mỹ nghệ, sứ cách điện ...
- Gốm oxýt : Được chế tạo dựa trên cơ sở các oxýt kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao. Loại này có cấu trúc vô định hình rất ít (1% - 2%) còn lại chủ yếu là pha tinh thể. Chúng gồm một số loại như : gốm coringđông (Al_2O_3) nhiệt độ chịu được 1900 độ C chế tạo hạt mài, thanh mài, đĩa cắt, viên đá mài. Gốm pesicla (MgO), nhiệt độ sử dụng 2300 độ

C, dùng làm các kết cấu chịu mài mòn trong nhiệt độ cao. Gốm rutil (TiO_2), sử dụng làm các tụ điện. Gốm titanat ($BaO.TiO_2$) thay thế cho thạch anh làm vật liệu áp điện . Gốm ferit từ ($MeO.Fe_2O_3$) dùng làm lỏi máy biến thế, ăngten hay ($BaO.6Fe_2O_3$) dùng làm nam châm vĩnh cửu.

- Gốm cacbit : Được chế tạo trên cơ sở các cacbit kim loại Silic, Bo. Cacbit silic (SiC) có độ cứng và khả năng chịu nhiệt rất cao 1570 độ C. Dùng làm các hạt mài, đá mài, thanh điện trở...

• Vật liệu chịu lửa:

Là loại vật liệu để xây lắp các lò luyện kim, nấu thủy tinh, lò hơi, nung kim loại... và các thiết bị công nghiệp làm việc ở nhiệt độ cao. Một số loại vật liệu chịu lửa thường dùng là:

- Đinát (silica) có thành phần > 93% SiO_2, chịu lửa > 1550^0C. Dùng để xây lò cốc, vòm lò thủy tinh...

- Samốt là loại gốm thô hệ $Al_2O_3.SiO_2$ được sản xuất từ nguyên liệu chính là đất sét chịu lửa và cao lanh. Chịu lửa > 1400^0C , dùng để xây lò hơi , lò nhiệt luyện.

- Cao alumin cũng thuộc hệ $Al_2O_3.SiO_2$ như samốt nhưng hàm lượng Al_2O_3 cao hơn do đó chịu lửa tốt hơn >1600^0C.

2. Thuỷ tinh và gốm thuỷ tinh

• Thủy tinh:

Là vật liệu vô cơ có cấu trúc vô định hình được chế tạo theo công nghệ nấu chảy sau đó tạo hình bằng cách kéo, cán, ép, thổi.

Thủy tinh thông dụng thuộc hệ silicat - kiềm - kiềm thổ (SiO_2 - Na_2O – CaO) được chế tạo từ cát trắng cung cấp SiO_2. Đá vôi cung cấp CaO và sô đa cung cấp Na_2O.

Thủy tinh được sử dụng để chế tạo kính xây dựng, bao bì, chai lọ trong công nghiệp hóa chất, dược phẩm, đồ gia dụng, màn hình tivi.

Thủy tinh SiO_2 (thạch anh) trong suốt dùng chế tạo các dụng cụ thiết bị chịu nhiệt, bền hóa học. Thủy tinh thạch anh tinh khiết có chứa B_2O_3 dùng chế tạo dây cáp quang.

• Gốm thủy tinh

Còn gọi là sitall có cấu trúc như gốm tinh gồm cả pha tinh thể và cả pha vô định hình nhưng cách chế tạo lại giống như thủy tinh : nấu chảy,

tạo hình ở trạng thái mềm sau đó sử lý nhiệt theo một quy trình nhất định để thực hiện quá trình kết tinh

Gốm thủy tinh được chế tạo trên cơ sở các hệ: ($SiO_2 - Al_2O_3 - LiO_2, SiO_2 - Al_2O_3 - MgO, SiO_2 - Al_2O_3 - Na_2O$) ngoài ra trong thành phần còn có thêm các chất tạo mầm như oxýt titan, platin. Gốm thủy tinh nói chung không trong suốt và có nhiều tính chất quý như không dãn nở nhiệt, có độ bền cơ học ,chịu mài mòn cao,để tạo hình bằng gia công cơ khí, có tính chất điện tử đặc biệt, có tính tương thích sinh học cao.

3. Ximăng và bêtông

• Xi măng:

Là chất kết dính vô cơ dùng để chế tạo bê tông . xi măng có nhiều loại nhưng quan trọng nhất là loại xi măng poclan. Thành phần xi măng poclan gồm có:

CaO : 60 – 67% Fe_2O_3: 2 – 4% SiO_2: 21 – 24%

MgO: < 4,5% Al_2O_3: 4 -7%

Công nghệ chế tạo ximăng poclan bao gồm việc chuẩn bị nguyên liệu (đá vôi, đất sét, quặng oxyt sắt) nghiền mịn trộn phối liệu, nung ở nhiệt độ 1400- 1500^oC để tạo thành clinke. Nghiền clinke thành bột cùng với thạch cao sống tạo thành xi măng.

• Bêtông:

Bêtông là loại vật liệu vô cơ đa pha giống như gốm và gốm thủy tinh nhưng các pha kết dính ở nhiệt độ thường nhờ xi măng.

Bêtông được chế tạo từ các vật liệu silicat có kích thước khác nhau gồm : đá dăm, cát vàng, ximăng khô nhào trộn với nước. Các hạt cát sẽ điền vào khoảng trống giữa các viên đá sỏi và các hạt xi măng sẽ điền vào lỗ trống giữa các hạt cát. Ngoài ra còn có các loại bêtông khác như: bêtông cốt thép, bêtông nhẹ, bêtông dự ứng lực.

4. Vật liệu sợi vô cơ

• Sợi thủy tinh:

Hệ SiO_2- CaO- Na_2O được dùng làm cốt liệu cho composit nền polyme. Công nghệ chế tạo sợi thủy tinh bao gồm kéo các sợi thủy tinh qua khuôn gốm, xử lý bề mặt sợi, dệt đan thành các tấm vải sợi thủy tinh.

• **Sợi carbon:**

Được chế tạo từ sợi tơ nhân tạo (polyacrylonitrile), sau khi nhiệt phân để tạo mạch vòng ở 200°C, chúng được nung ở 1500 – 2000°C trong khí trơ.

• **Sợi Bo:**

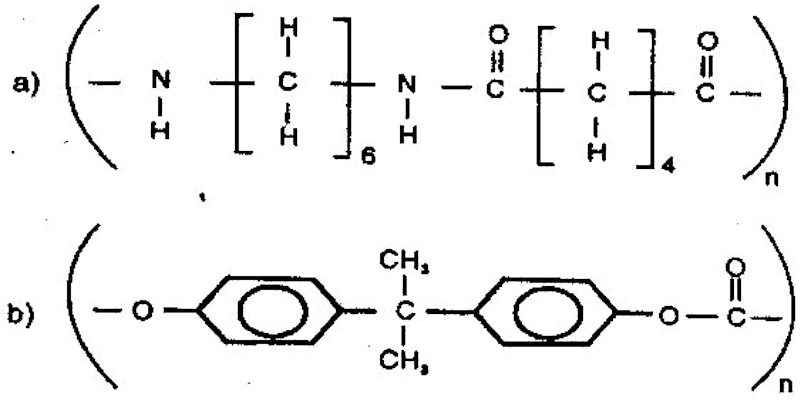
Thực chất là sợi Wonfram phủ một lớp bo bằng cách hoàn nguyên BCl_3 bằng hydro ở nhiệt độ cao. Sợi bo có độ bền cực cao nhưng giới hạn chịu nhiệt < 500°C

6.2 Vật liệu hữu cơ (polyme).

6.2.1.Cấu tạo polyme và các tính chất của polyme

1. Cấu tạo polyme

Polyme hay còn gọi là vật liệu cao phân tử, là các vật thể mà đại phân tử của nó gồm nhiều mắc xích cơ bản có tổ chức giống nhau. Mỗi mắc xích cơ bản là một đơn phân hay một monome. Vì khối lượng phân tử của polyme rất lớn nên mỗi phân tử được gọi là một đại phân tử. Khối lượng đại phân tử của polyme có thể từ 5000 trở lên.



Hình 6.1 cấu trúc phân tử polymer a)nylon 6,6 b)polycacbonat

Polyme có thể tồn tại ở dạng đồng mạch hay dị mạch. Có thể ở dạng mạch thẳng, mạch nhánh, mạch tích hay mạch không gian.

Phân tử polyme có cấu trúc dạng mạch. Nếu các mạch phân tử polyme sắp xếp không có qui luật thì chúng sẽ tạo thành polyme có cấu trúc vô định hình. Nếu các phân tử polyme sắp xếp có qui luật thì sẽ tạo nên vật liệu polyme có cấu trúc tinh thể. Khác với kim loại, tổ chức vật

liệu polyme tinh thể gồm cả trạng thái tinh thể và trạng thái vô định hình.

2. Các tính chất của polyme

Tính chất cơ học : vật liệu polyme có độ bền thấp hơn kim loại (khoảng 10 lần so với thép thường), modun đàn hồi cũng thấp hơn kim loại nhưng độ dẻo thì cao hơn, có thể đạt 100% thậm chí 1000%, trong khi đó thép thường có độ dẻo chỉ đạt vài chục phần trăm. Điều đặc biệt là cơ tính của polyme phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Khi tăng nhiệt độ thì modun đàn hồi và giới hạn bền đều giảm nhưng độ dẻo lại tăng.

6.2.2. Một số vật liệu polyme điển hình và ứng dụng

1. Phân loại

Có nhiều cách phân loại polyme : theo nguồn gốc hình thành, theo cấu trúc mạch phân tử, theo tính chịu nhiệt, theo độ phân cực, theo lĩnh vực sử dụng. cách phân loại theo lĩnh vực sử dụng phổ biến nhất. theo cách này polyme được chia thành các nhóm như : chất dẻo, sợi, elastome, sơn, keo.

2. Chất dẻo

• Chất dẻo nhiệt dẻo :

Các chất dẻo nhiệt dẻo có cấu trúc mạch thẳng hoặc nhánh có độ mềm dẻo cao, khả năng chịu lực nhỏ, được sử dụng dưới dạng các tấm trong suốt, ống, màng mỏng. Nhiệt độ sử dụng của các sản phẩm bằng chất dẻo nhiệt dẻo thấp khoảng 60 đến 70 độ C. Các chất dẻo nhiệt dẻo bao gồm polyetylen (PE); polystyren (PS); polypropylen (PP); polyamit (PA); polycacbonat (PC); polyvinilcloric (PVC); polyeste (PTE); polymetylmetacrilat (PMMA) v.v... dùng làm vật liệu phủ chống ăn mòn, mài mòn các van ống đệm chịu hóa chất, ổ trượt, bánh răng, vỏ bọc dây cáp điện, đĩa CD, chai lọ, ống, vỏ tivi, màn bao gói.

• Chất dẻo nhiệt rắn :

Được chế tạo từ các chất liên kết là các polyme mạch thẳng và chất đông cứng, chất hóa dẻo, chất độn, chất xúc tác, dung môi. Chất dẻo nhiệt rắn khi đông cứng có độ bền cao hơn chất dẻo nhiệt dẻo, tính chịu nhiệt cao, cách điện tốt . Các chất dẻo nhiệt rắn bao gồm nhóm epoxy, phenolformaldehyd, ureformaldehyd, polyeste, silicon thường dùng làm vật liệu đúc, keo dán, sơn, vật liệu composite, keo dán gỗ, sơn cách nhiệt,

vật liệu chống dính.

3. Elastome

Là loại nhóm sản phẩm polyme có tính đàn hồi cao gồm cả cao su có tên khoa học chung là electome. Electome có cấu trúc mạch lưới thưa được hình thành bởi quá trình lưu hóa.

Electome có nhiều loại như cao su thiên nhiên, cao su divynyl, cao su polyizopren, cao su etylenpropylen, cao su silicon.

Thông dụng nhất là loại cao su polyizopren tự nhiên thường được sử dụng để chế tạo vỏ ruột xe.

Cao su tổng hợp quan trọng nhất là styren butadien (SBR) dùng làm vỏ ruột xe ô tô vì có cơ tính cao, chịu mài mòn tốt, chịu ma sát.

Cao su silicon là loại cao su đặc biệt có tính chịu nhiệt độ, cách điện tốt dùng làm sơn chịu nhiệt, chất trám đường ống trong công nghiệp thực phẩm, gioăng kính.

4. Sợi

Polyme dùng làm sợi là loại có khả năng kéo thành sợi đến tỷ lệ 100:1 giữa chiều dài và đường kính. Polyme dùng làm sợi phải chịu lực cơ học tốt như: kéo căng, uốn, mài mòn, xé, cách nhiệt, cách điện, ổn định với môi trường.

Các loại polyme được dùng chế tạo sợi là polyamit, polyeste, polyacrylonitril và polyuretal.

5. Màng

Màng là vật liệu polyme phẳng , mỏng, có độ dày từ 0,125 đến 0,25mm. Màng được sử dụng làm túi, bao bì thực phẩm. được chế tạo từ các polyme như : polyetylen, polypropylen. Đa số các màng được chế tạo bằng cách đùn qua khe hẹp của khuôn, sau đó cán qua trục để giảm chiều dày và tăng bền.

6. Chất dẻo xốp

Là loại chất dẻo trong đó chứa rất nhiều các lỗ xốp. Người ta chế tạo chất dẻo xốp bằng cách cho vào phối liệu một chất mà khi gia nhiệt nó giải phóng ra khí trong hỗn hợp polyme. Cũng có thể tạo chất dẻo xốp bằng cách phun khí trơ, CO_2 vào polyme ở trạng thái lỏng nhớt như PU, PS, PPC. Chất dẻo xốp dùng làm vật liệu nệm, tấm lót cách nhiệt.

7. Sơn

Sơn là hỗn hợp của nhiều chất bao gồm chất tạo màng (polyme), bột màu và dung môi. Vecni khác sơn ở chỗ trong hỗn hợp không có bột màu. Thông thường sơn được phân loại theo bản chất tạo màng như: sơn dầu, sơn epoxy, sơn polyuretal, sơn silicon.

8. Keo

Keo là loại polyme tồn tại ở dạng lỏng, độ bền của mối dán bằng keo phụ thuộc vào bản chất của polyme (tính nội kết dính), tính bám dính của màng keo với vật liệu, trạng thái bề mặt của vật liệu được dán. Các loại keo dán thường sử dụng: keo gelatin, keo cao su, keo epoxy.

6.2.3. Gia công polyme

1. Phối liệu

Trong polyme thường có:

- **Các chất phụ gia như :**

- chất độn (bột gỗ, bột talc, bột sét) với mục đích làm giảm giá thành.

- Các chất hóa dẻo : cho vào hỗn hợp polyme nhằm làm tăng độ mềm dẻo, làm dễ dàng cho công nghệ tạo hình.

- Chất ổn định : cho vào hỗn hợp polyme nhằm mục đích làm giảm hoặc ức chế quá trình lão hóa của polyme (amin, phenol, mồ hóng).

- Chất tạo màu : ZnO (màu trắng); chì cromat (màu vàng); Fe_2O_3 (màu đỏ); mụôi than (màu đen).

- Chất chống cháy : alumin, thiếc oxit, các muối photphat.

- Các chất phụ gia đặc biệt : dùng để lưu hóa, thông dụng nhất là lưu huỳnh, peroxit.

- **Các chất tăng tăng cường :**

- Đây là những chất khi phối trộn với polyme sẽ có tác dụng cải thiện một hoặc nhiều tính chất cơ lý của vật liệu polyme.

- Các chất tăng cường thường được sử dụng như : vải thủy tinh, bi thủy tinh, bột graphit, mica dạng vảy, tấm amian hay bản thân polyme cũng làm chất tăng cường (sợi kevlar, sợi ABS)

2. Kỹ thuật gia công polyme

Phương pháp tạo hình polyme phổ biến nhất là đúc bao gồm một số phương pháp đúc sau đây :

- Đúc ép: phôi liệu được cân đong chính xác đặt vào giữa hai nửa khuôn được nung nóng ép ở áp lực và nhiệt độ xác định, vật liệu nóng chảy ra và điền kín lòng khuôn.

- Đúc trao đổi: là dạng đúc ép nhưng phối liệu được nung chảy bên ngoài khuôn rồi được phun vào hộp khuôn nên áp lực được phân bố đều hơn.

- Đúc phun: phối liệu được cân đong chính xác và được một pixton đẩy vào buồng nung, tại đây hỗn hợp ở trạng thái lỏng nhớt được pixton đẩy tiếp qua khe vào khuôn. Áp lực trong suốt quá trình được duy trì cho tới khi polyme rắn lại.

- Đúc đùn: đây là phương pháp chế tạo các sản phẩm dài, có kích thước không đổi như thanh ống, sợi.

- Đúc thổi: đây là phương pháp chế tạo các bình chai polyme.

- Đổ khuôn: polyme nóng chảy được đổ vào khuôn như đúc kim loại.

Chương 7
VẬT LIỆU MỚI

7.1 Vật liệu bột .

7.1.1. Khái niệm

Vật liệu bột được chế tạo từ bột kim loại và hợp kim, sau đó đúc ép thiêu kết thành chi tiết. Vật liệu bột có ưu điểm :

- Hiệu suất sử dụng nguyên liệu rất cao.
- Thành phần tổ chức và tính chất dễ dàng khống chế, kiểm soát.
- Có độ cứng cao mà không cần nhiệt luyện.

Nhưng vật liệu bột cũng có nhược điểm là: vốn đầu tư khá cao, tính dẻo kém.

7.1.2. Công nghệ chế tạo

1. Tạo bột kim loại và hợp kim

Có nhiều phương pháp chế tạo bột kim loại và hợp kim như :

- Nghiền: dùng cho các kim loại và hợp kim có tính dòn như Cr, Mn, các oxit, cacbit... Độ hạt của kim loại được phân biệt bằng phương pháp rây.
- Hóa bột từ lỏng: phun kim loại mỏng trong khí trơ.
- Hoàn nguyên từ oxit.
- Phương pháp điện phân : điện phân dung dịch muối kim loại.
- Phương pháp cacbonyl để chế tạo các bột : Fe, Ni, Co có độ sạch rất cao.

2. Trộn phối liệu và tạo hình

Phối liệu bao gồm các thành phần theo yêu cầu được trộn bằng máy trộn hoặc tốt nhất là vừa nghiền, vừa trộn. Thời gian trộn sao cho đảm bảo sự đồng đều các thành phần trong phối liệu. Sau đó đem đi ép định hình hoặc lấy đọng bột kim loại trong khuôn thạch cao như kỹ thuật chế tạo gốm.

3. Thiêu kết

Thiêu kết chia thành hai giai đoạn, nung sơ bộ đến nhiệt độ 1200 đến 1300 độ trong môi trường khí hydro thời gian 90 đến 120 phút, sau đó nung trực tiếp trên ngọn lửa 3000 độ C.

Có thể kết hợp vừa ép, vừa thiêu kết theo công nghệ ép nóng. Khuôn được nung nóng đến nhiệt độ 1300 đến 1600 độ C. Lực ép từ 70 đến 150 kg/mm^2.

4. Gia công chi tiết sau thiêu kết

Sau khi thiêu kết, nếu cần thiết có thể thực hiện thêm một số khâu như sau

- Có thể gia công cơ.

- Ép hiệu chuẩn một khuôn ép để được hình dáng và kích thước chi tiết. Lực ép hiệu chuẩn thường cao hơn lực ép thiêu kết.

- Ngậm dầu cho sản phẩm.

7.1.3. Các vật liệu bột điển hình

1. Vật liệu bột mài và dụng cụ cắt

a. Hợp kim cứng

- Nhóm một cacbit:

Gồm các hạt cacbit wonfram (WC) dính kết với nhau bởi coban. Nhóm này được kí hiệu theo tiêu chuẩn của Nga là BK bao gồm các loại : BK2, BK6, BK8, BK20, BK25...Kí hiệu theo tiêu chuẩn Việt Nam là WCCo2, WCCo3, WCCo6, WCCo8... dùng làm dao tiện, các loại khuôn kéo sợi, mũi khoan địa chất.

- Nhóm 2 cacbit:

Gồm WC+TiC+Co. Nhóm này kí hiệu theo tiêu chuẩn của Nga là TK. Ví dụ T30K4, T15K6, T14K8. Theo tiêu chuẩn Việt Nam kí hiệu là WCTiC30Co4, WCTiC15Co6, WCTiC14Co8...chủ yếu dùng làm dụng cụ gia công tinh thép kể cả các loại thép đặc biệt.

- Nhóm 3 cacbit:

Gồm WC+TiC+TaC+Co. Nhóm này kí hiệu theo tiêu chuẩn của Nga là TTK. Ví dụ TT7K12, TT20K9 tương ứng với kí hiệu của Việt Nam là : WCTiC4TaC3Co12, WCTiC8TaC12Co9. Nhóm ba cacbit với

sự có mặt của TaC có độ bền chống rung, chống mẻ dao nên được dùng làm các dụng cụ gia công thô thỏi đúc, cán, rèn.

b. Vật liệu làm đĩa cắt

Đĩa cắt bằng kim cương nhân tạo Nitrit bo (BN) lập phương được dùng rộng rãi trong cắt kim loại, cắt đá. Chúng là các loại vật liệu siêu cứng, có độ cứng tư 8000 đến 10000 HV.

c. Vật liệu mài

Bột mài gồm các hạt cứng có kích thước không đều nhau nhưng luôn có các góc cạnh sắt nhọn. Vật liệu mài có thể dùng ở dạng tự do (dạng bột) như cát trung máy phun cát, bột mài nghiền, mài rà hoặc trên giấy vải (giấy nhám) hoặc ở dạng khối (đá mài, thanh mài).

d. Thép gió bột

Thép gió bột với hàm lượng cacbon và nguyên tố hợp kim cao được chế tạo bằng cách luyện kim bột. Thành phần nguyên liệu gồm có : Fe, C, W, Cr, Mo, V, Co được trộn đều rồi ép nóng ở 1100 độ C với áp suất 100 Mpa trong khí bảo vệ Argon.

2. Vật liệu kết cấu

a. Trên cơ sở nhôm và hợp kim nhôm

Bột nhôm với lớp Al_2O_3 sau khi ép và thêu kết sẽ được bán thành phẩm hệ Al – Al_2O_3 với lượng Al_2O_3 từ 5 đến 20 % có tác dụng hóa bền vật liệu. Loại này có độ bền nóng cao, cơ tính có thể duy trì tới 300 đến 350 độ C, có tính chống ăn mòn cao. Có hai loại vật liệu nhôm thêu kết :

- Bột nhôm thiêu kết.
- Bột hợp kim nhôm thiêu kết

b. Trên cơ sở đồng và hợp kim đồng

Vật liệu trên cơ sở đồng và kim đồng bao gồm :

- Vật liệu từ bột đồng nguyên chất thiêu kết.
- Brông thiếc thiêu kết.
- Brông thiếc – Niken thiêu kết.
- Latông thiêu kết.

c. Trên cơ sở sắt thép

Sắt thép được chế tạo trên cơ sở luyện kim bột có cơ tính không

thua kém gì loại thép truyền thống, thường để chế tạo các chi tiết máy như bánh răng các loại

3. Hợp kim xốp và thấm

a. Bạc xốp tự bôi trơn

Đây là loại bạc trượt, bên trong có chứa nhiều lỗ xốp (10 đến 25%), sau khi tẩm dầu (trong chân không ở 70 độ) nó trở nên ngậm dầu. Khi máy làm việc, bạc nóng lên dầu được tiết ra bôi trơn máy từ các lỗ chứa dầu nói trên. Bạc loại này được ứng dụng nhiều trong các thiết bị như quạt, máy hút bụi, máy giặt...

b. Màng lọc

Màng lọc được chế tạo từ bột dạng cầu hoặc đẳng trục, kích thước hạt đều nhau ép với áp lực nhỏ, độ xốp lớn (30 đến 50%), các lỗ xốp phân bố đều với đường kính lỗ xốp trung bình bằng 1/6 đường kính nhỏ nhất của hạt.

Nguyên liệu sản xuất màng lọc là các bột kim loại có tính chống ăn mòn cao như Ag, Au, Pt, bột Brông, bột thép không rỉ 18-8

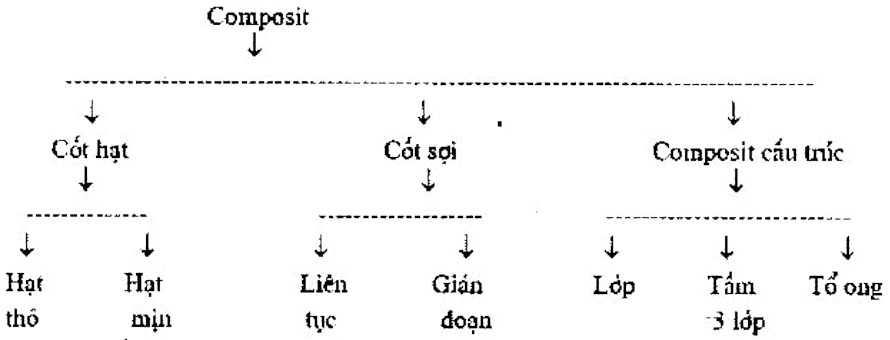
7.2 Vật liệu kết hợp (Composite) .

7.2.1. Các khái niệm về composite

1. Đặc điểm và phân loại

Vật liệu composite hay vật liệu kết hợp là loại vật liệu đa pha có thành phần hóa học khác nhau, hầu như không tan vào nhau, phân cách nhau bởi ranh giới pha, kết hợp với nhau theo những sơ đồ thiết kế trước nhằm tận dụng và phối hợp các tính chất ưu việt của từng pha.

Composite có thể phân loại theo sơ đồ sau đây:



Hình 7.1 Sô đồ phân loại composite

2. Liên kết nền cốt

Vật liệu composite là sự kết hợp giữa các pha nền và cốt. Tính chất của composite phụ thuộc chủ yếu vào liên kết giữa nền và cốt. Sau đây là đặc điểm nền cốt và liên kết giữa chúng.

• **Cốt :**

Là pha gián đoạn đóng vai trò tạo nên độ bền cao, modun đàn hồi cao cho composite.

• **Nền :**

Là pha liên tục đóng vai trò chủ yếu như sau :

- Liên kết toàn bộ các phần tử cốt.

- Che phủ bảo vệ cốt tránh các hư hỏng cơ học và hóa học của mội trường.

- Tạo khả năng để tiến hành các phương pháp gia công composite thành chi tiết theo thiết kế.

Người ta thường sử dụng nền là kim loại, polyme, gốm và hỗn hợp.

• **Liên kết nền cốt :**

Có một số dạng liên kết nền cốt sau đây :

- Liên kết cơ học thông qua độ mấp mô bề mặt.

- Liên kết nhờ thấm ướt tạo ra khi pha nền chảy thấm ướt vào cốt.

- Liên kết phản ứng khi xảy ra phản ứng hóa học giữa cốt và nền tạo thành keo dính chặt cốt với nền.

- Liên kết oxit.

- Liên kết hỗn hợp.

7.2.2. Composite hạt

Composite hạt được chia thành hai loại: composite hạt thô nền polyme và composite hạt thô nền kim loại.

- Composite hạt thô nền polyme: được đưa thêm các hạt cốt : thạch anh, thủy tinh, đất sét, oxit nhôm vào polyme để cải thiện độ bền kéo, tính chống mài mòn, chịu nhiệt, ổn định kích thước.

- Composite hạt thô nền kim loại: các hợp kim cứng trên cơ sở các

hạt WC, MoC, TaC trên nền Coban cũng như các hợp kim dùng làm tiếp điểm điện gồm các hạt kim loại khó chảy (W, Mo) hàm lượng từ 5 đến 20%.

7.2.3.Composite cốt sợi

1. Ảnh hưởng yếu tố hình học đến cơ tính composite

Có hai yếu tố hình học ảnh hưởng đến cơ tính của composite là : sự phân bố, định hướng của cốt sợi và ảnh hưởng của chiều dài của cốt sợi.

a. Sự phân bố và định hướng cốt sợi

Khi thiết kế composite cần phải tính đến sự phân bố và định hướng của cốt sợi. Có nhiều kiểu phân bố và định hướng cốt sợi như : một chiều; dệt hai chiều vuông góc; ngẫu nhiên rối một mặt; quấn ba chiều vuông góc. Theo đó cơ tính tốt nhất là kiểu quấn ba chiều vuông góc.

b. Ảnh hưởng của chiều dài cốt sợi

Chiều dài sợi có ảnh hưởng lớn đến độ bền và độ cứng vững của composite.

Bằng tính toán, người ta đã xác định được chiều dài tới hạn L_{th} của sợi.

$$L_{th} = \frac{(\sigma_b)_s . d_s}{2\tau}$$

$(\sigma_b)_s$: Giới hạn bền của cốt sợi.

d_s : Đường kính sợi.

τ : ứng suất tiếp tuyến tại biên giới phân chia nền cốt.

Nếu cốt sợi có chiều dài Ls :

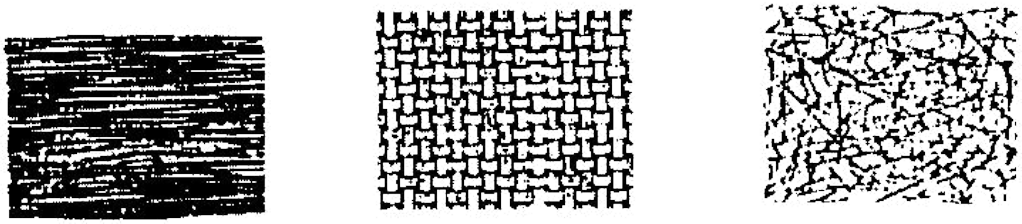
$Ls \geq L_{th}$: cốt sợi có tác dụng tăng bền và độ cứng vững cho composite.

$Ls < L_{th}$: tác dụng gia cường của cốt sợi sẽ không có.

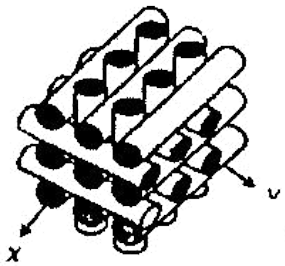
Với quy ước $Ls \geq 10\ L_{th}$: composite là cốt sợi liên tục.

$Ls < 10\ L_{th}$: composite là cốt sợi ngắn.

$Ls < L_{th}$: composite được gọi là composite hạt.



a) b) c)



d)

a) Một chiều
b) Dệt hai chiều vông góc
c) Ngẫu nhiên rối mọi mặt
d) Ba chiều vuông góc

Hình 7.2 sơ đồ phân bố và định hướng cốt sợi.

2. Độ bền và modun đàn hồi

Độ bền và modun đàn hồi của composit là những tính chất quan trọng nhất:

a. Composite cốt sợi liên tục thẳng hang

Độ bền:

$$(\sigma_b)_C = V_S(\sigma_b)_S + (1 - V_S).\sigma_n$$

$(\sigma_b)_C$: Giới hạn bền của composite.

V_S : thể tích cốt sợi.

$(\sigma_b)_S$: Giới hạn bền của cốt sợi

σ_n : Ứng suất trong nền tại thời điểm cốt nền bi đứt.

Modun đàn hồi:

$$E_C = V_S.E_S + V_n.E_n$$

E_C : Modun đàn hồi của composite

V_S : Thể tích cốt sợi.

E_S : Modun đàn hồi của cốt sợi

V_n : Thể tích của nền

E_n : Modun đàn hồi của nền

Hàm lượng tối thiểu của cốt sợi:

$$(V_{min})_S = \frac{[(\sigma_b)_n - \sigma_n]}{[(\sigma_b)_S - \sigma_n]}$$

$(V_{min})_S$: Hàm lượng sợi tối thiểu

$(\sigma_b)_n$: Giới hạn bền của nền.

σ_n : Ứng suất trong nền tại thời điểm cốt nền bi đứt.

$(\sigma_b)_S$: Giới hạn bền của cốt sợi

Như vậy đối với composite cốt sợi liên tục phải thỏa mãn hai điều kiện:

Chiều dài sợi $L_S \geq 10\ L_{th}$

Hàm lượng sợi : $V_S > (V_{min})_S$

b. Composite cốt sợi ngắn gián đoạn thẳng hàng

Khi $L_S < 10\ L_{th}$: composite là cốt sợi ngắn nằm thẳng hàng thì gọi là composite cốt sợi ngắn thẳng hàng.

Nếu $L_{th} \leq L_S < 10L_{th}$ Lúc này sợi vẫn có tác dụng gia cứng tuy không bằng sợi cốt liên tục.

$$(\sigma_b)_C = (\sigma_b)_S . V_S \left[1 - \frac{L_{th}}{2L_S}\right] + \sigma_n (1 - V_S)$$

Khi $L_S < L_{th}$ tác dụng gia cứng của cốt sợi không còn

$$(\sigma_b)_C = \frac{L_S}{d_S} \tau . V_S + \sigma_n (1 - V_S)$$

d_S : đường kính sợi

c. Composite cốt sợi ngắn hỗn độn

Cốt sợi ngắn phân bố ngẫu nhiên, vô trật tự. Biểu thức tínhmodun đản hồi của composite như sau:

$$E_C = KE_S . V_S + E_n . (1 - V_S)$$

Trong đó K là tham số hiệu quả bền.

3. Kích thước và vật liệu làm cốt sợi

Cốt sợi dùng chế tạo composite có kích thước càng nhỏ càng tốt vì xác suất tồn tại khuyết tật trên cốt sợi đường kính nhỏ thấp hơn cốt sợi có đường kính lớn. Dựa vào đường kính người ta chia thành ba loại : râu, sợi và dây nhỏ.

- Râu đơn tinh thể có đường kính rất nhỏ (1 đến 2 μm). Tuy nhiên loại này đắt tiền khó gắn kết với nhau nên ít khi sử dụng.

- Sợi được chế tạo bằng công nghệ kéo có kích thước tương đối nhỏ vài chục μm. Các loại vật liệu rẻ tiền thông dụng như : sợi thủy tinh, sợi polyme, sợi cacbon, sợi Bo.

- Dây là loại có đường kính nhỏ 50 đến 300 μm thường là dây thép, cacbon, wolfram, molipđen, titan.

4. Các loại composite cốt sợi phổ biến

a. Composite nền polyme-cốt sợi thuỷ tinh

Đây là loại composite cốt sợi phổ biến nhất do nó rẻ, độ bền riêng cao, liên kết hai pha nền cốt khá cao. Nền polyme thường là polyeste hoặc nylon. Nhược điểm của vật liệu này là độ đàn hồi thấp và chỉ sử dụng dưới 200 độ C. Thường được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo vỏ, thân xe ôtô, tàu biển, ống dẫn...

b. Composite nền polyme-cốt sợi khác

Composite nền polyme và các loại sợi cốt khác có độ đàn hồi tốt hơn và có tính chịu nhiệt cao hơn polyme sợi thủy tinh. Composite nền polyme sợi polyamit có thể chế tạo các kết cấu tàu biển, hàng không, dụng cụ thể thao.

c. Composite nền kim loại-sợi

Trong loại này nền kim loại có thể là Al, Cu, Mg, Ti với cốt sợi cacbon, SiC, sợi Bo, dây kim loại... với tỉ lệ thể tlch sơi khoản 20 đến 50%. Composite nền nhôm – sợi Bo có phủ SiC là loại có triển vọng nhất vì có độ bền riêng cao, modun đàn hồi cao, nhẹ sử dụng nhiều trong lĩnh vực hàng không.

d. Composite nền cacbon-sợi cacbon

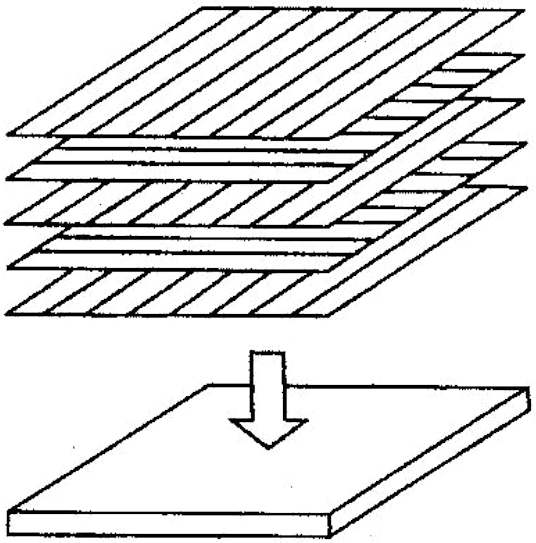
Composite nền cacbon - sợi cacbon có tính chịu nhiệt cao nhất, kết

hợp với khối lượng riêng nhỏ, độ bền và modun đàn hồi cao, chịu sốc nhiệt cao. Nó được sử dụng nhiều trong lĩnh vực hàng không, vũ trụ, các chi tiết ma sát, chịu nhiệt cao.

7.2.4. Composite cấu trúc

1. Composite cấu trúc dạng lớp

Composite cấu trúc dạng lớp bao gồm các lớp có độ bền dị hướng cao (gỗ lạng, tấm composite cốt sợi) và các lớp đồng nhất đóng vai trò liên kết.

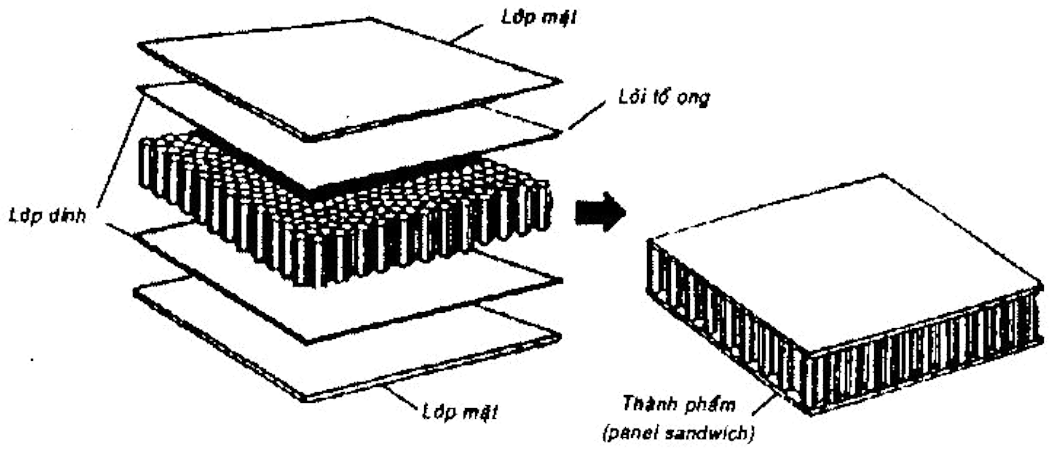


Hình 7.3 sơ đồ sắp xếp các lớp composite cấu trúc dạng lớp

2. Composite cấu trúc dạng tấm ba lớp

Loại này còn gọi là panet sandwich gồm ba lớp :

- Hai lớp mặt được chế tạo từ vật liệu có độ bền và độ cứng vững cao như hợp kim nhôm, hợp kim titan, thép và các tấm composite cấu trúc dạng lớp. Chức năng chủ yếu của lớp này là chịu toàn bộ tải trọng tác dụng theo chiều song song với mặt tấm.



Hình 7.4 sơ đồ composite cấu trúc dạng 3 lớp

- Lớp lõi nằm giữa hai mặt là vật liệu nhẹ. Tấm này có tác dụng duy trì khoảng cách giữa hai lớp mặt và giảm biến dạng theo chiều vuông góc với mặt tấm tránh hiện tượng cong vênh. Thường gặp hai loại lõi :

-Tổ chức xốp bọt như cao su nhân tạo, polyme bọt, chất kết dính vô cơ hoặc gỗ nhẹ.

-Tổ chức dạng tổ ong trong đó vách ngăn liên kết định hướng vuông góc với mặt tấm.

Composite cấu trúc ba lớp được ứng dụng làm trần, sàn, tường nhà, làm vỏ thân, cánh, đuôi máy bay.

7.2.5. Công nghệ chế tạo Composite

Qui trình chế tạo composite:

1. Chuẩn bị cốt (hạt, sợi, tấm)
2. Chuẩn bị nền liên kết (polyme, kim loại, gốm)
3. Kết hợp nền, cốt theo thiết kế cho trước.
4. Gia công cơ khí.
5. Kiểm tra.

Khâu kết hợp nền cốt là quan trọng nhất bao gồm một số phương pháp như sau :

- Phương pháp đúc ép : nền và cốt được kết hợp và tạo hình trong

khuôn đúc hoặc khuôn ép.

- Phương pháp bột : nền và cốt kết hợp với nhau tạo hình bằng công nghệ bột.
- Phương pháp tẩm chất nền lỏng : cốt được tẩm chất nền lỏng (polyme, kim loại lỏng), sau đó được đúc ép trong khuôn.
- Phương pháp kết tinh định hướng : phương pháp này dùng cho composite ứng với hợp kim cùng tinh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Công Dưỡng, Vật liệu học , NXB Khoa học và kỹ thuật , 1997

[2]. Nghiêm Hùng, Kim loại học và nhiệt luyện , NXB Giáo dục , 1993

[3]. Nghiêm Hùng, Vật liệu học cơ sở , NXB KH&KT , 2002

[4]. Đặng Vũ Ngoạn, Vật liệu kỹ thuật, NXB ĐHQG TPHCM, 2002

[5]. Nguyễn Văn Dán, Công nghệ nhiệt luyện và xử lý bề mặt, NXB ĐHQG TPHCM, 2002

[6]. Phạm Phố, Vật liệu và vật liệu mới, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2002

[7]. Nguyễn Xuân Phú, Vật liệu kỷ thuật điện, NXB KH&KT, 2001

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1
CẤU TẠO TINH THỂ CỦA VẬT LIỆU 5

1.1. Cấu trúc và liên kết nguyên tử 5

1.1.1. Tinh thể phân tử (liên kết Van der Waals) 6
1.1.2. Liên kết đồng hoá trị 6
1.1.3. Liên kết ion 7
1.1.4. Liên kết kim loại 8

1.2. Mạng tinh thể lý tưởng 8

1.2.1. Khái niệm cơ bản 8
1.2.2. Mạng lập phương thể tâm (LPTT) 9
1.2.3. Mạng lập phương diện tâm (LPDT) 10
1.1.4. Mạng lục giác xếp chặt(LGXC) 11

1.3. Mạng tinh thể điển hình 11

1.3.1.Dạng thù hình 11
1.3.2.Tính dị hướng 12
1.3.3. Đa tinh thể 12

CHƯƠNG 2
GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI CỦA HỢP KIM HAI CẤU TỬ 13

2.1. Khái niệm về giản đồ trạng thái 13

2.1.1.Công dụng của từng giản đồ trạng thái 13
2.1.2. Cấu tạo của giản đồ trạng thái hai cấu tử 13

2.2. Giản đồ trạng thái sắt - cacbon 14

2.3. Cấu trúc và tính chất các pha trong hợp kim 15

2.3.1. Các tổ chức một pha 15
2.3.2.Các tổ chức hai pha 17

2.4. Quan hệ giữa giản đồ pha và tính chất vật liệu 19

2.4.1. Sơ lược về thép và gang 19
2.4.2. Các điểm tới hạn của thép 20

CHƯƠNG 3
GANG 21

3.1 Đặt tính cơ bản của gang 21

3.1.1. Thành phần hoá học 21
3.1.2. Tổ chức tế vi 21
3.1.3. Cơ tính và công nghệ 21
3.1.4. Công dụng 22

3.2. Các loại gang dùng trong ngành cơ khí 22

3.2.1.Gang xám 22
3.2.2. Gang cầu 25
3.2.3. Gang dẻo 27

CHƯƠNG 4
THÉP 29

4.1. Thép cacbon, thép hợp kim 29

4.1.1. Thép cacbon 29
4.1.2. Thép hợp kim 31

4.2. Thép cán nóng thông dụng 34

4.3. Thép kết cấu 34

4.3.1. Khái niệm, đặc điểm của thép kết cấu 34
4.3.2. Các loại thép kết cấu 35
4.3.3.Thép kết cấu có công dụng riêng 39

4.4. Thép dụng cụ 40

4.4.1. khái niệm 40
4.4.2. Thép dụng cụ làm dao cắt 40
4.4.3. Thép làm khuôn rập nguội 42
4.4.4. Thép làm khuôn rập nóng 43

4.5. Các loại thép hợp kim đặc biệt và công dụng 45

4.5.1.Thép không gỉ 45
4.5.2. Thép và hợp kim làm việc ở nhiệt độ cao 45

CHƯƠNG 5
KIM LOẠI VÀ HỢP KIM MÀU 46

5.1.Nhôm và hợp kim nhôm 46

5.1.1. Nhôm nguyên chất 46

5.1.2. Hợp kim nhôm 48
5.2. Đồng và hợp kim đồng 50
5.2.1.Đồng nguyên chất 50
5.2.2.Hợp kim đồng: 51
CHƯƠNG 6
VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI 55
6.1 Vật liệu vô cơ 55
6.1.1.Khái niệm và phân loại 55
6.1.2. Đặc điểm cấu trúc và tính chất vật liệu vô cơ 55
6.1.3.Một số vật liệu vô cơ điển hình 56
6.2 Vật liệu hữu cơ (polyme). 59
6.2.1.Cấu tạo polyme và các tính chất của polyme 59
6.2.2. Một số vật liệu polyme điển hình và ứng dụng 60
6.2.3. Gia công polyme 62
CHƯƠNG 7
VẬT LIỆU MỚI 64
7.1 Vật liệu bột 64
7.1.1. Khái niệm 64
7.1.2. Công nghệ chế tạo 64
7.1.3. Các vật liệu bột điển hình 65
7.2 Vật liệu kết hợp (Composite) 67
7.2.1. Các khái niệm về composite 67
7.2.2. Composite hạt 68
7.2.3.Composite cốt sợi 69
7.2.4. Composite cấu trúc 73
7.2.5. Công nghệ chế tạo Composite 74
TÀI LIỆU THAM KHẢO 76

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM

KHOA CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ

TV ĐHCN TP.HCM
100151128

SÁCH ĐÃ PHÁT HÀNH

Giáo trình Anh Văn Cơ Khí
(Nguyễn Thị Mỹ Dung)

Giáo trình Dung Sai Lắp Ghép
(TS. Nguyễn Dần - KS. Nguyễn Hữu Thường)

Giáo trình Vẽ Kỹ Thuật
(GV. Nguyễn Thị My)

Bài tập Vẽ Kỹ Thuật
(GV. Nguyễn Thị My)

Bảng phụ lục Dung Sai - Lắp Ghép
(KS. Nguyễn Hữu Thường)

Giáo trình Cơ Lý Thuyết
(KS. Nguyễn Thị Ẩn)

Giáo trình Sức Bền Vật Liệu
(KS. Nguyễn Thị Ẩn)

TV ĐHCN
669.042
CHA-Q
2009
100151128

Mọi chi tiết xin liên hệ: Văn Phòng Khoa Cơ Khí, tầng trệt nhà V
12 Nguyễn Văn Bảo, P.4, Q. Gò Vấp, ĐT: 08.38940390 Ext. 200-201