

# LỜI NÓI ĐẦU

*Hướng tới mục tiêu nâng cao chất lượng đào tạo nghề, nhằm đáp ứng yêu cầu của thị trường lao động kỹ thuật và hội nhập.*

*Việc biên soạn giáo trình phục vụ công tác đào tạo của nhà Trường, đáp ứng yêu cầu mục tiêu của chương trình khung của Tổng Cục dạy nghề ban hành cũng nhằm đáp ứng các yêu cầu sau đây:*

*Yêu cầu của người học.*

*Nhu cầu về chất lượng nguồn nhân lực.*

*Cung cấp lao động kỹ thuật cho Doanh nghiệp và xuất khẩu lao động.*

*Dưới sự chỉ đạo của Ban Giám Hiệu nhà trường trong thời gian qua các giáo viên trong khoa Cơ khí đã dành thời gian tập trung biên soạn giáo trình, cải tiến phương pháp giảng dạy nhằm tạo điều kiện cho học sinh hiểu biết kiến thức và rèn luyện kỹ năng nghề.*

*Nhóm biên soạn đã vận dụng sáng tạo vào việc biên soạn giáo trình các mô đun chuyên môn cắt gọt kim loại. Nội dung giáo trình có thể đáp ứng để đào tạo cho từng cấp trình độ và có tính liên thông cho 2 cấp trình độ (Sơ cấp nghề, Trung cấp nghề), là tài liệu chính thức, dùng cho học viên và giáo viên nhà trường được hội đồng nhà trường thẩm định và cho phép lưu hành nội bộ trong nhà trường.*

*Mặt khác nội dung của mô đun phải đạt được các tiêu chí quan trọng theo mục tiêu, hướng tới đạt chuẩn quốc tế cho ngành Cắt gọt kim loại. Vì thế giáo trình mô đun đã bao gồm các nội dung như sau:*

*Trình độ kiến thức*

*Kỹ năng thực hành*

*Tính quy trình trong công nghiệp*

*Năng lực người học và tư duy về mô đun được đào tạo ứng dụng trong thực tiễn.*

*Chất lượng văn hóa nghề được đào tạo.*

*Trong quá trình biên soạn giáo trình Khoa đã tham khảo ý kiến từ các Doanh nghiệp trong nước, giáo trình của các trường Cao đẳng, Đại học, Học viện... Nhóm biên soạn đã hết sức cố gắng để giáo trình đạt được chất lượng tốt nhất. Do trình độ còn nhiều hạn chế nên không thể tránh khỏi thiếu sót, rất mong nhận được ý kiến đóng góp từ các đồng nghiệp, các bạn đọc để giáo trình được hoàn thiện hơn.*

*Ban Biên Soạn*

## 2. MỤC LỤC

|                                                                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>1. Lời nói đầu</b>                                                      | Trang 1 |
| <b>2. Mục lục</b>                                                          |         |
| <b>Chương 1. CẤU TRÚC VÀ CƠ TÍNH VẬT LIỆU</b>                              | 7       |
| 1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử.                                          | 7       |
| 1.1. Khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử                                 | 7       |
| 1.2. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn                            | 7       |
| 2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất                                        | 7       |
| 2.1. Chất khí                                                              | 7       |
| 2.2. Chất rắn tinh thể.                                                    | 7       |
| 2.3. Chất lỏng, chất rắn vô định hình và vi tinh thể.                      | 8       |
| 3. Khái niệm về mạng tinh thể                                              | 8       |
| 3.1. Tính đối xứng.                                                        | 9       |
| 3.2. Ô cơ sở- ký hiệu phương, mặt.                                         | 10      |
| 3.3. Mật độ nguyên tử.                                                     | 11      |
| 4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn.                               | 11      |
| 4.1. Chất rắn có liên kết kim loại.                                        | 12      |
| 4.2. Chất rắn có liên kết đồng hoá trị.                                    | 13      |
| 4.3. Chất rắn có liên kết ion.                                             | 13      |
| 4.4. Cấu trúc polyme.                                                      | 13      |
| 4.5. Dạng thù hình                                                         | 13      |
| 5. Đơn tinh thể và đa tinh thể                                             | 14      |
| 5.1. Đơn tinh thể.                                                         | 14      |
| 5.2. Đa tinh thể                                                           | 14      |
| 5.3. Textua.                                                               | 15      |
| 6. Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại                          | 15      |
| 6.1. Điều kiện xảy ra kết tinh                                             | 16      |
| 6.2. Hai quá trình của sự kết tinh.                                        | 16      |
| 6.3. Sự hình thành hạt.                                                    | 16      |
| Câu hỏi ôn tập                                                             | 16      |
| <b>Chương 2. HỢP KIM VÀ BIẾN ĐỔI TỔ CHỨC</b>                               | 17      |
| 1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim                                           | 17      |
| 1.1. Khái niệm về hợp kim.                                                 | 17      |
| 1.2. Dung dịch rắn.                                                        | 17      |
| 1.3. Pha trung gian.                                                       | 28      |
| 2. Giải đồ pha của hệ hai cấu tử                                           | 28      |
| 2.1. Quy tắc pha và ứng dụng.                                              | 28      |
| 2.2. Giải đồ pha và công dụng.                                             | 29      |
| 2.3. Giải đồ pha loại I                                                    | 30      |
| 2.4. Giải đồ pha loại II                                                   | 31      |
| 2.5. Giải đồ pha loại III                                                  | 32      |
| 2.6. Giải đồ pha loại IV                                                   | 33      |
| 2.7. Quan hệ giữa dạng giải đồ pha và tính chất của hợp kim.               | 33      |
| 3. Giải đồ pha Fe - C ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ )                  | 33      |
| 3.1. Tương tác giữa Fe- C.                                                 | 34      |
| 3.2. Giải đồ pha Fe- C ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ ) và các tổ chức. | 35      |
| 3.3. Phân loại                                                             | 35      |
| Câu hỏi ôn tập                                                             | 35      |

### **Chương 3. NHIỆT LUYỆN**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. Khái niệm về nhiệt luyện thép                        | 35 |
| 1.1. Sơ lược về nhiệt luyện.                            | 35 |
| 1.2. Ý nghĩa của nhiệt luyện                            | 35 |
| 2. Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép | 36 |
| 2.1. Các chuyển biến xảy ra khi nhiệt luyện.            | 36 |
| 2.2. Các chuyển biến xảy ra khi nung.                   | 37 |
| 2.3. Các chuyển biến xảy ra khi làm nguội.              | 37 |
| 3. Ủ và thường hoá thép.                                | 38 |
| 3.1. Ủ thép                                             | 38 |
| 3.2. Thường hoá thép                                    | 39 |
| 4. Tôi thép                                             | 40 |
| 4.1. Định nghĩa và mục đích                             | 41 |
| 4.2. Chọn nhiệt độ tôi thép.                            | 42 |
| 4.3. Tốc độ tôi tới hạn và độ thấm tôi.                 | 42 |
| 4.4. Các phương pháp tôi thể tích và công dụng.         | 43 |
| 5. Ram thép                                             | 44 |
| 5.1. Mục đích và ý nghĩa.                               | 44 |
| 5.2. Các phương pháp ram.                               | 45 |
| 6. Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.          | 46 |
| 6.1. Biến dạng và nứt.                                  | 46 |
| 6.2. Ôxy hoá và thoát cacbon.                           | 47 |
| 6.3. Độ cứng không đạt.                                 | 47 |
| 6.4. Tính giòn cao.                                     | 48 |
| Câu hỏi ôn tập                                          | 49 |

### **Chương 4. VẬT LIỆU KIM LOẠI**

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. Thép Cacbon                 | 50 |
| 1.1. Khái niệm về thép cacbon  | 50 |
| 1.2. Phân loại thép cacbon     | 51 |
| 2. Thép hợp kim                | 51 |
| 2.1. Khái niệm về thép hợp kim | 52 |
| 2.2. Phân loại thép hợp kim    | 53 |
| 3. Gang                        | 54 |
| 3.1. Khái niệm chung           | 55 |
| 3.2. Phân loại gang            | 55 |
| Câu hỏi ôn tập                 | 55 |

### **Chương 5. HỢP KIM MÀU VÀ PHI KIM**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1. Hợp kim màu                                 | 56 |
| 1.1. Nhôm và hợp kim nhôm                      | 57 |
| 1.2. Đồng và hợp kim đồng                      | 58 |
| 1.3. Niken và hợp kim Niken                    | 58 |
| 1.4. Kẽm và hợp kim kẽm                        | 59 |
| 2. Gỗ                                          | 60 |
| 2.1. Khái niệm về gỗ                           | 60 |
| 2.2. Tính chất cơ lý của gỗ                    | 60 |
| 2.3. Các biện pháp bảo quản gỗ                 | 60 |
| 2.4. Một số loại gỗ thông dụng ở rừng Việt nam | 61 |
| 3. Chất dẻo                                    | 61 |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 3.1. Khái niệm chung                               | 61 |
| 3.2. Tính chất cơ lý nhiệt của chất dẻo            | 61 |
| 3.3. Các phương pháp chế biến sản phẩm từ chất dẻo | 62 |
| 4. Vật liệu Compozit                               | 63 |
| 4.1. Khái niệm và tính chất chung                  | 63 |
| 4.2. Phân loại vật liệu Compozit                   | 63 |
| 4.3. Một số vật liệu Compozit thông dụng           | 63 |
| Câu hỏi ôn tập                                     | 63 |

### 3. Thông tin chung về môn học: vật liệu cơ khí

Mã số môn học: MH 09

Thời gian của môn học: 45 giờ.

#### 3.1. Vị trí, tính chất của môn học:

Môn học được bố trí sau khi học sinh học xong các môn học chung, trước các môn học/ mô đun đào tạo chuyên môn nghề, là môn học lý thuyết cơ sở bắt buộc.

#### 3.2. Mục tiêu môn học:

Học xong môn học này học sinh có khả năng:

- Trình bày được đặc điểm, tính chất, ký hiệu và phạm vi ứng dụng của một số vật liệu thường dùng: Gang, thép cacbon, thép hợp kim, hợp kim cứng, kim loại màu, ceramic, vật liệu phi kim loại, dung dịch làm nguội.
- Trình bày rõ một số khái niệm cần thiết về nhiệt luyện và hoá nhiệt luyện.
- Nhận biết vật liệu qua màu sắc, tỷ trọng, độ nhám mịn, âm thanh khi gõ, đập búa, xem tia lửa khi mài.
- Chọn và sử dụng đúng quy cách các loại vật liệu thường dùng cho nghề.
- Có thể tự mua các loại vật liệu theo yêu cầu của sản xuất.

#### 3.3. Nội dung chính môn học:

| Số TT | Tên chương mục                                                                                                                                                                                                                                                                   | Thời gian |           |                   |                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tổng số   | Lý thuyết | Thực hành Bài tập | Kiểm tra* (LT hoặc TH) |
| 1     | <b>Cấu trúc và cơ tính vật liệu</b><br>- Cấu tạo và liên kết nguyên tử.<br>- Sắp xếp nguyên tử trong vật chất<br>- Khái niệm về mạng tinh thể<br>- Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn<br>- Đơn tinh thể và đa tinh thể<br>- Sự kết tinh và hình thành tổ chức của kim loại | 9         | 9         | 0                 | 1                      |
| 2     | <b>Hợp kim và biến đổi tổ chức</b><br>- Cấu trúc tinh thể của hợp kim<br>- Giải đồ pha của hệ hai cấu tử<br>- Giải đồ pha Fe - C (Fe- Fe <sub>3</sub> C)                                                                                                                         | 7         | 7         | 0                 |                        |
| 3     | <b>Nhiệt luyện</b><br>- Khái niệm về nhiệt luyện thép<br>- Các tổ chức đạt được khi nung nóng và làm nguội thép<br>- Ủ và thường hoá thép                                                                                                                                        | 16        | 14        | 2                 |                        |

|      |                                                                                             |    |    |   |   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|---|
|      | - Tỏi thép<br>- Ram thép<br>- Các khuyết tật xảy ra khi nhiệt luyện thép.                   |    |    |   | 1 |
| 4    | <b>Vật liệu kim loại</b><br>- Thép Cácbon<br>- Thép hợp kim<br>- Gang                       | 6  | 6  | 0 |   |
| 5    | <b>Hợp kim màu và phi kim</b><br>- Hợp kim màu<br>- Gỗ<br>- Chất dẻo<br>- Vật liệu Compozit | 5  | 5  | 0 |   |
| Cộng |                                                                                             | 45 | 41 | 2 | 2 |

### 3.4. Điều kiện thực hiện chương trình:

- Vật liệu:
  - + Các loại vật liệu tiêu chuẩn để thực hành thí nghiệm.
  - + Bảng sưu tầm các loại vật liệu kim loại.
  - + Bảng sưu tầm các loại vật liệu phi kim loại.
  - + Giấy viết, sổ ghi chép, bút.
- Dụng cụ và trang thiết bị:
  - + Máy chiếu
  - + Bảng phụ lục về tiêu chuẩn các ký hiệu vật liệu.
  - + Các máy đo độ cứng.
- Học liệu:
  - + Sách giáo khoa, tài liệu phát tay.
  - + Slide.
  - + Hình vẽ trên phim trong.
  - + Bảng tra chế độ nhiệt luyện
  - + Tài liệu phát tay cho học sinh.
  - + Tài liệu tham khảo.
  - + Tranh treo tường.
- Nguồn lực khác:
  - + Phòng học vật liệu cơ khí
  - + Phòng thí nghiệm vật liệu cơ khí

### 3.5. Phương pháp và nội dung đánh giá:

1. Kiến thức: Được đánh giá bằng các bài kiểm tra viết và trắc nghiệm khách quan đạt yêu cầu, gồm các nội dung:
  - Khả năng trình bày các tính chất, phạm vi sử dụng, ký hiệu của các loại vật liệu thường dùng trong cơ khí chế tạo.
  - Các phương pháp thử độ cứng.
  - Chế độ nhiệt luyện cho từng chi tiết cụ thể.
2. Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng thực hành của học sinh trong bài thực hành:
  - Phân tích được ký hiệu của các loại vật liệu dùng cho cơ khí chế tạo.
 Nhận biết đúng và sử dụng đúng các loại vật liệu cơ khí khi được đánh giá bằng trắc nghiệm lựa chọn và trắc nghiệm sự thực hiện đạt yêu cầu.
3. Thái độ:
  - Tự giác, nghiêm túc.

### **3.6. Hướng dẫn chương trình:**

#### **1. Phạm vi áp dụng chương trình**

Chương trình môn học được sử dụng để giảng dạy cho trình độ trung cấp nghề và trình độ cao đẳng nghề.

Hướng dẫn một số điểm chính về phương pháp giảng dạy môn học

- Khi giảng dạy, cần giúp người học phân biệt rõ khái niệm nhiệt luyện, các phương pháp hoá nhiệt luyện, tính chất và các ký hiệu của các loại vật liệu trong ngành cơ khí.

- Các nội dung liên quan đến cấu trúc, tổ chức của thép, chỉ phân tích, nêu công dụng, giải thích các ký hiệu.

- Để giúp người học nắm vững những kiến thức cơ bản cần thiết sau mỗi chương cần giao các câu hỏi, bài tập để làm ngoài giờ. Các câu hỏi, bài tập chỉ cần ở mức độ đơn giản, trung bình phù hợp với phần lý thuyết đã học.

- Tăng cường sử dụng thiết bị, đồ dùng dạy học để tăng hiệu quả dạy học.

Những trọng tâm chương trình cần chú ý: Trọng tâm môn học là chương 3 và 4

Tài liệu cần tham khảo:

- Nguyễn Hoàn Sơn-Vật liệu cơ khí, NXB Giáo dục - 2000.

- Phạm Thị Minh Phương, Tạ Văn Thắt- Công nghệ nhiệt luyện, NXB Giáo dục - 2000.

#### **5. Ghi chú và giải thích:**

# CHƯƠNG 1: CẤU TRÚC VÀ CƠ TÍNH VẬT LIỆU

## Mục tiêu:

- Trình bày đầy đủ các đặc điểm, cấu tạo và các tính chất cơ lý hoá, tính công nghệ của kim loại và hợp kim.
- Phân biệt các kim loại và hợp kim thường dùng trong ngành cơ khí chế tạo
- Mô tả được các phương pháp đo độ cứng đơn giản, có thể đo trực tiếp sản phẩm mà không phá hỏng chúng.
- Đo được độ cứng HB, HRC của vật liệu.
- Rèn luyện tính kỷ luật, kiên trì, cẩn thận, nghiêm túc, chủ động và tích cực sáng tạo trong học tập.

## Nội dung:

### 1. Cấu tạo và liên kết nguyên tử:

#### 1.1. Khái niệm cơ bản về cấu tạo nguyên tử:

Nguyên tử là một hệ thống gồm hạt nhân ( mang điện tích dương ) và các điện tử bao quang (mang điện tích âm) mà ở trạng thái bình thường trung hòa về điện.

Hạt nhân gồm các hạt prôtôn và notrôn. Các điện tử phân bố quanh hạt nhân tuân theo mức năng lượng từ thấp đến cao.

- Nguyên tử = hạt nhân + electron = (proton + notron) + electron
- Notron không mang điện
- Proton mang điện dương = điện tích của electron
- Cấu hình electron chỉ rõ: số lượng tử chính (1, 2, 3...), ký hiệu phân lớp (s, p, d...), số lượng electron thuộc phân lớp (số mũ trên ký hiệu phân lớp)

Thí dụ: Cu có  $Z = 29$  có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$  qua đó biết được số electron ngoài cùng (ở đây là 1, hóa trị 1)

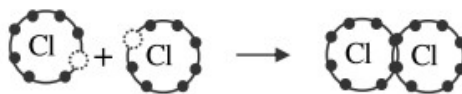
#### 1.2. Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn:

Các loại vật liệu khác nhau có thể tồn tại các dạng liên kết riêng. Sự khác nhau của các dạng liên kết đó cũng là nguyên nhân tạo nên các tính chất khác nhau

##### 1.2.1. Liên kết đồng hóa trị:

Là liên kết của hai (hoặc nhiều) nguyên tử gộp chung nhau một số electron hóa trị để có đủ tám electron ở lớp ngoài cùng

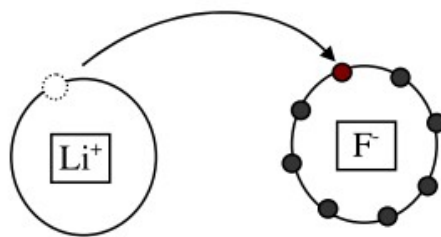
Thí dụ: Clo có  $Z=17$  ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ), có 7e ở lớp ngoài cùng, 2 nguyên tử Cl mỗi nguyên tử gộp chung 1 electron để lớp ngoài cùng 8e



Hình 1.1: Liên kết đồng hóa trị

##### 1.2.2. Liên kết ion:

Liên kết ion càng mạnh khi lớp ngoài cùng chứa ít e, nằm càng gần hạt nhân. Liên kết không định hướng (định hướng thì xác suất liên kết lớn nhất theo phương nối tâm các nguyên tử), vật liệu có liên kết ion thì tính giòn cao.

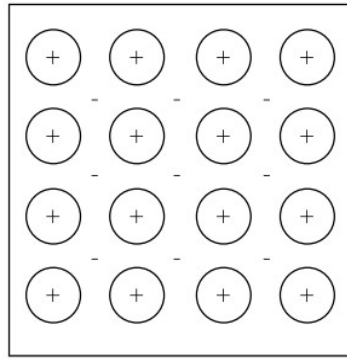


Hình 1.2: Liên kết ion

##### 1.2.3. Liên kết kim loại:



- Là liên kết giữa mạng ion dương xác định với các điện tử tự do. Năng lượng liên kết là tổng hợp lực đẩy và lực hút tĩnh điện giữa các ion dương và mây điện tử tự do.



Hình 1.3: Liên kết kim loại

- Đặc điểm:

- + Liên kết kim loại thường được tạo nên từ những nguyên tử có ít điện tử hoá trị.
- + Cấu trúc tinh thể của các chất với liên kết kim loại có tính đối xứng cao. (Các dạng liên kết nguyên tử trong chất rắn như: Liên kết đồng hoá trị; Liên kết ion; Liên kết hỗn hợp; Liên kết yếu-Liên kết Vander Waals).

#### 1.2.4. Liên kết hỗn hợp:

Thực ra trong các chất, vật liệu thông dụng thường mang tính hỗn hợp của nhiều loại. Ví dụ: Na và Cl có tính âm điện lần lượt là 0,9 và 3,0. Vì thế liên kết giữa Na và Cl trong NaCl gồm khoảng 52% liên kết ion và 48% liên kết đồng hóa trị.

#### 1.2.5. Liên kết yếu:

Do sự khác nhau về tính âm điện tạo thành các phân tử phân cực. Các cực trái dấu hút nhau tạo thành liên kết yếu. Liên kết này yếu và rất dễ bị phá vỡ khi tăng nhiệt độ.

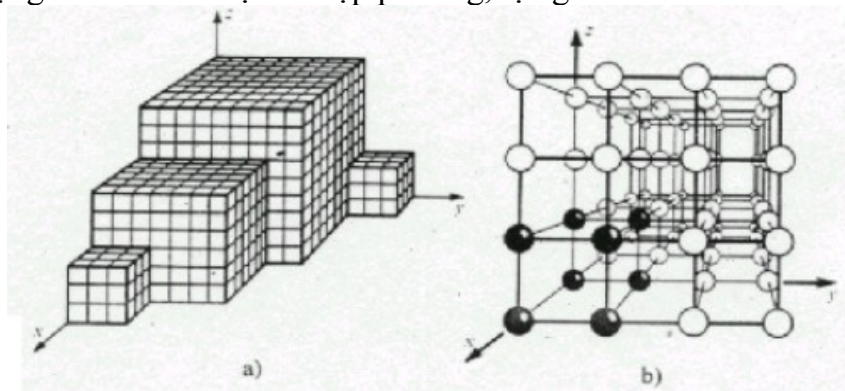
### 2. Sắp xếp nguyên tử trong vật chất:

#### 2.1. Chất khí:

Sự sắp xếp nguyên tử một cách hỗn loạn, không có hình dạng, kích thước xác định.

#### 2.2. Chất rắn tinh thể:

Các kiểu mạng tinh thể xác định là lập phương, lục giác



Hình 1.4: Sơ đồ mạng tinh thể

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

##### 2.3.1. Chất lỏng:

Trong phạm vi hẹp khoảng 0,25nm các nguyên tử chất lỏng có xu thế tiếp xúc nhau tạo thành các đám nhỏ.

##### 2.3.2. Chất rắn vô định hình:

Chất rắn tạo thành có cấu trúc giống như chất lỏng trước đó

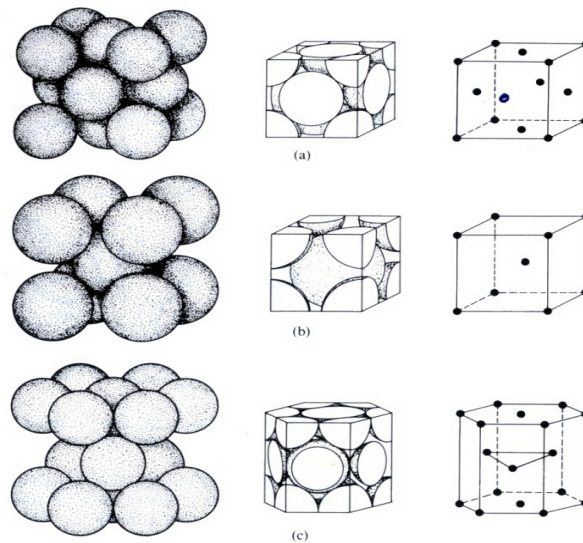
Ví dụ: Thủy tinh (thành phần cơ bản là  $\text{SiO}_2$ ) là chất rắn vô định hình



### 2.3.3. Chất rắn vi tinh thể:

Vật liệu khi làm nguội từ trạng thái lỏng rất nhanh sẽ nhận được cấu trúc tinh thể nhưng với kích thước hạt rất nhỏ

**3. Khái niệm về mạng tinh thể:** Là mô hình không gian biểu diễn quy luật hình học của sự sắp xếp nguyên tử



Hình 1.5: Mô hình và các sắp xếp nguyên tử trong khối cơ sở

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

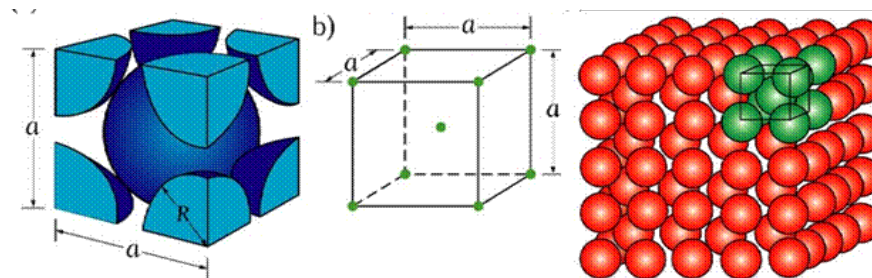
### 3.1. Tính đối xứng:

Tính chất hình học khi quay một điểm hay một phần tử xung quanh một điểm hay một đường với một góc  $\alpha$ , chúng sẽ trùng lặp nhau.

### 3.2. Ô cơ sở, ký hiệu phương – mặt:

#### 3.3.1. Ô cơ sở (ô cơ bản)

- Mạng tinh thể gồm vô số các ô nhỏ xếp liên tiếp nhau theo ba chiều trong không gian. Các ô nhỏ đó gọi là ô cơ sở (ô cơ bản).



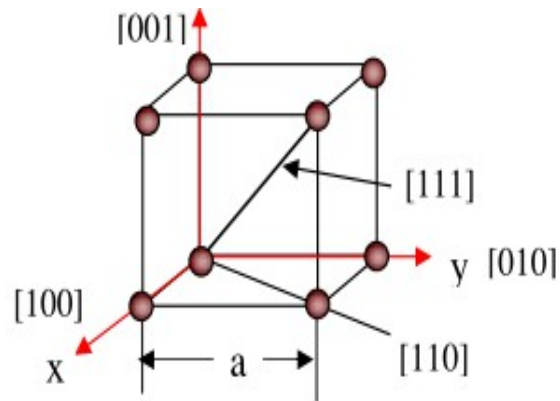
Hình 1.6: Ô cơ sở

- Ô cơ sở là phần nhỏ nhất đặc trưng đầy đủ cho các tính chất cơ bản của mạng tinh thể.

#### 3.3.2. Ký hiệu phương – mặt:

##### a. Ký hiệu phương:

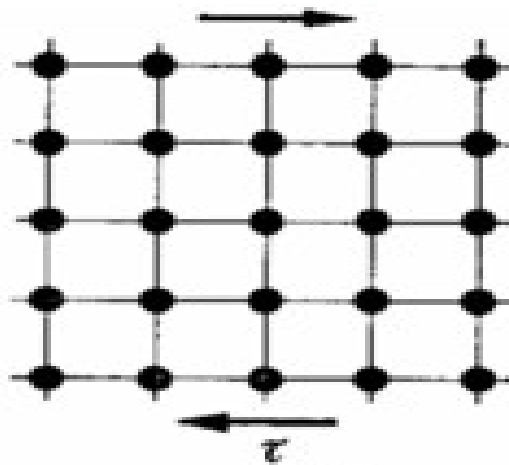
- Biểu diễn vị trí và hướng của mặt tinh thể nào đó.
- + Dùng ký hiệu  $[uvw]$  để biểu diễn phương tinh thể.
- +  $uvw$  là các số nguyên nhỏ nhất, ứng với giá trị tọa độ một chất điểm.



Hình 1.7: Các phương điển hình trong mạng tinh thể dạng lập phương

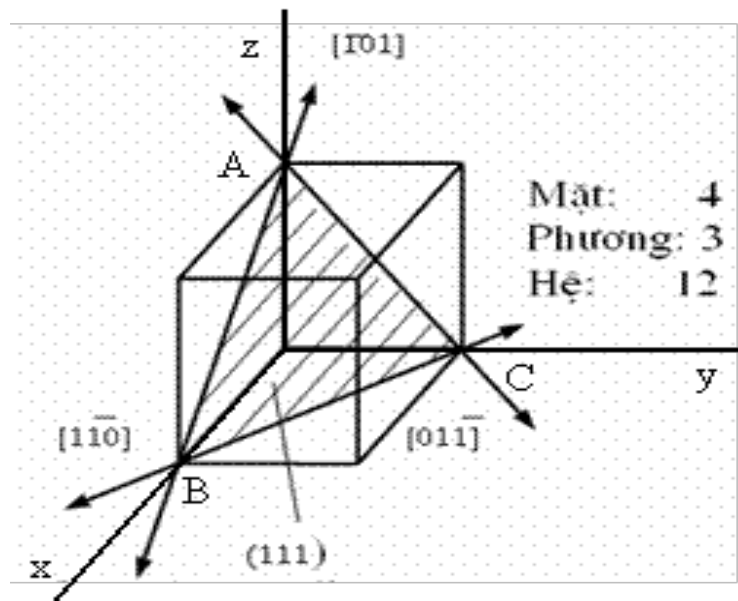
## b. Mặt tinh thể

- Mạng tinh thể gồm các mặt song song và cách đều nhau - mặt tinh thể.



Hình 1.8: Mặt tinh thể

- Dùng kí hiệu (hkl) để biểu diễn một mặt tinh thể, hkl là các số nguyên.
- Cách tìm hkl:



Hình 1.9: Mặt – Phương tinh thể

Gắn tọa độ Đề Các vào ô cơ sở;

Tìm giao điểm của mặt cần tìm với 3 trục tọa độ, tương ứng r, p, q;

Nghịch đảo các giá trị tọa độ vừa tìm được;

Quy đồng và lấy giá trị của tử số – h, k, l.

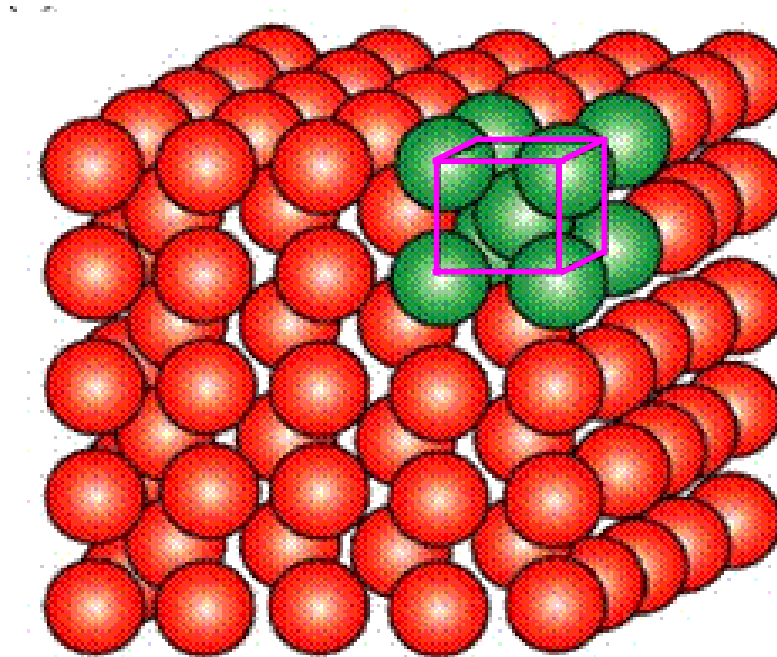
### 3.3. Mật độ nguyên tử:

#### 3.3.1 Mật độ xếp:

Là đại lượng đánh giá mức độ sắp xếp xít chặt của các chất điểm đối với mỗi kiểu mạng. Bao gồm: mật độ theo phương, mật độ mặt và mật độ khối.

##### a. Mật độ theo phương:

- Là mức độ xít chặt của các nguyên tử theo một phương nhất định. Phương nào có khoảng cách giữa các nguyên tử nhỏ hơn thì phương đó có mật độ lớn hơn.



Hình 1.10: Mật độ xếp

##### b. Mật độ mặt:

- Là mức độ xít chặt của các nguyên tử theo một mặt nào đó và được tính theo công thức sau:

$$M_s = \frac{n_s \pi r^2}{S} \cdot 100\%$$

Trong đó:

- $M_s$  – là mật độ mặt;
- $n_s$  – là số nguyên tử thuộc diện tích  $S$  của mặt;
- $r$  – là bán kính nguyên tử;
- $S$  – là diện tích của mặt tinh thể.

- c. **Mật độ khối:** là mức độ xít chặt của các nguyên tử trong một ô cơ sở và được tính theo công thức sau:

$$M_v = n_v \frac{\frac{4}{3} \pi r^3}{V} \cdot 100\%$$

Trong đó:

- $M_v$  – là mật độ khối;
- $n_v$  – là số nguyên tử thuộc thể tích  $V$ ;
- $r$  – là bán kính nguyên tử;
- $V$  – là thể tích của ô cơ sở.

#### 3.3.2 Số sắp xếp:

Là số lượng nguyên tử cách đều gần nhất một nguyên tử đã cho. Số sắp xếp càng lớn chứng tỏ mạng tinh thể càng dày đặc.

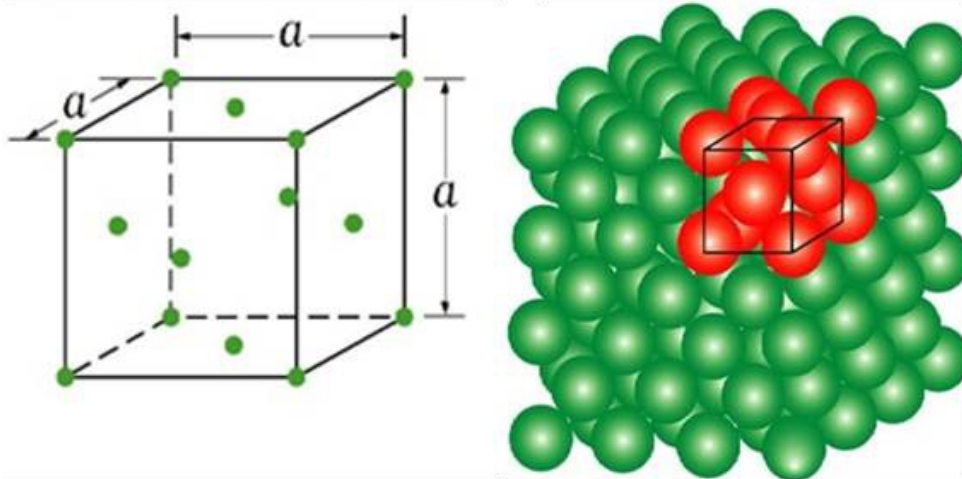
**3.3.3. Lỗ hổng:** Là không gian trống giữa các nguyên tử

#### 4. Cấu trúc tinh thể điển hình của chất rắn:

**4.1. Chất rắn có liên kết kim loại:** Nguyên tử luôn có xu hướng xếp chặt với kiểu mạng đơn giản

##### 4.1.1. Lập phương thể tâm – A2 (K8)

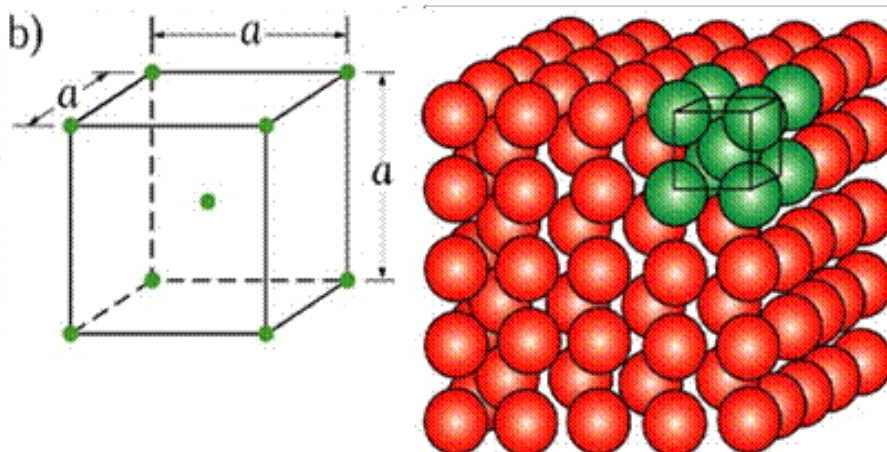
- Các kim loại có kiểu mạng này là: Fe $\alpha$ , Cr, W, Mo,...;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 2$ ;
- Số sắp xếp của mạng K = 8;
- Mật độ khối  $M_v = 68\%$ ;
- $a \approx 2,87 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ .



Hình 1.11: Lập phương tâm mặt

##### 4.1.2. Lập phương diện tâm – A1 (K12)

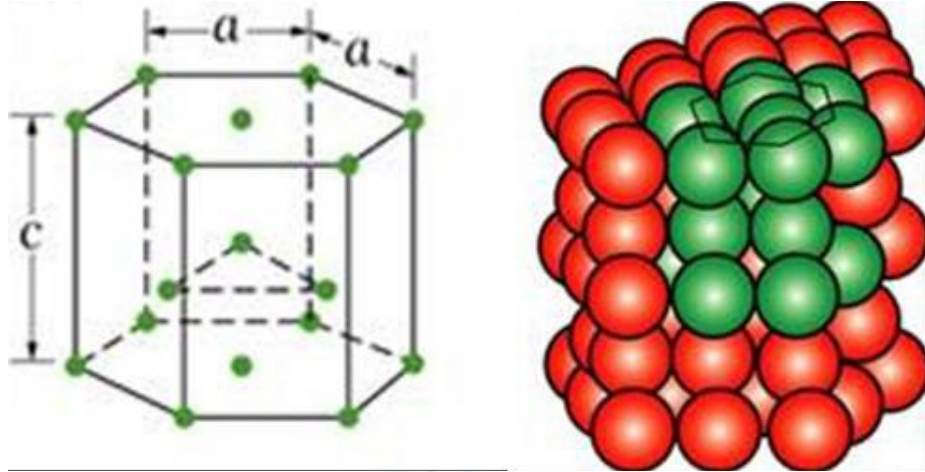
- Các kim loại có kiểu mạng này là: Fe $\gamma$ , Cu, Ni... ;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$ ;
- Số sắp xếp của mạng K = 12 (số các nguyên tử cách đều gần nhất 1 nguyên tử bất kỳ);
- Mật độ mặt (111)  $M_s = 91\%$ , mật độ khối  $M_v = 74\%$ ;
- $a \approx 3,64 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ .



Hình 1.12: Lập phương tâm khối

##### 4.1.3. Lục giác xếp chặt – A3 (T12)

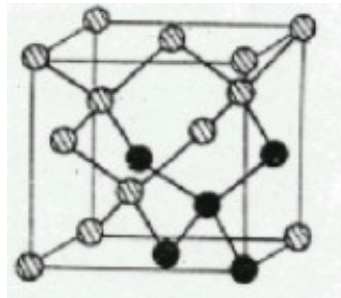
- Các kim loại có kiểu mạng này là: Zn, Mg, Cd, Cr, Mo,...;
- Số nguyên tử trong một ô cơ sở  $n = 12 \cdot 1/6 + 2 \cdot 1/2 + 3 = 6$ ;
- Số sắp xếp của mạng  $K = 12$ ;
- Mật độ khối  $M_v = 74\%$ ;
- $a \approx 3,2 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ ;  $c \approx 5,2 \cdot 10^{-7} \text{mm}$ .



Hình 1.13: Lục giác xếp chặt

#### 4.2. Chất rắn có liên kết đồng hóa trị:

**4.2.1. Kim cương A4:** Là một dạng thù hình của Cacbon với cấu hình điện tử là  $1s^2 2s^2 2p^2$



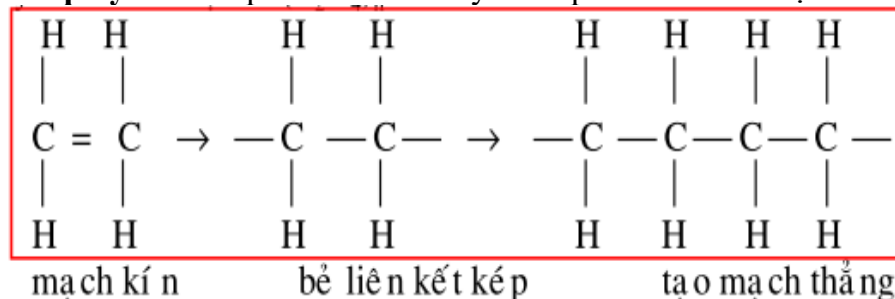
Hình 1.14: Ô cơ sở của mạng kim cương

**4.2.2. Mạng Grafit:** Là dạng tồn tại khác của cacbon, dễ bị tách lớp, rất mềm, là chất rắn có độ cứng thấp.

**4.3. Chất rắn có liên kết ion:** phụ thuộc vào 2 yếu tố

- Tỷ số của ion âm và ion dương đảm bảo trung hòa về điện
- Tương quan kích thước giữa ion âm và ion dương

**4.4. Cấu trúc polyme:** các phân tử liên kết yếu và phần lớn là vô định hình



Hình 1.15: Cấu trúc polyme của  $(C_2H_4)_n$

#### 4.5. Dạng thù hình:

Có rất nhiều kim loại có đặc tính là: ở những khoảng nhiệt độ và áp suất khác nhau có các kiểu mạng tinh thể khác nhau – tính thù hình.

- Ví dụ: Fe



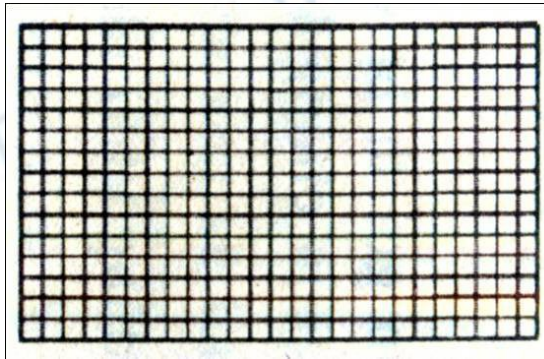
- + Ở nhiệt độ dưới  $910^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\alpha$  - mạng A2;
- + Từ  $1392 - 1539^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\delta$  - dung dịch rắn không hoà tan;
- + Từ  $910 - 1392^{\circ}\text{C}$  gọi là  $\text{Fe}\gamma$  - mạng A1.
- Khi chuyển biến thù hình các tính chất cơ, lý, của vật liệu có thể thay đổi đột ngột.
- Thay đổi về thể tích: Khi nung nóng đến  $910^{\circ}\text{C}$  thì có chuyển biến từ  $\text{Fe}\alpha$  - mạng A2 ( $M_v = 64\%$ ) sang  $\text{Fe}\gamma$  - mạng A1 ( $M_v = 74\%$ ) thể tích của kim loại bị giảm đi và khi làm nguội thì ngược lại.
- Thay đổi về tính chất: Cacbon có 2 dạng thù hình là Graphit và Kim cương có tính chất khác nhau. Graphit – A3 là vật liệu rất mềm, Kim cương là vật liệu rất cứng. Chế tạo Kim cương từ Graphit: nén Graphit ở áp suất 100.000 at và ở nhiệt độ  $2000^{\circ}\text{C}$

## 5. Đơn tinh thể và đa tinh thể:

### 5.1. Đơn tinh thể:

#### 5.1.1. Khái niệm:

Một vật tinh thể có mạng thống nhất và phương tinh thể không đổi trong toàn bộ thể tích của nó thì được gọi là đơn tinh thể. (có thể coi đơn tinh thể là mạng tinh thể đồng nhất về hình học)



Hình 1.16: Mô hình đơn tinh thể

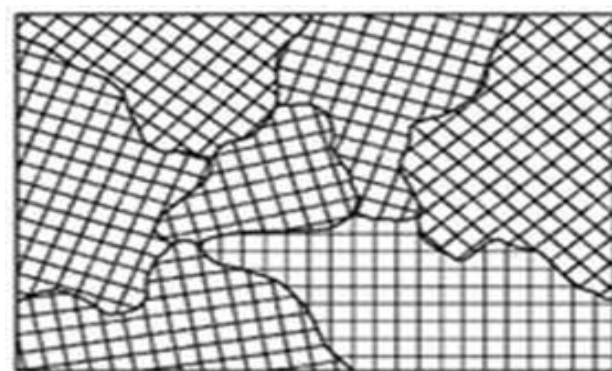
#### 5.1.2. Đặc điểm:

- Kim loại đơn tinh thể có độ nguyên chất rất cao, sai lệch mạng ít nhất;
- Có thể tồn tại các đơn tinh thể tự nhiên, hầu như để có được đơn tinh thể kim loại người ta phải nuôi;
- Chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp bán dẫn và vật liệu điện;
- Có tính dị hướng (là sự khác nhau về tính chất cơ, lý, hoá theo các phương khác nhau), vì theo các hướng khác nhau độ xếp chặt nguyên tử khác nhau.

## 5.2. Đa tinh thể:

#### 5.2.1. Khái niệm:

Tập hợp của vô số các hạt tinh thể liên kết với nhau gọi là đa tinh thể. Mỗi hạt tinh thể gồm nhiều tinh thể nhỏ có cùng cấu trúc mạng với định hướng khác nhau mang tính ngẫu nhiên.

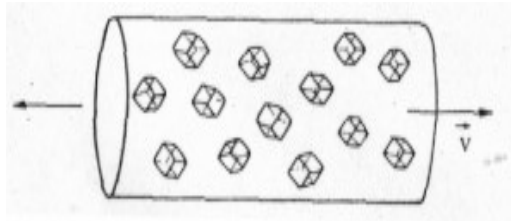


Hình 1.17: Mô hình đa tinh thể

### 5.2.2. Đặc điểm:

- Sự định hướng của mỗi hạt tinh thể là ngẫu nhiên nên phương mạng giữa các hạt sẽ lệch nhau một góc từ vài độ đến vài chục độ;
- Có tính đẳng hướng;
- Mật độ khối thấp.

**5.3. Textua:** Do biến dạng dẻo làm phương mạng định hướng tạo nên textua.



Hình 1.18: Mô hình Textua trong dây nhôm khi kéo sợi

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

### 6.1. Điều kiện xảy ra kết tinh:

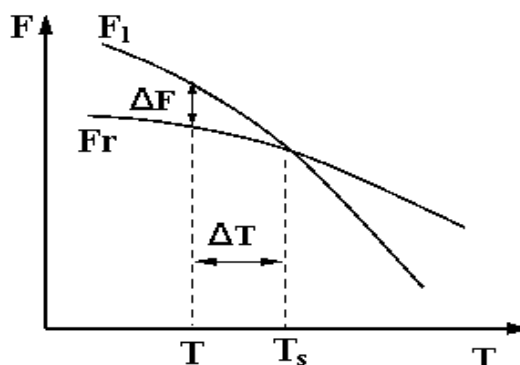
#### 6.1.1. Cấu trúc ở trạng thái lỏng:

##### a. Đặc điểm cấu trúc của kim loại lỏng:

- Các nguyên tử có xu hướng tạo thành các nhóm nguyên tử sắp xếp có trật tự. (tức là có trật tự gần mà không có trật tự xa như ở trạng thái rắn);
- Các nhóm nguyên tử sắp xếp có trật tự được hình thành trong một thời gian rất ngắn, sau đó lại tan đi để rồi lại xuất hiện ở chỗ khác, có nghĩa là sự hình thành rồi lại tan đi của chúng là quá trình xảy ra liên tiếp;
- Có điện tử tự do và liên kết kim loại  $\Rightarrow$  giúp nó kết tinh được dễ dàng

##### b. Sự biến đổi năng lượng khi kết tinh.

- Năng lượng dự trữ được đặc trưng bằng 1 đại lượng khác gọi là năng lượng tự do  $F$ .
- Ở nhiệt độ  $T > T_s$  kim loại tồn tại ở trạng thái lỏng vì năng lượng tự do trạng thái lỏng nhỏ hơn năng lượng tự do ở trạng thái rắn  $F_l < F_r$ .
  - Ở nhiệt độ  $T < T_s$  kim loại tồn tại ở trạng thái rắn vì  $F_r < F_l$ .
  - Ở nhiệt độ  $T = T^0$ ,  $F_r = F_l$ . Kim loại lỏng ở trạng thái cân bằng động.  $T^0$  được gọi là nhiệt độ kết tinh lý thuyết. Như vậy sự kết tinh thực tế chỉ xảy ra  $T < T_s$  hay  $F_r < F_l$ .



Hình 1.19: Sự biến đổi năng lượng khi kết tinh.

#### 6.1.2. Độ quá nguội:

- Độ quá nguội  $\Delta T$  là hiệu giữa nhiệt độ kết tinh lý thuyết  $T_s$  và nhiệt độ kết tinh thực tế TKT.

$$\Delta T = T_s - T_{KT}$$



- Đối với kim loại nguyên chất kỹ thuật, chúng có thể kết tinh ở những độ quá nguội khác nhau, tốc độ làm nguội càng lớn thì kim loại kết tinh với độ quá nguội càng lớn.

- Như vậy chuyển biến pha cần độ quá nguội  $\Delta T$  khi đó động lực chuyển pha sẽ là hiệu năng lượng giữa hai pha ở nhiệt độ đã cho:

$$\Delta F = F_r - F_l < 0$$

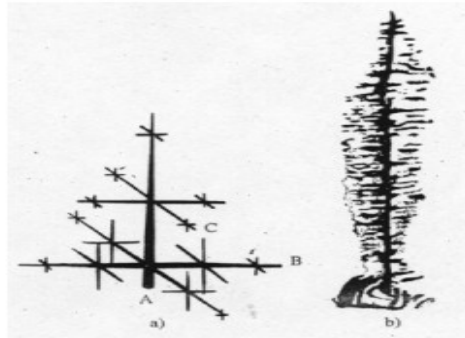
## 6.2. Hai quá trình của sự kết tinh:

### 6.2.1. Tạo mầm:

- Mầm tinh thể được hiểu là những phần chất rắn nhỏ ban đầu được hình thành trong kim loại lỏng.

**6.2.1. Sự tạo mầm:** là quá trình xuất hiện những phân tử rắn có cấu tạo tinh thể, có kích thước xác định ở trong kim loại lỏng. Đó là các trung tâm để từ đó phát triển lên thành hạt tinh thể.

- Có hai loại mầm: Mầm tự sinh - mầm đồng thể; Mầm ký sinh - mầm dị thể.



Hình 1.20: Sự kết tinh nhánh cây

- Khi kích thước mầm  $r \leq r_{th}$  thì sự phát triển tiếp theo của mầm là tự phát, vì đó là sự giảm năng lượng tự do.

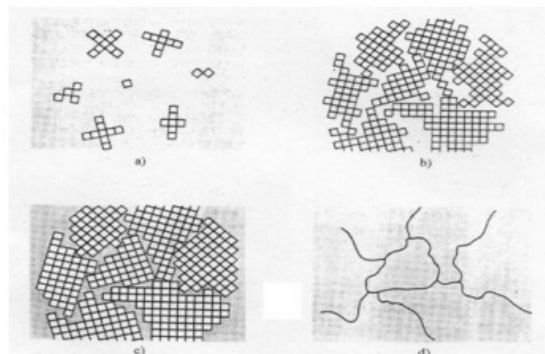
Khi nhiệt độ kết tinh thực tế càng thấp thì  $r_{th}$  càng nhỏ, do đó sự kết tinh càng dễ dàng.

Sự lớn lên của mầm không đều theo các phương. Phương nào có mật độ nguyên tử lớn thì tốc độ phát triển mầm theo phương đó cao theo phương tản nhiệt nhanh, mầm phát triển cũng nhanh hơn.

## 6.3. Sự hình thành hạt:

**6.3.1. Tiến trình kết tinh:** Khi các mầm tạo nên trước đang lớn lên thì các mầm khác trong kim loại lỏng vẫn tiếp tục hình thành.

Sự kết tinh cứ thế tiếp tục phát triển như vậy cho đến khi nào không còn kim loại lỏng nữa. Quá trình kết tinh các mầm định hướng ngẫu nhiên nên phương mạng của các hạt không đồng hướng và lệch nhau một góc nào đó.



Hình 1.21: Tiến trình kết tinh

### 6.3.2. Hình thành hạt

- Hình dạng hạt phụ thuộc vào tốc độ phát triển của mầm theo các phương khác nhau:
- + Theo các phương đều nhau  $\Rightarrow$  hạt có dạng cạnh đều hoặc cầu;
- + Theo 1 phương (rất mạnh)  $\Rightarrow$  hạt có dạng dài hình trụ;
- + Theo một mặt (rất mạnh)  $\Rightarrow$  hạt có dạng tấm, phiến.

### 6.3.3. Kích thước hạt

- Kích thước hạt là 1 trong những chỉ tiêu để đánh giá chất lượng kim loại – quan hệ chặt chẽ tới cơ tính.

- Các cách xác định độ lớn của hạt:

- + Đo diện tích trung bình của hạt (Phức tạp-ít dùng);
- + Đo đường kính lớn nhất của hạt;
- + So sánh với bảng mẫu về cấp hạt. Thường có 8 cấp hạt chính: 1-4 cấp hạt to và 5-8 cấp hạt nhỏ.

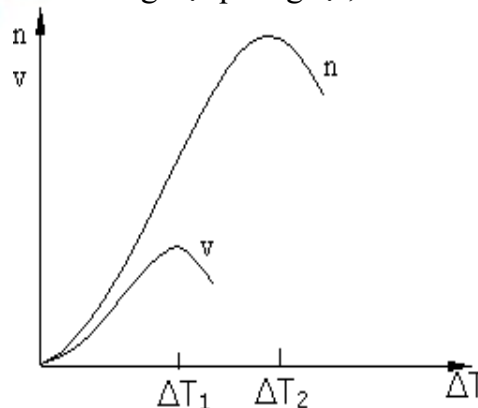
#### a. Nguyên lý tạo hạt nhỏ khi đúc

Hai yếu tố quyết định kích thước hạt khi kết tinh là: Tốc độ tạo mầm và tốc độ phát triển mầm.

- Tốc độ tạo mầm càng lớn  $\Rightarrow$  số mầm tạo ra càng nhiều  $\Rightarrow$  hạt càng nhỏ.
- Tốc độ phát triển mầm càng nhanh  $\Rightarrow$  hạt càng lớn.

#### b. Các phương pháp làm hạt nhỏ khi đúc

- Gồm 2 phương pháp chính là: tăng độ quá nguội, và biến tính.



Hình 1.22: Ảnh hưởng của độ quá nguội  $\Delta T^0$  đến  $n$  và  $v$

- Tăng độ quá nguội: Khi tăng độ quá nguội, tốc độ tạo mầm  $n$ , và tốc độ phát triển mầm  $v$  đều tăng, nhưng  $n$  tăng nhanh hơn  $v$ , nên làm hạt nhỏ đi.

Trong sản xuất đúc điều này thể hiện rất rõ ràng: Độ quá nguội phụ thuộc vào tốc độ nguội: Tốc độ nguội càng nhanh, độ quá nguội càng lớn.

### CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Ô cơ sở là gì? Trình bày ký hiệu phương – mặt trong kiểu mạng tinh thể?
2. Trình bày mật độ nguyên tử ?
3. Trình bày mạng tinh thể của kim loại có kiểu mạng lập phương tâm khối ? Cho ví dụ về kiểu mạng này ?
4. Trình bày mạng tinh thể của kim loại có kiểu mạng lập phương tâm mặt ? Cho ví dụ về kiểu mạng này ?
5. Trình bày mạng tinh thể của kim loại có kiểu mạng lập phương lục giác xếp chặt ? Cho ví dụ về kiểu mạng này ?

## CHƯƠNG 2: HỢP KIM VÀ BIẾN ĐỔI TỔ CHỨC

### Mục tiêu:

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

### Nội dung:

#### 1. Cấu trúc tinh thể của hợp kim:

##### 1.1 . Khái niệm về hợp kim:

##### 1.1.1 Định nghĩa:

- Hợp kim là vật thể của hai hay nhiều nguyên tố có thể giữa kim loại với kim loại hoặc kim loại với phi kim, nhưng nguyên tố kim loại vẫn chiếm đa số và là nguyên tố chính. Những nguyên tố này trong hợp kim chứa nhiều hơn 50% nó thường được gọi là nguyên tố chủ hay là kim loại nền.

- Hợp kim mang đầy đủ các tính chất của kim loại là dẫn điện, dẫn nhiệt, có khả năng phản xạ ánh sáng v.v...

- Ví dụ:

+ Thép là hợp kim của Fe-C trong đó  $C \leq 2,14\%$

+ Gang là hợp kim của Fe-C trong đó :  
 $2,14\% < C < 6,67\%$ .

+La tông là hợp kim của Cu – Zn

##### 1.1.2. Ưu điểm của hợp kim so với kim loại:

##### a. Cơ tính

- Có độ bền cao, chịu được tải trọng khi làm việc nhưng đồng thời cũng không được giòn

##### b. Tính công nghệ đa dạng và thích hợp :

- Để tạo thành bán thành phẩm và sản phẩm, vật liệu phải có khả năng chế biến thích hợp và được gọi là tính công nghệ.

- Hầu hết các hợp kim đều có thể tạo hình được bằng một trong 2 phương pháp :  
Biến dạng dẻo và đúc

- Hợp kim có tính gia công cắt nhất định

##### c. Tính kinh tế cao và giá thành rẻ.

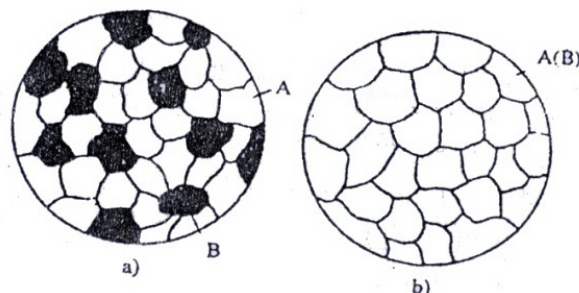
Trong nhiều trường hợp hợp kim đơn giản và rẻ hơn so với luyện kim loại nguyên chất...

#### 1.2 . Dung dịch rắn:

##### 1.2.1 Khái niệm

- Là hợp kim trong đó có một hay nhiều nguyên tố hòa tan vào mạng tinh thể của kim loại chiếm đa số được gọi là nền

- Các kiểu thay thế và xen kẽ



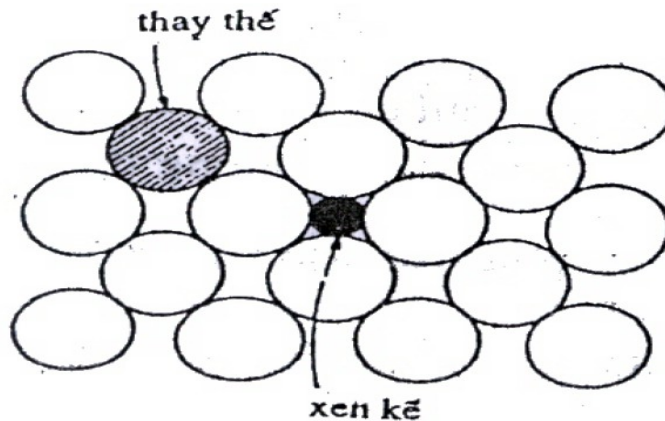
Hình 2.1: Hỗn hợp cơ học (a) và dung dịch rắn (b)

### 1.2.2 Phân loại:

#### a. Dung dịch rắn thay thế:

- Nguyên tử chất tan thay thế nguyên tử dung môi
- Theo giới hạn hòa tan gồm 2 loại: dung dịch rắn hòa tan có hạn và dung dịch rắn hòa tan vô hạn.
- Theo sự phân bố nguyên tử chất tan: dung dịch rắn có trật tự và dung dịch rắn không có trật tự.

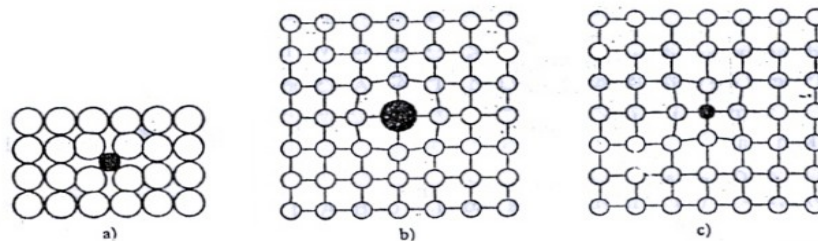
**b. Dung dịch rắn xen kẽ:** các nguyên tử hòa tan nằm xen kẽ trong mạng tinh thể dung môi



Hình 2.2: Sơ đồ tạo thành dung dịch rắn thay thế và xen kẽ

#### c. Các đặc tính của dung dịch rắn:

- Có kiểu mạng tinh thể của kim loại dung môi
- Mạng tinh thể đơn giản và xiết chặt
- Cơ tính giống kim loại cơ sở
- Dẫn nhiệt, dẫn điện tốt nhưng kém hơn kim loại nguyên chất



Hình 2.3: Sự xô lệch mạng trong dung dịch rắn

**1.3. Pha trung gian:** Trên giản đồ pha, hai phía là dung dịch rắn, ở giữa là các pha trung gian

#### 1.3.1. Bản chất và phân loại:

- Có mạng tinh thể phức tạp và khác hẳn với các nguyên tố thành phần
- Có tỷ lệ chính xác giữa các nguyên tố theo công thức hóa học  $A_mB_n$
- Tính chất khác hẳn các nguyên tố thành phần
- Có nhiệt độ chảy xác định
- Không tuân theo quy luật hóa trị

**1.3.2. Pha xen kẽ:** Là pha tạo nên giữa các kim loại chuyển tiếp và các á kim có bán kính nguyên tử bé

**1.3.3. Pha điện tử:** Là pha có kiểu mạng xác định tạo thành với nồng độ điện tử  $N$  xác định

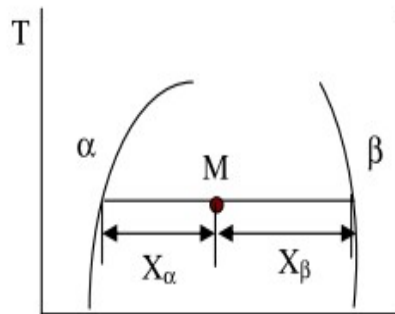
**1.3.4. Pha Laves:** Pha được tạo bởi 2 nguyên tố A, B có tỷ lệ bán kính nguyên tử là 1,2/1,1

### 2. Giản đồ pha của hệ hai cấu tử

## 2.1. Quy tắc pha và ứng dụng.

$$T = M - F + 2$$

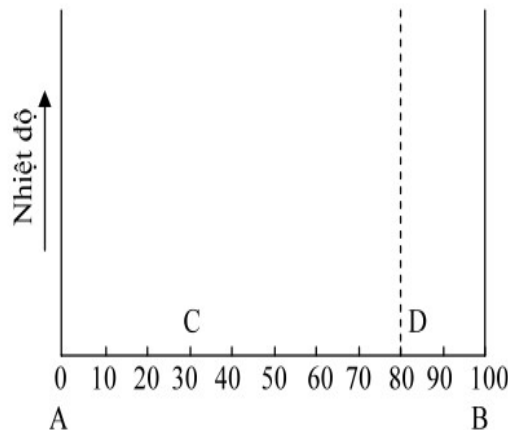
- $T=0$ : hệ bất biến
- $T=1$ : kết tinh hoặc nóng chảy
- $T=2$ : cùng 1 lúc có thể thay đổi nhiệt độ và thành phần



Hình 2.4: Quy tắc pha

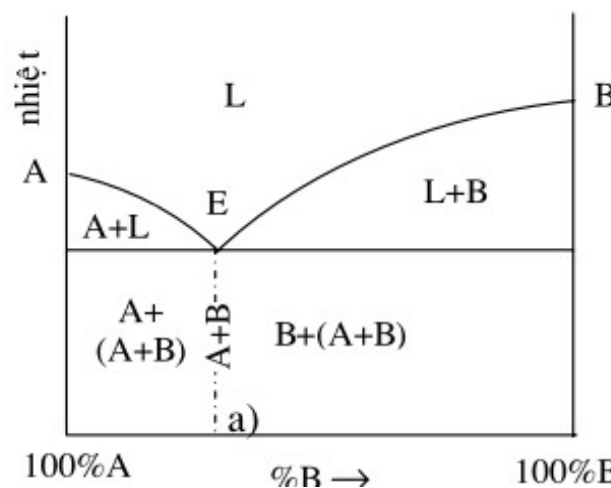
**2.2. Giải đồ pha và công dụng:** Là giản đồ biểu thị sự biến đổi thành phần và trạng thái pha ở cân bằng theo nhiệt độ và thành phần của hệ dưới áp suất không đổi (1at)

- Giải đồ pha chỉ đúng và phù hợp với hợp kim ở trạng thái cân bằng
- Xác định cấu trúc của hợp kim, xác định nhiệt độ chảy



Hình 2.5: Hệ trục của giản đồ pha 2 cấu tử

**2.3. Giải đồ pha loại I:** là giản đồ pha của hệ 2 cấu tử không có bất kỳ tương tác nào với nhau, AEB là đường lỏng



Hình 2.6: Dạng tổng quát của giản đồ pha loại I